

Evaluación de las propiedades fisicoquímicas en el proceso de maduración del tomate cv. Milano producido a campo abierto y bajo invernadero

Evaluation of physicochemical properties in the ripening process of the tomato cv. Milano produced in an open field and under green house

Pinzón-Bedoya, Martha Lucía^{2*}, Cardozo G. Cindy¹, Portilla M. Magdhel¹

¹Departamento de Alimentos, Facultad de Ingenierías y Arquitectura, Universidad de Pamplona, Km. 1 Vía Bucaramanga, Pamplona, Colombia

²Grupo de Investigación en Recursos Naturales, Universidad de Pamplona, Km. 1 Vía Bucaramanga, Pamplona, Colombia

Recibido 20 de Noviembre 2012; aceptado 21 de Diciembre de 2012

RESUMEN

*El tomate ha sido estudiado en muchos países del mundo, por ser una hortaliza apetecible tanto para consumo en fresco como procesado industrialmente. En Colombia, por ejemplo, es la hortaliza con mayor producción, y a su vez, una con las mayores pérdidas postcosecha. Por esta razón, se consideró importante determinar la incidencia que tiene su sistema de producción sobre el comportamiento de las diferentes propiedades fisicoquímicas en el proceso de maduración del tomate. De acuerdo con lo anterior, las propiedades fisicoquímicas evaluadas en el proceso de maduración del tomate variedad Milano (*Lycopersicon esculentum* mill), de dos sistemas de producción, campo abierto y bajo invernadero, con grado de madurez incipiente (¼ pintón), del municipio de Pamplonita (Norte de Santander), fueron: % pérdida de peso, dimensiones, color, firmeza, pH, sólidos solubles, % acidez, % de humedad e índice de madurez. El tratamiento de los datos experimentales, obtenidos por triplicado para los treinta días, se realizó haciendo uso del Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) v.14, utilizando para ello un análisis de varianza con un nivel de significancia del 5%. Para determinar las diferencias mínimas significativas entre las medias se empleó la prueba de comparación múltiple Duncan. Los resultados obtenidos indican que las muestras correspondientes al tomate cv. Milano producido por el sistema invernadero conservan mejor en el tiempo sus propiedades fisicoquímicas.*

*Autor a quien debe dirigirse la correspondencia. E-mail: mlpinzon@unipamplona.edu.co

Palabras clave: *tomate, propiedades fisicoquímicas, campo abierto, bajo invernadero.*

ABSTRACT

*The tomato has been studied in many countries of the world, for being an appetizing vegetable, both for fresh consumption and for industrial processing. In Colombia, for example, it is the vegetable with increased production, and at the same time, the one with the largest post-harvest losses. For this reason, we considered it important to determine what incidence does the production system have on the behavior of the different physicochemical properties in the maturation process of the tomato. According with the above, the physicochemical properties evaluated in the process of the tomato Milano variety (*Lycopersicum esculentum mill*), with two production systems, open field and under green house, with an incipient degree of maturity (¼unripe), from the municipality of Pamplonita (North of Santander) they were: % weight loss, dimensions, color, firmness, pH, soluble solids, % acidity, % moisture and maturity index. The treatment of the experimental data, obtained in triplicate for thirty days, was performed using the Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) v.14, using an analysis of variance with a significance level of 5%. For determining the minimum significant differences it was employed the multiple comparison test of Duncan. The obtained results indicate that corresponding samples of the tomato cv. Milano produced under the green house system conserved better their physicochemical properties in time.*

Keywords: *tomato, physicochemical properties, open field, green house.*

INTRODUCCIÓN

El tomate (*Lycopersicum esculentum mill*) es una de las hortalizas más consumidas en Colombia, existiendo una alta demanda para consumo fresco de 251.400 toneladas (DANE, Metodología Cuentas Departamentales, 2011). El creciente interés de los consumidores hacia productos sanos y naturales ha orientado las investigaciones a determinar el tiempo de vida útil en el cual se conservan sus propiedades fisicoquímicas, teniendo en cuenta el tipo de producción: campo abierto y bajo invernadero. En este contexto, es importante determinar la influencia que tiene el control de algunas variables sobre la vida útil del tomate, teniendo en cuenta el tipo de producción.

La producción mundial desde año 2006 hasta el año 2011 se ha mantenido estable, con un nivel promedio anual de 123,79 millones de toneladas. Colombia con 15.153 hectáreas sembradas y un rendimiento promedio de 39.275 kg/hectárea, ocupa el lugar 33 en el mundo en cuanto a producción. En el año 2011 los principales productores de tomate en Colombia fueron los departamentos de Boyacá y Norte de Santander con 112.155 y 105.400 toneladas, respectivamente.

El municipio de Pamplonita para el año 2011, tuvo una producción de 1036 toneladas de tomate de las cuales 736 toneladas fueron

producidas a campo abierto y 300 toneladas bajo invernadero (Secretaría Desarrollo Económico, 2011).

El tomate producido a campo abierto se cultiva en el exterior en campos de cultivo tradicionales y puede ser mediante un sistema de plantas acostadas o plantas tutoradas. Según el sistema de riego, el plantío puede ser temporal, de riego rodado por gravedad, de riego por aspersión, de riego por goteo o en hidroponía (Lesur, 2006). Los rendimientos del tomate por hectárea a campo abierto oscilan entre 10 toneladas cuando son muy bajos y entre 60 toneladas en los cultivos de alto rendimiento.

La producción de tomate en invernadero es continua y proviene de un ambiente controlado, aislado del exterior, con su propio

clima interior, protegido de enfermedades del suelo, insectos y plagas. La vida de una planta de tomate dentro de este ambiente es de nueve meses, con una producción continua la mayor parte del tiempo. El rendimiento promedio para este sistema de producción es de unas 100 toneladas por hectárea, con cosechas de 20 a 50 kg por metro cuadrado (Lesur, 2006).

El presente trabajo investigativo, se plantea con el objetivo de evaluar las características fisicoquímicas en el proceso de maduración de tomate variedad Milano (*Lycopersicon esculentum mill*), producido a campo abierto y bajo invernadero, almacenado a granel en condiciones ambientales de $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ y humedad relativa (HR) del 60%.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

Los tomates variedad Milano provenientes del municipio de Pamplonita, se adquirieron directamente de cultivos de dos sistemas de producción, campo abierto y bajo invernadero. El parámetro de color determinó la selección óptima para tomate cv. Milano en un grado de $\frac{1}{4}$ pintón o coloración incipiente como lo define la Norma Técnica Colombiana 1103-1 de 1995.

Operaciones generales de acondicionamiento

Pesado y limpieza

Para conocer la cantidad de producto este se pesó y posteriormente se realizó la operación de limpieza, la cual consistió en retiro de impurezas, suciedades, materiales extraños y lavado. La operación de lavado se realizó por inmersión en una solución de hipoclorito de sodio de 200 ppm en agua potable, durante 3 minutos (Trujillo *et al.*, 2011).

Selección y clasificación

Esta etapa se realizó según lo establecido en la Norma Técnica Colombiana 1103-1 de 1995, para que la hortaliza cumpla por lo menos con los requisitos mínimos de Categoría II. Para ello, el producto se seleccionó y clasificó teniendo en cuenta la forma y desarrollo de los tomates de acuerdo con su variedad, ya que el porcentaje de daños determina la categoría del producto.

Preenfriamiento

Con el fin de reducir la temperatura que traen los tomates de la cosecha, se realizó un proceso de preenfriamiento por medio de la técnica de enfriamiento por frío, donde se llevaron los tomates a un refrigerador y se mantuvieron a temperatura de $4 \pm 2^{\circ}\text{C}$ durante 90 minutos (FAO-STAT, 2006).

A fin de conocer la diferencia de algunas características fisicoquímicas entre el tomate producido a campo abierto y bajo invernadero,

estas fueron evaluadas en el tomate fresco con grado de coloración en la madurez incipiente.

Determinación de las características fisicoquímicas del tomate cv. Milano

Peso

Se determinó por lectura directa en una balanza electrónica con una precisión de 0,001 g. Norma ICONTEC 756.

Tamaño

Se tomaron las dimensiones de alto, largo y ancho en mm, mediante el empleo del calibrador de pie de rey, con precisión de 0,1 mm. El alto corresponde a la medida entre la zona apical y pendular; el largo y ancho comprenden las medidas del diámetro horizontal o ecuatorial distantes 90° entre sí, considerando como largo la dimensión mayor. Norma ICONTEC 756.

Volumen

La medida de volumen se realizó por el método de desplazamiento de agua en una probeta graduada con capacidad de 1000 ml. Norma ICONTEC 756.

Peso específico: se determinó según lo descrito en la Norma ICONTEC 756. Para ello se tomó una muestra de tomates a los cuales se les halló el peso específico mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Peso específico (P.E.)} = \text{Peso/Volumen} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Proporción cáscara-pulpa-semilla

Se separó y se pesó la cáscara de cada tomate, la semilla y la pulpa juntos. Seguidamente se separó la semilla de la pulpa por acción de un chorro de agua dentro de un colador, la semilla se expuso al aire durante tres horas, se pesó y por diferencia se obtuvo el peso de la pulpa. Norma ICONTEC 756.

Color

Se realizó para muestras de los dos sistemas de producción sobre la línea ecuatorial en la

superficie de la piel del tomate, haciendo uso de un espectrofotocolorímetro X-RITE, modelo SP-60. Para ello se empleó el observador 10°, iluminante D65, obteniéndose los valores en un espacio de color CIE L*a*b*, donde L* es la luminosidad (0, negro; 100, blanco), a* indica la cantidad de componente rojo-verde en el color medido, para valores positivos y negativos respectivamente y, de forma similar, b*, para el componente amarillo-azul (Trujillo et al., 2011).

Firmeza

Este parámetro se evaluó en el pericarpio (pulpa) del tomate, en tres puntos equidistantes de la región ecuatorial utilizando un penetrómetro de operación manual Wagner modelo FT10 para frutas blandas, provisto de un punzón de acero inoxidable con diámetro de 8 mm con terminación esférica (Durán et al., 2011). Los resultados se expresaron en kilogramo-fuerza (kgf).

Humedad

Para determinar el porcentaje de humedad se expusieron 3 g de muestra de tomate a temperatura de 110 °C por 60 minutos, en una balanza "OHAUS MB-45", tomándose los valores de peso y porcentaje de humedad, una vez transcurrido el tiempo de determinación (Pava, 2010).

Ph

Se evaluó a partir de una mezcla en relación 1:1 de agua destilada y tomate. El pH se midió directamente con un pH-metro digital TOLEDO, siguiendo lo establecido para ello por la Norma AOAC (1994).

Acidez

Se preparó una mezcla homogénea de agua destilada y muestra de tomate en una relación 1:1. Posteriormente se valoró la muestra con NaOH 0,1N hasta alcanzar un pH de 8,1. El resultado obtenido se expresó en % de ácido cítrico, según el método descrito en la Norma AOAC (1994).

La acidez valorable o titulable se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Ácido Cítrico} = \frac{(V_{\text{NaOH}}) \text{ ml} * N_{\text{NaOH}} * m_{\text{equiv ácido}}}{\text{Peso de la muestra}} * 100 \quad (\text{Ecuación 2})$$

Sólidos Solubles

Se midió con un refractómetro digital ABBE ATAGO 89553 de Zeiss calibrado a 20°C, registrándose la lectura en escala de °Brix, según el método descrito en la Norma AOAC (1994).

Índice de Madurez

Se determinó mediante la relación entre los sólidos solubles expresados en grados Brix y el porcentaje de ácido cítrico presentes en el tomate (Fajardo y Mahecha, 1992). El índice de madurez se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$IM = \frac{^{\circ}\text{Brix}}{\% \text{Acidez}} \quad (\text{Ecuación 3})$$

Análisis estadístico

Los resultados obtenidos en las determinaciones anteriores se analizaron estadísticamente empleando el Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) v.14, aplicándose el análisis de varianza (ANOVA) con un factor, para un nivel de significancia del 5%. Para determinar las diferencias mínimas significativas entre las medias se empleó la prueba de comparación múltiple Duncan, entre tratamientos de las variables de respuesta estudiadas: color, pérdida de peso, tamaño, firmeza, pH, sólidos solubles, acidez e índice de madurez.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 se presentan los resultados iniciales promedios obtenidos de peso, volumen, peso específico y porcentajes de cáscara-semilla-pulpa del tomate cv. Milano del municipio de Pamplonita, de dos diferentes sistemas de producción.

Tabla 1
Características iniciales promedios del tomate cv. Milano

Parámetro	Sistema de producción		
	Campo abierto	Bajo invernadero	p-valor
Peso (g)	144,85 ± 13,87 ^a	179,38 ± 6,54 ^a	0,000
Volumen (cm ³)	148,83 ± 14,46 ^b	182,36 ± 7,36 ^b	0,000
Peso espec (g/cm ³)	0,97 ± 0,01	0,98 ± 0,01	0,066
Cáscara (%)	10,41±1,09	10,19±0,77	0,610
Semilla (%)	0,60±0,05	0,73±0,09	0,227
Pulpa (%)	88,88±1,13	88,98±0,89	0,819

n=3, Media ± error estándar, p-valor ≤ 0,05, a,b letras iguales, entre filas existen diferencias mínimas significativas.

Los resultados indican de manera consecuente con el peso, que las dimensiones del tomate bajo invernadero son mayores. Además, según la clasificación contemplada en la norma ICONTEC 1103 para tomate de mesa, estos se pueden clasificar como “grande” y “extra” según el tipo de producción: campo abierto y bajo invernadero, respectivamente.

Estadísticamente se presentan diferencias mínimas significativas en cuanto el peso y el volumen del tomate, dado que la diferencia entre medias para estos parámetros son de 10,4 %. Los resultados obtenidos de peso para tomate de campo se asemejan a los reportados por Reina *et al.*, (1998), con un peso de 151,7 g, volumen de 155,8 cm³ y un peso específico de 0,97 g/cm³.

Los resultados evidencian que el tomate cultivado bajo invernadero tiene mayor porción

comestible (88,98%) en comparación con el tomate de campo abierto. El porcentaje de pulpa es superior al 87,77% reportado por Pava (2010), en tomates cultivados en la misma región, pero próximos a los resultados reportados por Reina *et al.*, (1998) (91,6 %) en tomates cultivados en el municipio de Neiva (Huila).

La tabla 2 muestra las diferencias estadísticas que presentan los parámetros de porcentaje de pérdida de peso, dimensiones y firmeza durante los 31 días de almacenamiento a granel, observándose que el tomate cultivado a campo abierto presenta la mayor pérdida de peso.

Tabla 2
Resultados promedio de la evolución de las características físicas del tomate cv. Milano

Muestras	% Pérdida de peso	Dimensiones (mm)			Firmeza (Kg-f)
		Alto	Largo	Ancho	
Inicial	0,00 ± 0,00 ^a	55,30 ± 1,10 ^b	71,60 ± 1,09 ^c	51,30 ± 1,10	2,70 ± 0,03 ^e
Campo abierto	41,84 ± 0,88 ^a	50,5 ± 0,00 ^b	62,5 ± 0,00 ^{cd}	46,15 ± 0,15	0,45 ± 0,03 ^e
Bajo invernadero	33,91 ± 1,31 ^a	51,5 ± 0,50 ^b	70,65 ± 3,40 ^{cd}	47,75 ± 0,75	0,45 ± 0,02 ^e
p-valor	0,000	0,002	0,013	0,088	0,000

n=3, Media ± error estándar, p-valor ≤ 0,05. a, b, c, letras iguales, entre columnas existen diferencias mínimas significativas.

Como se indica en la tabla 3, la relación de los sólidos solubles °Bx y el porcentaje de ácido cítrico presentan mayor índice de maduración para tomate de campo, mientras que el porcentaje de humedad es mayor en tomate bajo invernadero.

95%, de los diferentes valores experimentales obtenidos para cada una de las características fisicoquímicas estudiadas, mostró diferencias significativas para todos los parámetros de las dos diferentes sistemas de producción

investigados, campo abierto y bajo invernadero.

Tabla 3. Resultados promedio de la evolución de las características químicas del tomate cv. Milano

	Muestra			p-valor
	Inicial	Campo abierto	Bajo invernadero	
pH	3,82 ± 0,01 ^a	4,47 ± 0,07 ^a	4,54 ± 1,01 ^a	0,000
Acidez	0,3428 ± 0,05 ^b	0,1024 ± 0,04 ^b	0,1344 ± 0,04 ^b	0,000
°Bx	2,75 ± 0,04 ^c	3,50 ± 1,11 ^c	4,30 ± 1,38 ^c	0,010
IM	8,02 ± 1,35	34,18 ± 0,61	32,41 ± 0,64	0,006
% H	97,38 ± 0,00 ^d	92,10 ± 0,13 ^d	92,37 ± 0,16 ^d	0,000

Acidez: % en ácido cítrico, IM: índice de madurez, %H: porcentaje de humedad

n=3, Media ± error estándar, p-valor ≤ 0,05. a, b, c, letras iguales, entre filas existen diferencias mínimas significativas.

El índice de madurez es la relación azúcares/ácidos y por tanto se establece para esta variedad de tomate que al cosecharse en un estado de maduración incipiente el valor de dicha relación es de 8,02 con un porcentaje de humedad inicial de 97,38. El tratamiento estadístico, con un nivel de significancia del

En la figura 1 se observa un comportamiento decreciente de la luminosidad del tomate en la evolución con el tiempo, siendo los tomates cultivados a campo abierto los que presentan menores valores en luminosidad. En general, a medida que aumenta el estado de madurez de la hortaliza, disminuye la luminosidad.

Los resultados obtenidos muestran que la luminosidad dentro de una escala de 100 unidades con espacio CIEL*a*b*, para tomate cultivado a campo abierto fue de 50,58 y para tomate cultivado bajo invernadero fue de invernadero 49,56 unidades.

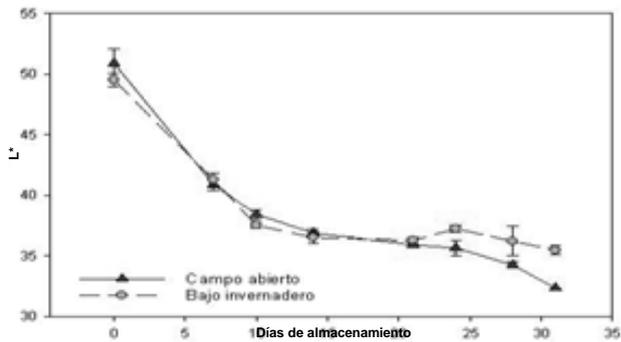


Figura 1. Evolución de la Luminosidad (L*) del tomate cv. Milano cultivado a campo abierto y bajo invernadero, almacenado a granel en condiciones ambientales

En la figura 2, pueden observarse de manera comparativa los resultados obtenidos tanto para la evolución del tono rojo (a*) como del tono amarillo (b*) del tomate cv. Milano en estado de madurez ¼ pintón cultivado a campo abierto y bajo invernadero, almacenado a granel en condiciones ambientales.

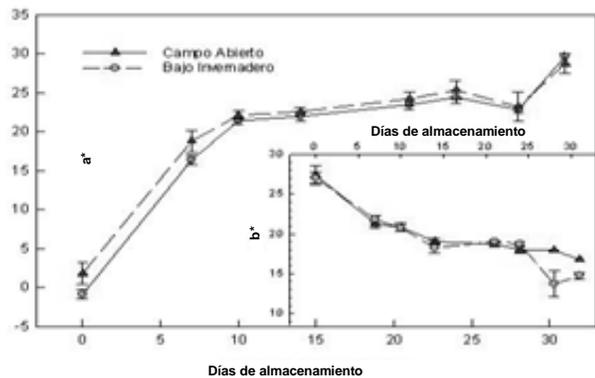


Figura 2. Evolución del tono rojo (a*) y del tono amarillo (b*) del tomate cv. Milano cultivado a campo abierto y bajo invernadero, almacenado a granel en condiciones ambientales.

Con respecto al parámetro a*, el tomate cv. Milano se caracteriza por tener un valor promedio positivo de 0,81 indicando el cambio de las tonalidades verdes desde valores negativos a tonalidades rojas con valores positivos. El parámetro b* presenta un valor

promedio de 27,13, indicando solo la presencia de las tonalidades amarillas, características del proceso de maduración de esta hortaliza.

En esta misma figura y con relación a la evolución de las tonalidades del tomate durante el tiempo de almacenamiento a granel, se observa que conforme se avanza en el tiempo las tonalidades a* aumentan logrando valores de 29,18 y las tonalidades b* disminuyen, lográndose valores de 16,79 en una escala de 60 en el espacio de color CIEL*a*b*.

La firmeza es uno de los principales parámetros para estimar el grado de madurez del tomate. La figura 3, corresponde a la representación de los resultados promedio obtenidos para los tomates cultivados en los diferentes sistemas de producción estudiados, donde puede observarse un mayor valor para el tomate cultivado a campo abierto, el cual corresponde a 2,70 kgf.

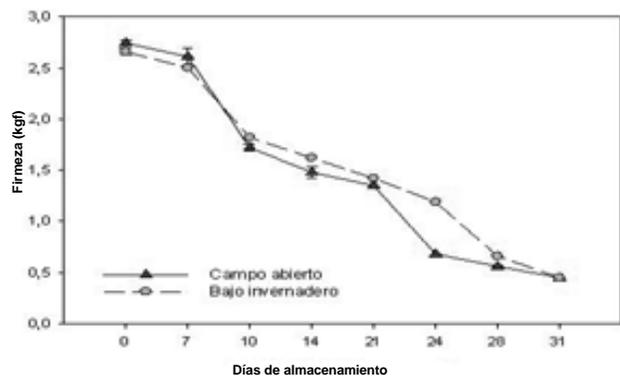


Figura 3. Evolución de la firmeza (kgf) del tomate cv. Milano cultivado a campo abierto y bajo invernadero, almacenado a granel en condiciones ambientales.

Estos resultados muestran un patrón similar de pérdida de firmeza a través del tiempo, debido a la degradación por hidrólisis de las paredes celulares durante la maduración. Esta degradación a su vez, afecta las fuerzas de cohesión las cuales mantienen unidas unas

células con otras y dan paso al ablandamiento del tomate, con la consecuente disminución de su resistencia a la penetración (Dyna, 2010).

Además de lo anterior, el comportamiento presentado por este parámetro coincide con lo reportado por Pava (2010) para tomate variedad Milano.

CONCLUSIONES

El contenido de sólidos solubles de tomate cv. Milano (*Lycopersicum esculentum mill*) aumentó al comienzo del almacenamiento y durante el transcurso del mismo, después del día 21 disminuyó. El porcentaje de ácido cítrico y firmeza disminuyeron conforme avanzó el tiempo en almacenamiento a granel, mientras que la pérdida de peso y el pH aumentaron.

El color del tomate para la variedad milano se enmarca por una luminosidad de 50,58 unidades de una escala de 100 en un espacio

CIEL*a*b*. Las tonalidades que representan el estado de madurez ¼ pintón, valores promedio para a* de 0,11 y valores en b* de 27,59 unidades en una escala de 60.

Los resultados obtenidos en este trabajo de investigación indican que el tomate variedad Milano presenta signos evidentes de deterioro como reblandecimiento, exudación y superficie arrugada, a partir de los 14 días de almacenamiento a granel y bajo condiciones ambientales $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ y HR 60%.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOAC. Internacional. Métodos oficiales de análisis de la AOAC International. (1995). 15^a edición. Arlington, VA, EE.UU., Asociación de Comunidades Analíticas.

DANE. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. Metodología cuentas Departamentales. Dirección de Síntesis y Cuentas Nacionales, DSCN. (2011): 94 p.

Durán, Daniel, et al. Empleo de recubrimientos comestibles a base de almidón de papa y yuca en la conservación del mango cv. Zapote. (2012). Revista Alimentech. 10(1): 10-20.

Fajardo, Rosalba y Mahecha, Gabriela. Seguimiento del proceso de maduración del Tomate (*Lycopersicum esculentum Mill*) y desarrollo de normas preliminares de calidad en las variedades Chonto y Milano. Bogotá D.C. Universidad Nacional de Colombia. Tesis de Grado. Facultad de Ciencias, Departamento de Química. (1992). 21: 12 p.

ICONTEC. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Frutas y Hortalizas Frescas. Toma de muestras. Primera Actualización. Bogotá D.C. (1977). NTC 756: 7 p.

ICONTEC. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Industrias Alimentarias. Tomate de mesa. Primera actualización. Bogotá D.C (1995). NTC 1103. 9 p.

Lesur, Luis. Manual del cultivo del tomate: una guía paso a paso. México: Trillas. (2006): 51-70.

Pava Urrutia, Jayslec Milena. Uso de la giberelina como posible método para retardar la maduración organoléptica del tomate variedad Milano. Pamplona (N. de S:). Universidad de Pamplona. Tesis de grado. Departamento de Ingeniería de Alimentos. Facultad de Ingenierías y Arquitectura. (2010): 146 p.

Secretaría de Desarrollo Económico. Consolidado agrícola por municipios. Cultivos transitorios definitivo año 2011. Cúcuta: Gobernación del Departamento Norte de Santander. 5 p.

Reina, C.; Guzmán, J.C.; Sánchez, J. Manejo pos cosecha y evaluación de calidad para tomate (*Lycopersicon Esculetum Mill*) que se comercializa en la ciudad de Neiva. Neiva (Huila). Universidad Sur Colombiana. Facultad de Ingenierías. Ingeniería Agrícola. (1998): 127 p.

Trujillo, Yanine, Cardozo G. Cindy, Garza S. José, Ríos P. Cindy. Retardo de la maduración organoléptica del tomate (*Lycopersicon esculentum*) cv. Milano a partir de métodos combinados. (2011). Revista Alimentech. 9(2): 95-103.