



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO EN RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
FISIOLOGIA VEGETAL

**CALIDAD Y VIDA POSTCOSECHA DEL FRUTO DE
VARIETADES MEXICANAS DE FRESA (*Fragaria x
ananassa Duch.*)**

ELIZABETH GUERRERO RAMÍREZ

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2017

La presente tesis titulada: **CALIDAD Y VIDA POSTCOSECHA DEL FRUTO DE VARIEDADES MEXICANAS DE FRESA (*Fragaria x ananassa Duch.*)**, realizada por la alumna: **ELIZABETH GUERRERO RAMÍREZ**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS

**RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
FISIOLOGÍA VEGETAL**

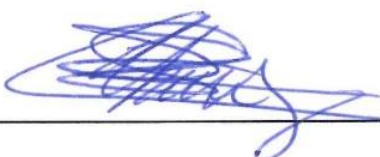
CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



DR. NICACIO CRUZ HUERTA

ASESOR



DR. GUILLERMO CALDERÓN ZAVALA

ASESOR



DR. CRESCENCIANO SAUCEDO VELOZ

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Abril de 2017

CALIDAD Y VIDA POSTCOSECHA DEL FRUTO DE VARIEDADES MEXICANAS DE FRESA (*Fragaria x ananassa* Duch.)

ELIZABETH GUERRERO RAMÍREZ, M.C.
Colegio de Postgraduados, 2017

RESUMEN

México es uno de los principales productores y exportadores de fresa a nivel mundial. Sin embargo, nuestro país depende de variedades generadas y protegidas en Estados Unidos de América, por las que se debe pagar costos de importación y regalías. En México existen variedades de fresa registradas ante el Servicio Nacional de Certificación e Inspección de Semillas (SNICS) de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), las cuales pueden ser rentables en el sistema producto fresa, pero se desconoce su comportamiento postcosecha. Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue evaluar grado de madurez óptimo para obtener la máxima calidad en la cosecha y el tiempo de frigoconservación para lograr la máxima vida postcosecha en variedades mexicanas de fresa. Se encontró que a la cosecha, el fruto de fresa cosechado en $\frac{3}{4}$ de madurez comparado con la fruta completamente madura es más firme, y puede o no tener ligeramente más sólidos solubles totales. Se encontró que en todos los parámetros evaluados, una o más variedades mexicanas igualan o superan a la variedad comercial Festival. Durante el almacenamiento postcosecha, los frutos cosechados con $\frac{3}{4}$ de madurez presentaron mayor firmeza y mayor luminosidad y pureza de color, pero menor contenido de sólidos solubles totales, comparados con los frutos cosechados en plena madurez, lo que confiere mejor calidad para comercialización al fruto cosechado con $\frac{3}{4}$ de madurez. La calidad se deteriora rápidamente a temperatura ambiente, especialmente por la pérdida de peso y de firmeza. En frigoconservación a 1°C se mantiene la calidad durante cuatro días, pero se deteriora la fruta relativamente rápido cuando se saca a temperatura ambiente. Con dos días a temperatura ambiente, ya sea con o sin refrigeración previa, la firmeza se reduce significativamente.

Palabras clave: grado de madurez; frigoconservación; almacenamiento; firmeza del fruto; color del fruto.

**FRUIT QUALITY AND POSHARVEST OF MEXICAN VARIETIES OF
STRAWBERRY (*Fragaria x ananassa* Duch.)**

**ELIZABETH GUERRERO RAMÍREZ, M.C.
Colegio de Postgraduados, 2017**

ABSTRACT

Mexico is one of the leading producers and exporters of strawberries worldwide. However, this country depends on the varieties bred and protected in the United States of America, then import and royalties must be paid. In Mexico, several strawberry varieties were registered in the National Seed Certification and Inspection Service (SNICS) of the Secretariat of Agriculture, Livestock, Rural Development, Fisheries and Food (SAGARPA), which may be profitable for the strawberry industry, but their postharvest behavior is unknown. Therefore, the objective of this research was to determine the optimum degree of maturity to obtain maximum fruit quality at harvest and preserve fruit quality during cold storage in Mexican strawberry varieties. At harvest, strawberry fruit harvested at 75% maturity is firmer than the fully-ripe fruit, and may or may not have a little more total soluble solids. It was found that in all the evaluated parameters, one or more Mexican varieties equal or surpass the commercial variety Festival. During post-harvest storage, fruits harvested at $\frac{3}{4}$ maturity showed greater firmness and greater color luminosity and purity but lower total soluble solids content, compared to fruits harvested at full maturity, which confer higher quality for commercialization to fruit harvested at $\frac{3}{4}$ maturity. Fruit quality deteriorates rapidly at room temperature, especially due to weight and firmness loss. In cold storage at 1°C, fruit quality is maintained for four days, but the fruit deteriorates quickly when it is transferred to room temperature. Two days at room temperature, with or without cold storage, the firmness is significantly reduced.

Key words: degree of maturity; cold storage; storage; fruit firmness; fruit color.

AGRADECIMIENTOS

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)**, por el apoyo económico brindado durante mis estudios de Maestría.

Al **Colegio de Postgraduados**, por la oportunidad de realizar mis estudios de Maestría.

Al personal del laboratorio de **Fisiología Postcosecha**, por las facilidades prestadas para el desarrollo de la investigación y a todos los que forman parte de el sin duda fueron parte importante del desarrollo de esta investigación.

Al **Dr. Nicacio Cruz Huerta**, por las aportaciones y la orientación en esta tesis.

Al **Dr. Crescenciano Saucedo Veloz**, por el apoyo invaluable durante el desarrollo de la investigación, por sus sugerencias y por la información prestada para la realización de esta tesis.

Al **Dr. Guillermo Calderón Zavala** gracias por su apoyo y sugerencias, además por la adquisición del material de trabajo, fue clave importante para la realización de este trabajo, además por otorgarme presupuesto para viáticos que fortalecieron el desarrollo de esta investigación.

Al **Dr. Francisco Marcelo Lara Viveros**, una persona muy humana y siempre estuvo orientándome en cualquier duda de la investigación del análisis de las variables de postcosecha y sobre todo fue parte esencial de este proyecto académico.

A todos mis amigos especialmente a **Mijail Javier y Charyz Martínez** por el apoyo incondicional, para la parte del análisis de datos, Reyes que me apoyo durante la realización de muestreos en la parte de Zamora Michoacán, así mismo a **Alma Delia**, Laura, Yazmin, Omar que siempre me alentaron en persistir en el camino, y compañeros de clase que conocí durante la estancia de maestría. A todos muchas gracias.

DEDICATORIA

A Dios por darme la fortaleza, paciencia y sabiduría para desarrollarme de la mejor manera.

A mi Abuelita CANDIDA TREJO SANCHEZ (†), en tu honor mi gran señora que siempre me educaste para ser una persona de bien y nunca abandonar las metas o proyectos de vida.

A Mi Madre **Juana Ramírez Trejo** con amor y cariño que me mostró el camino correcto de la vida, te admiro, eres una gran mujer, te debo la vida y no tengo palabras de cómo agradecerte todo lo que has hecho por mí... Te Quiero Mucho Mamá.

A mis hermanos, mis tíos, especialmente a **Candy Ramírez**, Isabel Ramírez, Modesto Ramírez, y Marcelino Ramírez que siempre estuvieron presentes para este logro académico, dándome los ánimos para culminar una meta más de mi vida.

CONTENIDO

1.- INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivo general	3
1.1.1. Objetivos específicos	3
1.2. Hipótesis	3
2.- REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. Generalidades de la fresa	4
2.1.1. Importancia de la producción y exportación de fresa en el mundo	4
2.1.2. Producción en México	5
2.1.3. Origen de la fresa	6
2.1.4. Descripción botánica	6
2.1.5. Fenología del cultivo	7
2.2. Variedades	8
2.2.1. Situación general de las variedades en México	8
2.3. Parámetros de calidad	10
2.3.1. Calidad de la fresa	11
2.3.2. Índice de madurez e índices de cosecha	12
2.3.3. Tamaño	14
2.3.4. Color	14
2.3.5. Firmeza	14
2.3.6. Valor nutricional	15
2.3.7. Vitaminas	15
2.3.8. Antocianinas	15
2.3.9. Actividad antioxidante	16
2.4. Factores que afectan la calidad postcosecha de la fresa	16
2.4.1. Temperatura	16
2.4.2. Nutrición	17
2.4.3. Plagas y enfermedades	17
2.5. Manejo postcosecha	18
3. MATERIALES Y MÉTODOS	20
3.1. Material vegetativo	20
3.2. Tratamientos, diseño experimental, y experimentos	20
3.3. Variables evaluadas	21
3.4. Análisis estadístico	27
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
4.1. Calidad de fruta al momento de la cosecha	28
4.2. Efecto de la variedad	34
4.3. Efecto del grado de madurez al momento de cosecha	39
4.4. Efecto por tiempo de frigoconservación	41
4.5. Interacciones	46
4.5.1. Primer muestreo	46
4.5.2. Segundo Muestreo	51

5. CONCLUSIONES	63
6. LITERATURA CITADA	64
ANEXO	72

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Superficie sembrada y rendimiento de fresa por estado en el 2014.	5
Cuadro 2. Efecto principal de la variedad sobre las características de calidad de fruto de fresa, evaluadas al momento del primer muestreo en frutos de fresa provenientes de Tangancícuaro. Mich. En el ciclo 2014-2015.	29
Cuadro 3. Efecto principal del grado de madurez sobre las características de calidad del fruto de fresa, evaluadas en el mes de febrero 2015 de plantaciones de Tangancícuaro, Mich. En el ciclo 2014-2015.....	30
Cuadro 4. Efecto principal de la variedad sobre las características de calidad de fruto de fresa, evaluadas en plantaciones de Tangancícuaro, Mich. En el ciclo de producción 2014-2015.....	32
Cuadro 5. Efecto principal del grado de madurez sobre las características de calidad del fruto de fresa, evaluadas en el mes de febrero 2015 de plantaciones de Tangancícuaro, Mich. En el ciclo 2014-2015.....	34
Cuadro 6. Efecto promedio de la variedad sobre las características de calidad del fruto de fresa, durante el tratamiento postcosecha, evaluadas en el mes de febrero 2015 de plantaciones de Tangancícuaro, Mich. En el ciclo de producción 2014-2015.....	36
Cuadro 7. Efecto promedio de la variedad sobre las características de calidad de fruto de fresa, durante el tratamiento postcosecha del segundo muestreo, evaluadas en el mes de febrero 2015 de plantaciones de Tangancícuaro, Mich. En el ciclo de producción 2014-2015.....	37
Cuadro 8. Calidad promedio del fruto, por grados de madurez para el primer y segundo muestreo, evaluados en el mes de febrero 2015 de plantaciones de Tangancícuaro, Mich. En el ciclo de producción 2014-2015.	40
Cuadro 9. Valores promedio de los parámetros de calidad, respecto a los tratamientos en tiempos de conservación de frutos de fresa evaluados en el mes de febrero 2015 de plantaciones de Tangancícuaro, Mich. En el ciclo de producción 2014-2015.....	42
Cuadro 10. Valores promedio de las variables de calidad, respecto a los tratamientos en tiempos de conservación en frutos de fresa, evaluados en el mes de	

febrero 2015 de plantaciones de Tangancícuaro, Mich. En el ciclo de producción 2014-2015.....	44
Cuadro 11. Efecto de la interacción variedad por tiempo de frigoconservación sobre los parámetros de color en frutos de fresa evaluados en el mes de febrero 2015 de plantaciones de Tangancícuaro, Mich. En el ciclo de producción 2014-2015.	50
Cuadro 12. Efecto de la interacción entre variedad y tiempo de conservación en la firmeza de infrutescencias de fresa evaluados en el mes de febrero 2015 de plantaciones de Tangancícuaro, Mich. En el ciclo de producción 2014-2015.	55
Cuadro 13. Efecto de la interacción entre variedad y tiempo de conservación en el contenido de sólidos solubles totales en las infrutescencias de fresa evaluados en el mes de febrero 2015 de plantaciones de Tangancícuaro, Mich. En el ciclo de producción 2014-2015.	56

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Curva estándar de glucosa para azúcares totales.	25
Figura 2. Curva estándar de antocianinas con una longitud de onda de 530 nm.	26
Figura 3. Curva estándar de fenoles.	27
Figura 4. Efecto de interacción entre variedad y el grado de madurez en luminosidad promedio de frutos de fresa.	46
Figura 5. Efecto de la interacción entre variedad y grado de madurez sobre (°Hue) promedio en frutos de fresa.	47
Figura 6. Efecto de interacción entre variedad y el grado de madurez en pérdida de peso promedio en frutos de fresa.	48
Figura 7. Efecto de interacción entre variedad y el grado de madurez en firmeza promedio en frutos de fresa.	49
Figura 8. Efecto de la interacción entre variedad y grado de madurez en la firmeza (N) de infrutescencias de fresa.	52
Figura 9. Efecto de la interacción entre variedad y grado de madurez en la acidez titulable (% ácido cítrico) en infrutescencias de fresa.	52
Figura 10. Efecto de la interacción entre variedad y grado de madurez en el contenido de antocianinas totales (mg/100 g PF) en infrutescencias de fresa.	53
Figura 11. Efecto de la interacción entre variedad y tiempo de almacenamiento en la pérdida de peso en infrutescencias de fresa.	54
Figura 12. Efecto de la interacción entre variedad y tiempo de almacenamiento en el pH en infrutescencias de fresa.	57
Figura 13. Efecto de la interacción entre variedad y tiempo de almacenamiento en el contenido de antocianinas totales en infrutescencias de fresa.	58
Figura 14 . Efecto de la interacción tiempo de almacenamiento y grado de madurez del fruto al momento de cosecha en la pérdida de peso de infrutescencias de fresa.	59
Figura 15. Efecto de la interacción entre tiempo de almacenamiento y grado de madurez del fruto al momento de cosecha en la firmeza de infrutescencias de fresa.	60

Figura 16. Efecto de la interacción entre tiempo de almacenamiento y grado de madurez del fruto al momento de cosecha en el pH de infrutescencias de fresa.	61
Figura 17. Efecto de la interacción entre tiempo de almacenamiento y grado de madurez del fruto al momento de cosecha en el contenido de antocianinas de infrutescencias de fresa.....	62

1.- INTRODUCCIÓN

El cultivo de fresa es de gran importancia socioeconómica en México, por la cantidad mano de obra utilizada y por ser una fuente de divisas al ser un cultivo de exportación (Sánchez Rodríguez, 2008). En relación a la demanda de mano de obra, tan solo en la cosecha y por ciclo de producción se utilizan alrededor de 670 jornales en un sistema tradicional, 700 jornales en el sistema semitecnificado y alrededor de 1100 jornales en el tecnificado (Valdés-Tapia, 2012). En las unidades de producción pequeñas, el agricultor y su familia se encargan de la mayor parte de las labores culturales en cada ciclo de producción (Echanove-Huacuja, 2001).

México es uno de los principales productores de fresa en el mundo, al concentrar alrededor del 8% del volumen total producido. Este cultivo genera el 1.1 % del valor agrícola en el país, con cerca de 4,200 millones de pesos (mdp). El volumen y valor de producción de fresa se concentra en un 96% en Michoacán, Baja California, Jalisco y Guanajuato (SIAP, 2015).

En cuanto al volumen de exportaciones, se ha incrementado del 2008 al 2013 a una tasa de 10.5% anual, alcanzando en 2013 las 236 mil toneladas, cerca del 60% de la producción nacional. El 63% de las exportaciones corresponden a fresa fresca, el 35% a fresa congelada y el 2% a conservas y preparados (SIAP, 2017).

El cultivo de fresa requiere una inversión alta, y también puede ser altamente rentable. Los costos de producción en un sistema tecnificado (riego por goteo, acolchado, macrotúnel, agua limpia) oscilan en \$550,000 por ha, mientras que el tradicional (riego por gravedad, sin cubiertas protectoras) asciende a unos \$200,000 por ha. El rendimiento promedio por ciclo de producción en un sistema con tecnificado es de 80 t ha⁻¹, mientras que en el sistema tradicional es de 26 t ha⁻¹ (CONACYT, 2012). El rendimiento promedio de fresa a nivel nacional en el periodo 2009-2014 fue de 39.34 t ha⁻¹ (SIAP, 2016), con variaciones anuales entre 32 y 44 t ha⁻¹. En general, las zonas productoras de fresa tienen un período de producción de cinco a nueve meses, y alcanzan los mejores precios de venta de diciembre a febrero (Sánchez Gonzalez, et

al., 2013), (CONAFRE, 2011). Los precios promedio de venta variaron entre \$11.00 y 14.70 por kg del 2011 al 2015, y los precios máximos de venta fueron alrededor de 48 pesos por kg en el 2014 (SIAP, 2017). El valor de la producción en el ciclo 2013 fue de un total 4,174 mdp, y para el ciclo 2015 fue de 5,779mdp (SIAP, 2016).

Uno de los problemas más importantes en la industria de la fresa en México es la dependencia tecnológica para la compra de planta madre. Lo anterior se debe a que las variedades comerciales más importantes están patentadas y se requiere pagar regalías para su uso y explotación comercial (Valverde, 2014), principalmente de la Universidad de California (Albion, Camino Real, Camarosa, Aromas, Diamante) y de la Universidad de Florida (Festival, Fortuna). El precio promedio de la planta madre en los viveros de origen en los E.U.A. es de \$ 100.00 USD por millar. Para tener la planta en México se debe agregar los gastos de flete, importación (aduanas) y regalías. Las regalías dependen del organismo que tiene la patente. Así por ejemplo, la Universidad de Florida cobra entre \$700 y 800 USD por millar y la Universidad de California cobra \$250 USD por millar, con tendencia a incrementar.

Se requieren de 10 a 12 millares de planta madre para establecer una hectárea de vivero, la cual produce entre 400 y 480 mil plantas hijas (considerando 40 plantas hijas por planta madre), las cuales permiten el establecimiento de 5 a 7 hectáreas de huerta para producción considerando que se establezcan obtener 80,000 plantas hijas para sembrar una hectárea comercial (CONACYT, 2012). Así, las regalías pueden ir de US\$2500.00 (10 millares de planta madre, a US\$250.00 por millar) a para cada 5 hectáreas, es decir 500 por hectárea de huerta de producción y puede llegar hasta US\$9,600.00 (12 millares a US\$800.00 por millar) por 7 hectáreas resultando en US\$1371.00 una hectárea de siembra para producción. Una alternativa a esta problemática, es el uso de variedades mexicanas (SAGARPA, 2016). En México se validaron y se registraron en el catálogo de variedades vegetales del Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS), los cultivares de fresa CP-Zamorana, CP-Jacona por el Colegio de Postgraduados, y Nikté y Pakal por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (Nikté y Pakal) (SAGARPA, 2010). Estas variedades están adaptadas a los climas subtropicales, que

incluyen zonas altamente productivas como son Michoacán, Baja California, Jalisco, Guanajuato y Estado de México. Además con el uso de los cultivares mexicanos, los productores pueden reducir los costos de planta, al disminuir el costo de la planta madre, los gastos de flete, importación y regalías y con ello los costos de producción.

La generación de nuevas variedades con características específicas también requiere la caracterización de su comportamiento postcosecha para preservar la calidad de la fruta. La fresa tiene una alta tasa de respiración y epidermis muy susceptible a daños mecánicos (heridas) por donde penetran esporas de algunos hongos (Rivera C, 2008). Existen tratamientos, como el preenfriamiento a 0 °C, para disminuir daños de frutos y aumentar la vida de anaquel (Kader & Pelayo-Zaldivar, 2007). Por lo anterior es necesario conocer el comportamiento postcosecha de las variedades mexicanas, incluida la calidad de fruto durante la cosecha y en postcosecha, pues se desconoce el comportamiento de cada cultivar.

1.1. Objetivo general

Determinar el grado de madurez óptimo para obtener la mejor calidad y el tiempo de frigoconservación para extender la conservación y la calidad por mayor tiempo en variedades mexicanas de fresa.

1.1.1. Objetivos específicos

- ❖ Evaluar la calidad del fruto al momento de la cosecha en dos grados de madurez.
- ❖ Evaluar la fisiología postcosecha del fruto con el fin de determinar el tiempo de vida de anaquel, en condiciones de refrigeración y condiciones ambientales.

1.2. Hipótesis

La cosecha del fruto de fresa en el grado de madurez óptimo le proporcionará mayor calidad inicial y mayor vida de anaquel en condiciones de refrigeración.

2.- REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generalidades de la fresa

2.1.1. Importancia de la producción y exportación de fresa en el mundo

De acuerdo con FAO, en el 2011 el principal productor de fresa en el mundo fue Estados Unidos de América con una producción de 1,312,960 t, seguido por Turquía y España con una producción de 302,416, y 262,730 t, respectivamente. México ocupó el quinto sitio con una producción de 228,900, la cual fue mayor que en 2010 con 2,243 t (FAO-FAOSTAT, 2013), para los siguientes años producción, México se ha colocado en tercer sitio a nivel mundial del 2012 al 2014, registrando valores de producción de 360,426, 379464, 458472 toneladas de producción respectivamente.

En lo que respecta a la exportación de fresa, el principal país exportador en 2010 fue España con 231,732 t, seguido de Estados Unidos de América con 139,957 t y de México con 76,890 t. Los principales mercados de México son Estados Unidos de América y Canadá, pero también se registró actividad comercial con Belice y Reino Unido (FAO-FAOSTAT, 2013). El incremento de la demanda ha favorecido el aumento en el volumen de producción y exportación a países como Estados Unidos de América y Canadá (Dávalos González, et al., 2011). México aumentó el volumen exportado en 74% entre el 2009 y el 2013, y el valor de las exportaciones aumentó en 1.25 veces en el mismo periodo (FAOSTAT, 2017).

El fruto figura por su valor nutracéutico al ser un fruto completo en cuanto a su composición nutrimental (lípidos, proteínas, carbohidratos, vitaminas y fibra dietética) y mineral (Ca, Fe, Mg, K y Na) (CONAFRE, 2007). El fruto debe cumplir con parámetros de calidad externa (color, tamaño, firmeza) e interna (pH, sólidos solubles, acidez titulable) (NMX-FF-062-SCFI-2001, NMX-FF-062-SCFI-2002) para ser comercializado en México (CONAFRE, 2011).

2.1.2. Producción en México

La fresa se cultiva en México en 11 entidades, con una producción anual que ha ido en ascenso en los últimos años. La producción anual pasó de 233,041 a 458,972 ton del 2009 al 2014, debido tanto a un aumento en rendimiento (de 34.9 a 46.0 t ha⁻¹) como a una mayor superficie cosechada (6678 ha a 9,966 ha) en el mismo periodo (SIAP, 2016) . En el 2014, los principales estados productores fueron Michoacán (59%), Baja California (23%) y Guanajuato (9%) contribuyen con más del 9% de la superficie sembrada y de la producción de fresa (Cuadro 1).

Cuadro 1. Superficie sembrada y rendimiento de fresa por estado en el 2014.

Estado	SS (ha)*	SC (ha)	Producción (t)	Rend. (t ha ⁻¹)	PMR (\$/t)	Valor (x1000 \$)
Aguascalientes	25	25	1,236	49.42	10,097	12,474
Baja California	2,273	2,273	145,769	64.12	18,619	2,714,030
Baja California Sur	177	176	6,167	35.04	13,230	81,587
Chihuahua	2	2	41	23.53	38,862	1,600
Guanajuato	889	889	28,568	32.14	4,326	123,586
Jalisco	349	349	11,491	32.92	11,258	129,365
Michoacán	5,896	5,896	259,190	43.96	8,872	2,299,440
México	336	336	6,144	18.29	17,111	105,135
Oaxaca	6	6	135	22.5	16,430	2,218
Puebla	8	8	108	14.44	10,515	1,139
Veracruz	3	3	24	8	9,500	228
Zacatecas	4	4	99	28.29	16,727	1,656
Total	9,967	9,966	458,972	46.05	11,923	5,472,458

*SS, Superficie sembrada; SC, Superficie cosechada; Rend., Rendimiento; PMR, Precio medio rural. Fuente: SIAP (2016)

En lo que respecta a rendimiento, sobresalen Baja California, Aguascalientes y Michoacán (Cuadro 1). El mayor rendimiento en Baja California se debe

principalmente al uso de tecnología como túneles, acolchado y un sistema de riego por goteo (SIAP, 2016).

2.1.3. Origen de la fresa

La fresa es una planta conocida y apreciada desde la antigüedad. Existen referencias de algunos escritos romanos, en los que se indica que se originó en los bosques, por lo que probablemente se trataba de *Fragaria vesca L.*, que abundaba en Europa, especialmente en Francia e Inglaterra (Maroto-Borrego & López-Galarza, 1988). La forma más conocida de la fresa es la "Alpina", originaria de las laderas orientales del Sur de los Alpes, mencionada en los libros por el año 1400 y aún cultivada. En aquellos tiempos se cultivó también *Fragaria moschata*, una planta de buen desarrollo y frutos de un característico olor a almizcle. Además el padre Gregorio Fernández de Velázquez mencionó la existencia de las frutillas del Ecuador como *fresas quitensis*, seguramente se refería a la especie *Fragaria chiloensis* (Maroto-Borrego & López-Galarza, 1988), (López-Espinoza & Malan-Chimbolema, 2015).

El híbrido *Fragaria x ananassa* Duch ($2n=56$) resultó del cruzamiento de *Fragaria chiloensis L.* con *Fragaria virginiana* Duch, y se obtuvieron plantas de mejor rendimiento, frutos grandes y de muy buena calidad. Es la especie híbrida a partir de la cual se han desarrollado las variedades actualmente cultivadas (Maroto-Borrego & López-Galarza, 1988).

2.1.4. Descripción botánica

La fresa es una planta herbácea que posee tallos rastreros nudosos y estolones; las hojas son grandes trifoliadas, pecioladas, blancas por el envés; las flores son hermafroditas con simetría actimorfa y el fruto es denominado pseudocarpo o agregado. El fruto es un conjunto de aquenios sobre el receptáculo carnoso que constituye la parte comestible, que puede ser de color rojo, rosado, carmín o púrpura, ofreciendo una gran variedad de formas, aroma y consistencia. (CONAFRE, 2008). La fresa pertenece a familia Rosáceas, subfamilia Rosídeas, tribu Potentillea, género *Fragaria* y especie: *Fragaria x ananassa*.

2.1.5. Fenología del cultivo

La fresa es una planta que se adapta a muchos climas y ambientes, y es posible producir fresas en casi todos los países y regiones del mundo. En México, con el uso de variedades mejoradas y de técnicas avanzadas de producción, y con zonas de producción con ambientes diferentes, se produce fruta de alta calidad todo el año. La selección del sitio de producción y de las variedades, y la aplicación de técnicas de producción específicas, son esenciales para lograr el máximo rendimiento y alta calidad con este cultivo (Larson, 2000).

La fenología de la fresa en su forma natural, depende de la estación del año. En verano, período con influencia de días largos y temperaturas elevadas, disminuye el proceso de floración, fructificación y aumenta el proceso de estolonado. En otoño, con fotoperiodos y temperaturas decrecientes, ocurre la finalización de estolonado, hay acumulación de reservas en las raíces, comienza diferenciación floral y la iniciación de la latencia de la planta. En invierno, período de días cortos y temperaturas bajas, se produce una reducción del crecimiento, hasta que la planta acumula el frío necesario y sale de la latencia. Y finalmente, en primavera, con la elevación de las temperaturas y el alargamiento progresivo de los días, aparece una reanudación de la actividad vegetativa, floración, fructificación y la iniciación del estolonado, (Pérez Saldaña & Angel Fernández, 2009). En las variedades comerciales, este ciclo natural se ha modificado significativamente de tal forma que se puede producir fruta durante todo el año.

La fresa debe acumular horas frío para el inicio de la fase vegetativa y de fructificación. La cantidad requerida de horas de horas frío depende de la variedad. Es muy importante determinar el frío requerido por cada variedad, debido a que insuficiente cantidad del mismo origina un desarrollo débil de las plantas, que dan frutos blandos y de vida comercial reducida. Un exceso de frío acumulado puede dar lugar a la disminución del rendimientos (kg ha^{-1}), exceso de crecimiento vegetativo, y la aparición de estolones prematuros (Pérez Saldaña & Angel Fernández, 2009).

2.2. Variedades

Existen más de 1000 variedades de fresa en todo el mundo, debido a cruces de diferentes híbridos. En México se cultivan diferentes variedades, en función de las características específicas de cada variedad: rendimiento, época de producción, resistencia a plagas y enfermedades, sabor, color, tamaño, valor nutricional, entre otras. Las variedades más utilizadas en México son Festival, Camino Real, Albion y San Andreas, desarrolladas por la Universidad de California y la Universidad de Florida (Sistema Producto Fresa, 2009), (Conafresa, 2012)

2.2.1. Situación general de las variedades en México.

En México se han registrado ocho variedades en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales del Servicio Nacional de Certificación e Inspección de Semillas, cuatro por el Colegio de Postgraduados (CP-Paola, CP-Roxana, CP-Zamorana, CP-Jacona) y cuatro más por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas: Buenavista, Cometa, Nikté y Pakal (SAGARPA, 2016), (Villa-Issa, et al., 2016). En un estudio con fresa en invernadero (Estrada-Nolasco, 2011), las variedades CP-Zamorana y CP-Jacona presentaron mayor tamaño de fruto y producción acumulada por planta comparadas con las variedades comerciales Festival y Giant, y concluye que las variedades nacionales representan una alternativa a las variedades comerciales introducidas.

a) CP-Zamorana

Esta variedad fue generada a partir de la línea CP-99-1 y Camarosa. Es de alta calidad, con frutos grandes, producción precoz, con calidad para exportación, y es adecuada para consumo en fresco, por su gran balance en sabor. Posee sensibilidad moderada a cenicilla (*Sphaerotheca macularis*) y mancha angular (*Xanthomonas fragariae*) (Calderón Z., et al., 2009).

b) CP- Jacona

Cp-Jacona fue creada y registrada por el Colegio de Postgraduados; su fruto es grande y firme de excelente sabor y adecuado para consumo en fresco, alcanza buenos rendimientos, es de óptima calidad para exportación, se considera de producción precoz y es de limitada sensibilidad a enfermedades como cenicilla (*Sphaerotheca macularis*) y mancha angular (*Xanthomonas fragariae*) (Calderón Z., et al., 2009).

c) CP-LE-7

Es una selección considerada fotoperiódica de día corto generada por el Colegio de Postgraduados. Es altamente competitiva en rendimientos con las variedades comerciales como Camino Real, Festival y Albion. Los frutos son grandes de color rojo intenso y brillante con casi ningún hueco en el interior, con firmeza similar a la variedad CP-Zamorana. La forma de la fruta es entre cónica y cordiforme. Con manejo adecuado la planta produce frutos grandes durante todo el ciclo otoño-invierno. Tiene buena capacidad de multiplicación en vivero, con estolones gruesos y fuertes. Presenta sensibilidad a enfermedades como cenicilla (*Sphaerotheca macularis*) y mancha angular (*Xanthomonas fragariae*), similar a variedades comerciales (Calderón Z., et al., 2009).

Si la temperatura ambiental se eleva por encima de 35°C, al final del ciclo (marzo - mayo), al igual que la mayoría de las variedades comerciales de día corto, se deforma la fruta por una polinización deficiente, siendo más marcado en macrotúneles, por aumentarse más la temperatura por fallas en la ventilación (SAGARPA, 2016).

d) Nikté

Generada por INIFAP, es una variedad de día corto, adaptada al clima de Irapuato y zonas semejantes, de precocidad media y con potencial de rendimiento superior a 50 t ha⁻¹. Destaca por su fruta grande, y uniforme en las primeras dos floraciones. El fruto es de color intenso y uniforme, con firmeza y con un gran tiempo de calidad vida postcosecha. Comparada con la variedad Camino Real, Nikté presenta mejor tolerancia a la araña de dos puntos, requiere una menor lámina de riego, y la flor y el

fruto son más tolerantes a heladas en épocas de invierno. En vivero, la producción de estolones es similar a la variedad Camino Real. Es una variedad libre de virus (SAGARPA, 2016).

e) Pakal

Es una variedad de día neutro, generada por el INIFAP, adaptada a la zona de Irapuato, y al ambiente del norte de Guanajuato. Presenta mayor precocidad que Sweet Charlie, Nikté y Camino Real. El fruto es de menor tamaño y firmeza que Nikté y Camino Real, es de color rojo brillante, con aquenios sumergidos en la pulpa y tiene una apariencia excelente entre los meses de octubre a marzo. En vivero es buena productora de estolones, aunque no iguala la capacidad de propagación vegetativa de Nikté y Camino Real. Es una variedad libre de virus (SAGARPA, 2016).

f) Festival

Es una variedad de día corto, con frutos de 3 a 3.5 cm de diámetro y tiene rendimientos iniciales altos en toda la zona productora de fresa; su fruto es de forma cónica, el color externo es rojo oscuro y el interno rojo brillante, es utilizada para distintos procesos de industrialización, además de ser consumida en fresco. Se considera susceptible a *Verticillium dahliae* y antracnosis del fruto y corona causada por *Colletotrichum fragariae* (Stapleton , et al., 2001)

2.3. Parámetros de calidad

La determinación de la calidad en frutas y hortalizas está ligada a los atributos como color, sabor, valor nutricional y buena apariencia; dándole un valor a los alimentos dependiendo de las exigencias del mercado. Los parámetros de mayor interés para el productor son una buena apariencia de los frutos, alto rendimiento, mayor tolerancia a plagas y enfermedades; para los distribuidores requieren frutos con gran apariencia, firmeza y larga vida anaquel (Cantwell, 2009).

La calidad del fruto se determina en la etapa precosecha, es decir depende únicamente de la variedad, el ambiente y el manejo agronómico del cultivo, posterior

a su recolección solo es preservar la calidad durante vida anaquel (Crisosto & Mitchell, 2007) (Himelrick & Galleta , 1990). La calidad del fruto disminuye desde el momento de la cosecha (Kader & Pelayo-Zaldivar, 2007).

2.3.1. Calidad de la fresa

La fresa, igual que otras frutillas, es considerada como uno de los frutos más apetecibles por su exquisito sabor. Además posee alto valor nutricional, contenido de fibra dietética y compuestos fotoquímicos esenciales para mantener la salud humana (Cai, et al., 2006). El fruto de fresa es considerado completo en cuanto a su composición nutrimental (lípidos, proteínas, carbohidratos, vitaminas y fibra dietética) y minerales (Ca, Fe, Mg, K y Na), así mismo proporcionan ácido salicílico, eláxico, pigmentos y aceite esencial (Pinto, et al., 2008), (Özcan Musa & Haciseferogulları, 2007) (CONAFRE, 2007).

El fruto de la fresa es no climatérico y altamente perecedero debido a su elevada respiración. Al ser un fruto altamente perecedero, su calidad sensorial se deteriora después de cosechar, lo cual limita su vida en anaquel a unos días a temperatura ambiente (Estrada-Nolasco, 2011).

Su vida postcosecha es muy corta y son muy susceptibles al ataque por microorganismos y al daño físico durante su manejo, almacenamiento y comercialización (Martinez-Soto, et al., 2009). Cada variedad tiene un comportamiento específico durante la etapa de corte y manejo postcosecha (Kader & Pelayo-Zaldivar, 2007).

Entre las causas de pérdida de calidad de los frutos de fresa se encuentra su sensibilidad al deterioro por ataque de hongos fitopatógenos, entre ellos *Botrytis cinerea* y *Rhizopus stolonifer*, los cuales ocasionan importantes pérdidas post-cosecha, que puede ser de 15 % hasta 95% de los frutos en 48 horas después de ser cosechados , si no se realizan los procesos de extracción de calor de campo y de conservación (Matamoros, 1986), (Chaves & Wang, 2004), (Vélazquez del Valle, et al., 2008).

Otra causa del deterioro es la respiración y la pérdida de agua. La tasa de respiración en frutillas es alta, de 40 a 60 mg de CO₂/kg h a 5°C (41°F), comparada con manzana es de 5 a 8 mg de CO₂/kg h a 5 °C. La velocidad de transpiración está influenciada por factores internos (relación superficie-volumen, estado de madurez, anatomía y morfología del fruto) y por factores externos o ambientales (temperatura, humedad relativa, movimiento del aire y presión atmosférica). La transpiración es un proceso físico que puede ser disminuido con alta humedad relativa y controlando la circulación del aire (Kader & Pelayo-Zaldivar, 2007).

Para minimizar daños y pérdidas de calidad después de la cosecha, la mejor opción es enfriar el fruto inmediatamente (entre 0 y 3 °C), para sacar el calor de campo, y mantener en frío para retardar los cambios de calidad indeseables, e incrementar su vida de anaquel (Mitcham, 1996); (Kader & Pelayo-Zaldivar, 2007). Mitcham (2007) indica que los dos factores más importantes para asegurar la calidad postcosecha son la temperatura y la venta rápida. El control preciso de temperatura y de humedad relativa es necesario en el enfriamiento rápido en campo, en las bodegas de almacenamiento, en el sistema de transporte, y finalmente, en el almacén en los puntos de venta final.

2.3.2. Índice de madurez e índices de cosecha

La calidad del fruto está estrechamente relacionada con el grado de madurez del fruto. La madurez es el punto óptimo para la cosecha, al alcanzarse el punto máximo de crecimiento de los frutos y almacenamiento de los nutrientes necesarios dentro de los mismos, para continuar con el proceso de maduración y con ello, lograr su madurez de consumo (Kader & Pelayo-Zaldivar, 2007); (Sobia-Martinez, 2012).

Según la (FAO, 2000) y (Chiesa, 2003), el índice de cosecha puede definirse en función de días transcurridos de floración hasta la cosecha, o unidades de calor durante el desarrollo, con base en la morfología y estructura de la superficie de algunos frutos, del desarrollo de la capa de abscisión, tamaño, forma, solidez, textura, color, o del contenido de azúcares, almidón, contenido de pigmentos, taninos, aceites entre otros.

El proceso de maduración puede dividirse en dos fases: maduración fisiológica y maduración organoléptica. La madurez fisiológica ocurre se ha completado el desarrollo, se han acumulado los compuestos para que el fruto alcance la madurez de consumo posteriormente y las semillas del fruto pueden germinar y producir nuevas plantas (Angón Galván, et al., 2006).

La madurez organoléptica se refiere a procesos por el cual las frutas adquieren características sensoriales, que les permiten ser comestibles y agradables al paladar. Por lo tanto es un proceso que transforma un tejido fisiológicamente maduro pero no comestible en otro visual, olfatorio y gustativamente atractivo. Este proceso de madurez se puede completar en la planta o después de cosechar los frutos (ej. plátano). El proceso de maduración organoléptica, puede iniciar antes que termine la madurez fisiológica (Angón Galván, et al., 2006).

La madurez comercial se refiere a las características que debe reunir un fruto para su recolección y comercialización. La madurez comercial guarda escasa relación con la madurez fisiológica, y puede coincidir con cualquier etapa de desarrollo del fruto (fruto inmaduro, maduración fisiológica, madurez organoléptica o senescencia). Es determinante que el fruto cumpla con las exigencias de índices de madurez del mercado (ej. naranjas) (Angón Galván, et al., 2006).

La cosecha del fruto con un grado de su madurez adecuado permite dar mejor manejo y disminuir pérdidas. En contraste, los frutos cosechados en estados inmaduros carecen de sabor apropiado y posiblemente no maduren adecuadamente, y los frutos cosechados tardíamente dificultan su manejo postcosecha y aumentan las pérdidas (FAO, 2000) .

En fresa, algunos parámetros de calidad del fruto son: la apariencia (color, tamaño, forma, ausencia de impurezas), la firmeza, el sabor, los sólidos solubles totales (con un mínimo de 7%) y la acidez titulable (con un máximo de 0.8%). Otros parámetros son los compuestos aromáticos y el valor nutricional (Vitamina C) (Mitcham, et al., 2013).

La determinación del momento óptimo de cosecha de fresa es sumamente importante para su comercialización y para conservar la calidad en anaquel. En fresa se ha establecido el criterio de 3/4 partes del fruto que se muestran de color rojo o rosa cuando son mercados cercanos, y para la comercialización lejana se ha establecido como criterio que el fruto este maduro a la mitad geométrica del fruto (Maroto-Borrego & López-Galarza, 1988).

2.3.3. Tamaño

El volumen y densidad juegan un papel importante en la evaluación de la calidad del producto. El mercado de exportación exige frutos con diámetro ecuatorial superior de 3 cm (Martinez-Soto, et al., 2009).

2.3.4. Color

El color superficial es el indicador más importante de la calidad. La desaparición del color verde (fondo verde) es gradual, tiende a desaparecer conforme aumenta la madurez de las fresas, tomando tonalidades de color amarillo, rojo o púrpura. El contenido de antocianinas de los frutos depende del color (Wesche-Ebeling & Morris-Montgomery, 1990).

Además, el color determina el momento de la cosecha. Se deben considerar los requisitos del mercado destinatario. Para el mercado de exportación debe tener como mínimo el 50% de su superficie una coloración roja tenue o rosa, el punto ideal es 3/4 (Sobia-Martinez, 2012).

2.3.5. Firmeza

La firmeza es la fuerza (N) necesaria para penetrar el fruto con un punzón de diámetro determinado. Es otro atributo importante de las fresas y frecuentemente se utiliza como un criterio para establecer la calidad del fruto, especialmente si su destino es el mercado en fresco, se relaciona con grados de madurez en este caso colores de 1/2 de color rosa a 3/4 de coloración roja. Los cambios de calidad implican el atractivo estético del fruto y ocurren durante la maduración, como consecuencia del proceso

ocurre el ablandamiento, que implica modificaciones bioquímicas en las paredes celulares y de la pectina estructural en la fruta (Estrada-Nolasco, 2011).

2.3.6. Valor nutricional

La fresa se considera un alimento nutraceútico por ser una buena fuente de compuestos antioxidantes especialmente hidrosolubles, como vitamina C, taninos, flavonoides, antocianinas, catequina, quercetina, kaempferol y ácidos orgánicos como cítrico, málico, oxálico, salicílico y elágico (Olsson, et al., 2004); (Rusells, et al., 2009); (Restrepo, et al., 2009). Se ha reportado efecto anticarcinógeno de la fresa. Por ejemplo, el jugo de fresa como suplemento alimenticio redujo la propagación de tumores del esófago en ratas (Xue, et al., 2001). También, el ácido elágico y ciertos flavonoides de la fresa ayudan a detoxificar enzimas y prevenir la interacción de especies carcinogénicas con el ADN (Teel, et al., 1985); (Hannum & RD, 2004).

2.3.7. Vitaminas

La fresa se destaca por su valor nutricional en el aporte en vitamina C. El contenido de esta vitamina varía de 20 a 70 mg por 100 g de fruto fresco. (Pinto, et al., 2008). Los principales compuestos vitamínicos según reportes de cada 100 g aportan vitamina A, 0.03 mg.; vitamina B1, 0.05 mg; vitamina B2, 0.79 mg; vitamina B3, 0.34 µg; vitamina B5, 0.06 mg; vitamina B6, 4.0 µg; vitamina B7, 61.-57 µg; vitamina D, 0.23 mg; vitamina E, 5.50 µg vitamina K, 26 mg. de fósforo, que ayudan a disminuir el riesgo de algunas enfermedades cardiovasculares (Battie, et al., 2005), (Callón-Álvarez, 2002).

2.3.8. Antocianinas

Son un grupo de compuestos que derivan de los fenoles, son responsables del color rojo, morado y azul en algunos frutos, flores, epidermis de algunas semillas y hojas. La concentración y composición de antocianinas son importantes en la calidad sensorial, además de brindar beneficios a la salud. La variación en contenido y composición depende de factores genéticos y ambientales (Oancea & Oprean, 2011). Además las antocianinas son las responsables de la gama de colores desde rojo hasta

azul de muchos frutales, vegetales y cereales, dando brillo y atractivo visual principalmente en las fresas y los demás grupos de frutillas (Garzón, 2008).

Las antocianinas presentan un esqueleto de 15 carbonos, con dos anillos, uno cromático y otro aromático. Al anillo aromático se une una o varias moléculas de azúcares en diferentes posiciones hidroxiladas de la estructura básica y pueden tener afinidad de unión con glucósidos y grupos acil, que con la interacción con otras moléculas, genera una amplia gama de colores (Gómez Zeledon & Jimenez, 2011).

2.3.9. Actividad antioxidante

Las fresas han atraído la atención de consumidores e investigadores debido a que poseen mayor actividad antioxidante total comparada con otras frutas, como la toronja, naranja, uva roja, kiwi, banano, manzana, tomate, pera y melón, evaluadas como frutas frescas. La actividad antioxidante de extractos de fresa se ha asociado con el contenido de fenoles totales, y de antocianinas, que son colorantes naturales con potente propiedad antioxidante (Djamila, et al., 2005).

2.4. Factores que afectan la calidad postcosecha de la fresa

Los principales factores que afectan la calidad, incluido el valor nutritivo del fruto, son: la variedad, la nutrición, el riego, la zona productora, las condiciones climáticas (lluvias, temperaturas bajas y altas, heladas) y el grado de madurez (Haffner & Vestrheim, 1998) (Kamperidou & Vasilakakis, 2005).

2.4.1. Temperatura

Es importante conocer los requerimientos de temperatura de las variedades durante la pre cosecha para lograr la máxima calidad del fruto. Tanto la insuficiencia como el exceso afectan la calidad y el rendimiento de frutos (ICAMEX, 2006).

En postcosecha, la temperatura es el factor más importante para minimizar el deterioro de la fresa. La temperatura alta durante el almacenamiento resulta en una tasa de

respiración alta durante un periodo corto de almacenamiento, que están asociados con la pérdida de la calidad de la fruta (Rivera C, 2008)

2.4.2. Nutrición

El manejo de la planta en el campo influye fuertemente en la calidad del fruto y uno de los factores a considerar en la calidad de la fresa es la nutrición de la planta (Childers, 2003). Una fertilización excesiva de nitrógeno reduce la firmeza, el tamaño del fruto y aumenta la incidencia de podredumbre gris (*Botrytis cinerea*). La deficiencia de fósforo reduce el tamaño del fruto y ocasionalmente puede causar albinismo. Por otra parte, la deficiencia de potasio causa frutos arrugados, reducción de tamaño y una textura de la pulpa seca. Otro de los elementos importantes es el calcio, ya que le confiere al fruto una mayor firmeza, que a su vez disminuye el ataque de microorganismos. La deficiencia de boro reduce la producción de polen, su germinación y esto provoca que el tamaño de fruto se reduzca (Nestby, 2005).

4.2.3. Plagas y enfermedades

El ataque de plagas y enfermedades durante el ciclo de cultivo causa daños a la calidad del fruto. Es indispensable contar con un manejo integrado de plagas para que la calidad y producción durante la cosecha no mermen y con obtener ventaja en los mercados para lograr mejores precio (ICAMEX, 2006).

El principal causante de pérdidas postcosecha es *Botrytis cinerea*, conocido como moho o podredumbre gris (Zhang, 2007), ocasionando graves pérdidas económicas estimadas alrededor del 30% del total de la producción y entre un 40% a 50% en condiciones de alta humedad. En postcosecha este patógeno es aún más agresivo, afectando hasta el 95% de los frutos 48 h después de cosechados (Chaves & Wang, 2004); (Cano T., 2013). El hongo produce una gran cantidad de micelio gris de apariencia polvosa, y esclerocios. Los esclerocios son estructuras de resistencia, planos, duros y de color negro, que permiten que el organismo se mantenga latente en el suelo, desarrollándose sobre restos de plantas en proceso de descomposición. El hongo puede propagarse en las semillas infectadas con esclerocios, germina en

climas húmedos a temperaturas entre los 18°C y 23°C, y produce la infección. Además, puede crecer en temperaturas de almacenamiento menores de 5°C, hasta 1°C (Plascencia-Tenorio, et al., 2012).

Otra enfermedad que ocasiona grandes pérdidas económicas es la pudrición blanda (*Rhizopus stolonifer*). El hongo puede crecer y desarrollarse a temperaturas que van desde los 10 hasta los 33°C y humedades relativas variables y es seriamente afectado por temperaturas menores a los 5°C. Es un hongo saprófito y puede establecerse sobre pedazos de fruta o cualquier material orgánico. Su micelio es aéreo y se puede reproducir sexual y asexualmente por medio de dos estructuras morfológicamente similares. El resultado de esta reproducción es la formación de una zigospora, la cual tiene paredes gruesas que le dan resistencia para poder mantenerse latente en el suelo por varios meses, soportando condiciones de escases de agua y altas temperaturas, hasta que encuentra las condiciones necesarias para desarrollarse (Plascencia-Tenorio, et al., 2012).

Estas enfermedades revisten gran importancia en el cultivo debido a que pueden afectar todos los tejidos vegetales: raíces, estolones, coronas, tallos, hojas, flores y frutos (Freeman & Katan, 1997), que resulta en pérdidas considerables de fruta principalmente en postcosecha, pues reduce la calidad, la cantidad y por lo tanto la rentabilidad (Brimner & Boland, 2003).

2.5. Manejo postcosecha

La producción de frutas y hortalizas después de cosecha requieren para su procesamiento un manejo tales como limpieza, corte, lavado, secado y envasado (Yildiz, 1994). Dichas transformaciones traen como consecuencia un rápido deterioro de los vegetales, ocasionando el aumento de la tasa de respiración, la transpiración, la actividad enzimática y la proliferación microbiana (Nguyen & Carlin, 1994). Esta situación hace que la investigación se centre en la aplicación de métodos de conservación como tratamientos por medio de aplicación de agentes desinfectantes,

envasado en atmósfera modificada, recubrimientos comestibles, tratamientos térmicos y almacenamiento bajo refrigeración, entre otros (Ahn, et al., 2005).

En fresa el tratamiento de atmósferas controladas de CO₂ combinada con temperaturas entre 0 y 5 ° C actúa directamente sobre el metabolismo de la fruta y sobre la germinación en el desarrollo de agentes patógenos. Se ha demostrado que utilizando de 10 al 15% de CO₂ reduce pérdidas causadas por algunos patógenos, como el crecimiento de *Botrytis cinerea* y disminuye la tasa de respiración; por lo tanto extiende la vida postcosecha (Van Der Steen, et al., 2002) (Cantwell, 2009).

Para la fresa, el almacenamiento en una atmósfera con niveles de CO₂ entre 12% y 20% aumenta la vida útil de la fruta y reduce la incidencia de enfermedades comerciales como *Aspergillus*, *Botrytis*, *Colletotrichum*, *Geotrichum*, *Mucor*, *Penicillium*, *Pestalotiopsis*, *Phytophthora*, y *Rhizopus stolonifer*, y más de ocho hongos saprofitos (Fraire-Cordero, et al., 2003) (Almenar, et al., 2006). En otro estudio, encontraron que las atmósferas controladas de CO₂ al 20% y baja temperatura (0 °C) aumentaron a 20 días la vida anaquel de los frutos de fresa variedad 'Oso Grande' sin causar trastornos fisiológicos; pero en concentraciones superiores al 20% de CO₂ pueden causar daño, como mal sabor en la pulpa (Brackmann, et al., 2001), por el aumento de las concentraciones de acetaldehído y etanol (Ke, et al., 1993), todo depende del comportamiento del cultivar, tiempo de cosecha y la temperatura de almacenamiento (Chitarra & Chitarra, 2005).

La elección de un recipiente adecuado para el almacenamiento de la fresa requiere el conocimiento de diversas variables, tales como la respiración de la fruta y la permeabilidad del embalaje, los cuales dependen de la temperatura y tiempo. (Fonseca, et al., 2002).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Material vegetativo

Se utilizó fruta de cuatro cultivares de fresa: CP-Jacona, CP-Zamorana, CP-LE-7 y el testigo comercial Festival. El cultivo se condujo en macrotunel con fertirrigación y acolchado blanco.

La fruta se cosechó en febrero y en abril, del ciclo de producción de otoño-invierno 2014- 2015, en Tanganzicuar, Michoacán (19°53' LN, 102°12' LO, y 1,700 msnm). La fruta fue cosechada directamente a un empaque de plástico de 1 L ("clamshell") y posteriormente transportada en termos con bolsas de gel congelado. En el laboratorio, inmediatamente se le dio el manejo de preenfriamiento en una cámara frío para eliminar el calor de campo a los frutos (temperatura entre 0 y 1°C), para después realizar la evaluación de calidad en el Laboratorio de Postcosecha.

3.2. Tratamientos, diseño experimental, y experimentos

Se estudiaron tres factores: a) variedades, con cuatro niveles: CP-Zamorana, CP-Jacona, CP-LE-7 y testigo comercial Festival; b) grado de madurez: 3/4 y madura; y c) momento de evaluación (ver lista abajo). Se consideró 3/4 (madurez comercial) cuando 75% de la superficie del fruto tenía coloración roja y fruta madura cuando la superficie del fruto estaba completamente roja. Para el análisis de calidad se cosecharon 192 frutos evaluados por variedad en cada cosecha, esto es 96 frutos por cada grado de madurez.

Se realizó una evaluación inicial, a los dos y cuatro días después de cosecha en condiciones de temperatura ambiente a 22 °C±1; y una combinación de tiempo de refrigeración a 1 °C±1°C por 4 d y 8 d, y temperatura de comercialización a temperatura ambiente durante 2 y 4 d. Esto resultó en 8 combinaciones de temperatura y tiempo de almacenamiento:

- 1) Evaluación inicial de la fruta después del corte y su selección (T0)

- 2) Evaluación a los 2 d temperatura ambiente 22 °C (T0+2)
- 3) Evaluación a los 4 d ambiente (T0+4)
- 4) Evaluación de la fruta a 4 d en refrigeración a 1°C en (T4+0)
- 5) Evaluación de la fruta después de 4 d en refrigeración a 1 °C, más 2 d a temperatura ambiente (T4+2).
- 6) Evaluación de fruta en 4 d en refrigeración a 1°C, más 4 d en temperatura a ambiente (T4+4)
- 7) Evaluación de fruta después de 8 d de refrigeración a 1°C (T8+0)
- 8) Evaluación de la fruta después de 8 d en refrigeración a 1 °C, más 2 d a temperatura ambiente (T8+2).

Los datos fueron analizados como un experimento factorial con tres factores (variedad, grado de madurez y tiempo de conservación) en completamente al azar.

Se realizaron dos experimentos. En el experimento uno se manejaron únicamente cinco combinaciones de temperatura debido a la falta de fruta, esto es, de la 1 a la 5 del listado anterior. En el experimento dos se evaluaron las ocho combinaciones listadas.

3.3. Variables evaluadas

Las variables color, firmeza del fruto, pérdida de peso, y sólidos solubles totales se evaluaron en 12 frutos individuales por cada combinación de variedad, grado de madurez y momento de evaluación – combinación tiempo y temperatura almacenamiento. El grupo de variables de calidad interna (pH del jugo, acidez titulable, ácido ascórbico, azúcares totales, antocianinas, y fenoles) se evaluó en cuatro repeticiones (muestras) de tres frutos cada una.

a) Color

Se determinó con un colorímetro HunterLab (Reston, modelo D-25, Virginia, USA) en la zona ecuatorial del fruto. Los parámetros de medición fueron tres: L (Luminosidad); a (tonalidades que van de verde a rojo) y b (tonalidades que van de amarillo a azul).

A partir de estos parámetros se calculó el ángulo de tono (Hue) y Pureza (Chroma) de acuerdo a las ecuaciones siguientes:

$$\text{Tono} = \arctan \frac{b}{a}$$

$$\text{Pureza} = (a^2 + b^2)^{1/2}$$

b) Firmeza del fruto

La firmeza del fruto (N) se midió en el lado ecuatorial del fruto con un texturómetro (Wagner, modelo FDV-30) con puntal cónico de 7 mm de diámetro.

c) Sólidos solubles totales (SST, °Brix)

El contenido de SST se determinó siguiendo el procedimiento de la AOAC (1990) con un refractómetro digital (ATAGO PR-32α, Japón). Se colocaron de dos a tres gotas de jugo en la celda, y se registró el valor.

d) Pérdida de peso (PP, %)

Se registró el peso del fruto en cada fecha de evaluación con una balanza analítica marca Asep modelo EY-2200 A (0-200 g, precisión 0.01 g). La pérdida de peso se calculó con la ecuación:

$$\% \text{ pérdida de peso} = \frac{P_i - P_f}{P_i} * 100$$

Dónde: P_i = peso inicial y P_f = peso final

e) Determinación de pH

Se licuaron 10 g de fruto fresco en 50 mL de agua destilada, se decantó la solución y se midió el pH con un potenciómetro (Beckman Coulter, pHi 570, www.beckmancoulter.com).

f) Acidez titulable

Se determinó mediante el método descrito por la AOAC (1990), para lo cual se usaron 10 g de fresa finamente picada y se licuó con 50 mL de agua destilada. Se midió el volumen total (agua destilada + fruta), posteriormente se filtró, y a una alícuota de 5 mL se le agregaron 3 gotas de fenolftaleína al 2.5 % como indicador. Se realizó la titulación volumétrica con hidróxido de sodio 0.1 N hasta lograr un cambio a color púrpura. Para cada combinación se midieron 4 repeticiones. Los resultados se expresaron en porcentaje de ácido cítrico, de acuerdo a la siguiente fórmula

$$\% \text{ Ácido Cítrico} = \frac{G \times N \times Mq \times V}{P \times A} * 100$$

G= Gasto de solución de NaOH (mL)

N= Normalidad del NaOH empleado (0.1 N)

Mq= Miliequivalentes de ácido cítrico (0.06404)

V= Volumen total del licuado de agua y pulpa (mL)

P= peso fresco (10 g) de fruta utilizada

A= alícuota (5 mL)

g) Contenido de ácido ascórbico

Se utilizó el método propuesto por la (AOAC, 1990), por medio de titulación con la solución de Tillman (DFI-2,6 diclorofenol indofenol 0.02%). Se licuaron 3 g de fruta previamente homogenizada en 30 mL de ácido oxálico (0.5%). Se usó una alícuota de 5 mL de la solución y se tituló con la solución de Tillman hasta obtener un cambio de color a rosa pálido. Los resultados se reportan en mg de ácido ascórbico/100 g de fruto, y fueron calculados mediante la siguiente fórmula:

$$\text{mg de ácido/100 g de fruta} = \frac{(A - 0.6067)}{0.0892} \times \frac{0.1 \times B}{C \times D} 100$$

A= gasto de DFI-2,6 diclorofenol indofenol 0.02% (mL)

B= volumen obtenido de fruta más ácido oxálico (mL)

C= peso fresco de fruta utilizada (g)

D= volumen de solución Tillman utilizado para titular (mL)

El componente $(A - 0.6067)/0.0892$ se obtiene al despejar cantidad de ácido ascórbico en función de gasto de solución de Tillman, con base en la ecuación de la curva de calibración (Anexo A).

h) Determinación de azúcares totales

Se utilizó el método descrito por (Dubois, et al., 1956), modificado por (Montreuil, et al., 1997). Se utilizó 1.0 g de muestra fresca, se le adicionó 60 mL de alcohol al 80 %, y se hirvió por 10 minutos. Después se filtró y se aforó a 15 mL, se tomó 1 mL y se llevó a baño maría a una temperatura de 55 °C, durante 10 a 15 min, hasta deshidratar la muestra.

Método de Antrona. La muestra deshidratada se disolvió en 50 mL de agua destilada. En un tubo de ensaye se colocó 1.0 mL de la muestra anterior, y se le agregaron 2 mL de agua destilada y 6 mL de H₂SO₄. Para evitar la reacción inmediata con el ácido sulfúrico en el tubo de ensaye se hizo en un recipiente de agua fría con hielo. Posteriormente se colocó a 30 °C en baño María (WaterBath, Precision Scientific) durante 15 minutos. Posteriormente se dejó reposar 10 minutos para bajar la temperatura de la muestra y se registró la absorbancia en el espectrofotómetro (Milton Roy, SPECTRONIC® 20, Barcelona) a una longitud de onda de 600 nm.

Preparación de la curva estándar. De una solución de glucosa (10 mg/100 mL), se tomaron 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, y 1.0 mL. Cada muestra se colocó en tubos de ensaye y se ajustó a 1 mL con agua destilada. Posteriormente se realizó la misma metodología descrita anteriormente para obtener la curva estándar (Figura 1).

A la lectura de la muestra, se le aplicó la fórmula de la curva estándar y se multiplicó por el número de diluciones.

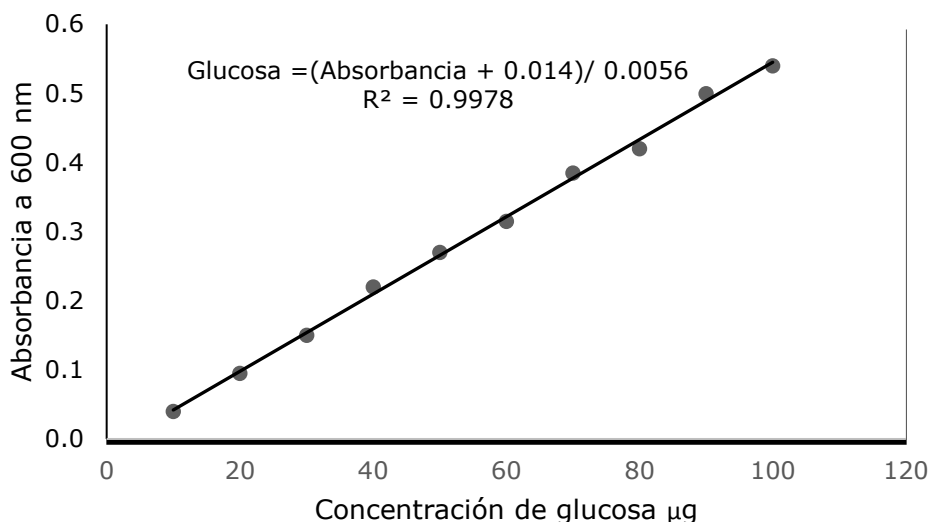


Figura 1. Curva estándar de glucosa para azúcares totales.

i) Antocianinas

Se utilizó el método descrito por (Mancinelli, et al., 1975). Se usó una mezcla de metanol al 95% y HCl 1.5 N en una proporción 85:15 (v/v) como solución extractora. Se pesó 1.0 g de pulpa previamente homogenizada y se le agregó 10 mL de la solución extractora, y se dejó reposar en refrigeración a 4°C durante 48 h en oscuridad. Después, a 1 mL del extracto se le agregaron 4 mL de la solución extractora. La muestra se leyó en un espectrofotómetro (Milton Roy, SPECTRONIC® 20, Barcelona) a una longitud de onda de 530 nm.

La curva estándar se hizo con una solución de pelargonidina-3-glucósido (1 µg µL⁻¹). Se tomaron 0, 5, 10, 15, 20, 25 µL de la solución, colocándose en fotoceldas para tomar su lectura correspondiente. Se obtuvo la curva estándar (Figura 2).

Se consideró la absorbancia de las lecturas de cada evaluación, dividiéndola entre la curva de calibración (0.0600), multiplicándola por el factor de dilución de cada lectura.

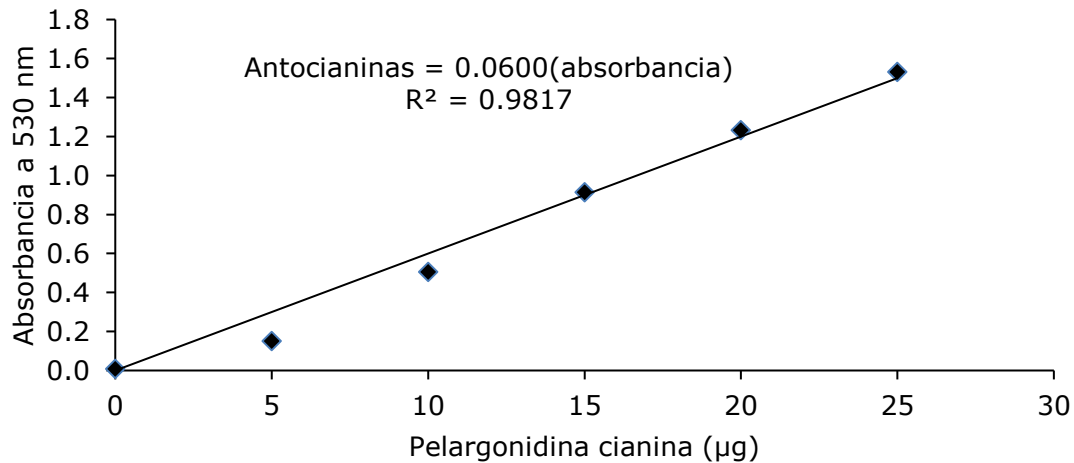


Figura 2. Curva estándar de antocianinas con una longitud de onda de 530 nm.

j) Fenoles

Se utilizó la técnica descrita por (Litwack , 1967), modificada. Una muestra de 0.1 g de pulpa de fresa se maceró en un mortero congelado y después se le agregó 4 mL de solución extractora de metanol: cloroformo: agua, en una proporción 2:1:1. La mezcla se centrifugó a 700 x g durante 15 min y se decantó la muestra. Al sobrenadante se le agregaron 10 mL de Na₂CO₃ al 10 % y después se mezcló. Enseguida la muestra se incubó a 38°C durante 25 minutos. Posteriormente se tomó 1 mL del sobrenadante y se colocó en un tubo, donde se le agregaron 3 mL de H₂O y 1 mL de reactivo de Folin (1:1 en agua v/v), y se dejó reposar durante 15 minutos. La lectura se realizó en un espectrofotómetro (Spectronic 20, Bausch & Lomb) a 660 nm.

Curva estándar: de una solución de fenol (10 mg/100mL), se tomaron 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, y 1.0 mL, colocándose en tubos de ensaye y ajustándose a 1 mL con agua destilada. Posteriormente se realizó la misma metodología descrita anteriormente para obtener la curva estándar (Figura 3).

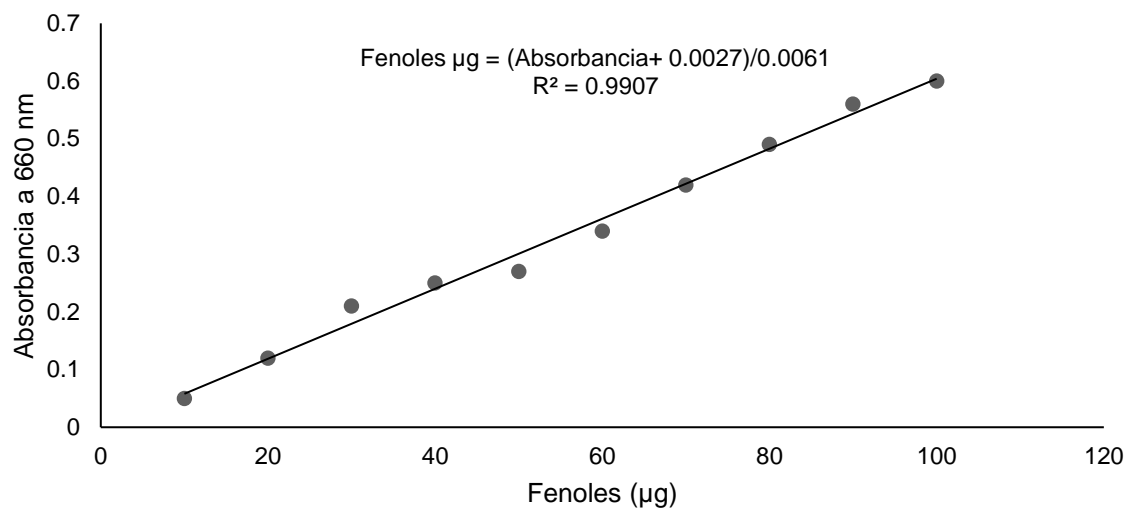


Figura 3. Curva estándar de fenoles.

3.4 Análisis estadístico

Para el análisis de datos se utilizó un diseño de tratamientos factorial con un diseño experimental completamente al azar. Los factores fueron las variedades (4 niveles), grado de madurez con dos niveles (3/4 y madura). El tiempo de almacenamiento fueron diversas combinaciones de tres tiempos de refrigeración a 1°C (0, 4, 8 días) y tres tiempos a temperatura ambiente (0, 2, 4 d a 22 °C±1°C) después del momento de salida de refrigeración. Se hizo análisis de varianza y comparación de medias mediante la prueba de Tukey (5%).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Calidad de fruta al momento de la cosecha

En cosecha, de Febrero (primer muestreo) se encontraron diferencias entre variedades en la calidad de los frutos al momento de la cosecha y entre los dos grados de madurez, esto es, $\frac{3}{4}$ de madurez y fruta madura. En relación a variedades, hubo diferencias estadísticas entre las cuatro variedades para peso del fruto, firmeza, color (L, Hue, Chroma), contenido de ácido ascórbico, y antocianinas, y no hubo diferencias para el resto de los parámetros evaluados (contenido de sólidos solubles totales, acidez, contenido de azúcares y de fenoles) (Cuadro 2).

Por otro lado, la variedad CP-Zamorana presentó el mayor peso por fruto (25.9 g) de las cuatro variedades. La variedad CP-LE-7 presentó los frutos más firmes, con la menor acidez y el mayor contenido de ácido ascórbico, en tanto que CP-Jacona mostró los mayores valores en los tres componentes de color (Luminosidad, Hue y Croma), lo cual significa que tiene una coloración y tono uniforme respecto a las variedades evaluadas. El cultivar Festival presentó mayor contenido de antocianinas que CP-Jacona. En todos los parámetros evaluados, las variedades mexicanas igualan o superan a la variedad comercial Festival.

Los frutos de fresa con grado de madurez tres cuartos presentaron mayor firmeza que los frutos maduros (Cuadro 3). Esto nos indica que con un grado de maduración más avanzado los frutos tienden a ser más blandos, ya que la fresa después de corte en su vida útil tiende a ser muy corta. Esto limita su comercialización del fruto, porque tiene mayor susceptibilidad de ataque de hongos fitopatógenos. De acuerdo a investigaciones relacionadas a la maduración de fresa en nivel genética molecular, ha permitido aislar y clonar un número de genes, que reflejan el interés comercial en este fruto así como un modelo de estudio de desarrollo para frutos no climatéricos (Perkins-Veazie, et al., 1995).

Cuadro 2. Efecto principal de la variedad sobre las características de calidad de fruto de fresa, evaluadas al momento del primer muestreo en frutos de fresa provenientes de Tangancícuaro. Mich. En el ciclo 2014-2015.

Variable ^z	Valor P	CP-Zamorana	CP-LE-7	CP-Jacona	Festival ^x	Promedio	C.V.
Peso del fruto (g)	<.0001	25.9 a ^y	19.2 b	19.2 b	17.8 B	20.5	28.0
Firmeza (N)	<.0001	21.5 b	26.0 a	22.1 ab	20.1 B	22.4	24.0
SST (°Bx)	0.0484	6.5 a	7.0 a	7.2 a	7.1 A	7.0	13.2
Luminosidad	<.0001	24.4 b	24.6 b	33.3 a	26.1 B	16.0	27.0
Hue	0.0004	74.8 b	73.9 b	77.6 a	74.4 B	75.1	3.6
Croma	<.0001	25.3 b	25.6 b	34.1 a	27.1 B	28.0	15.1
pH	<.0001	4.3 b	5.9 a	4.4 b	4.4 B	5.0	7.2
Acidez (% ácido cítrico)	0.4104	1.3 a	1.2 a	1.3 a	1.0 A	1.2	25.0
Ácido ascórbico (mg /100 g PF)	0.0598	44.4 b	58.3 a	44.2 b	46.3 ab	48.3	19.0
Antocianinas (mg /100 g PF)	0.0531	22.4 ab	27.4 ab	19.0 b	30.7 A	25.0	32.1
Azúcares (mg /100 g PF)	0.3097	70.8 a	67.0 a	74.4 a	74.4 A	72.0	20.0
Fenoles (mg /100 g PF)	0.3954	19.1 a	21.0 a	23.2 a	23.4 A	22.0	23.0

^z Las medias fueron promediadas a través de los dos grados de madurez, n = 24 para peso, firmeza, SST y color; n = 8 para el resto de variables. SST: Sólidos solubles totales. ^y Medias con la misma letra por hileras son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05). ^x Testigo comercial.

Cuadro 3. Efecto principal del grado de madurez sobre las características de calidad del fruto de fresa, evaluadas en el mes de febrero 2015 de plantaciones de Tangancícuaro, Mich. En el ciclo 2014-2015.

Parámetro ^z	Grado de madurez		
	Tres cuartos	Madura	Valor P
Peso del fruto (g)	20.1 a ^y	20.9 A	0.4969
Firmeza (N)	25.4 a	19.4 B	<.0001
SST (°Brix)	6.8 a	7.1 A	0.0617
Luminosidad	27.0 a	27.1 A	0.8954
Hue	75.5 a	74.8 A	0.2152
Croma	27.9 a	28.1 A	0.8143
pH	4.7 a	4.8 A	0.6483
Acidez (% ácido cítrico)	1.2 a	1.3 A	0.3311
Ácido ascórbico (mg /100 g PF)	46.6 a	50.0 A	0.2977
Antocianinas (mg /100 g PF)	22.5 a	27.3 A	0.1007
Azúcares (mg /100 g PF)	69.7 a	73.6 A	0.4497
Fenoles (mg /100 g PF)	21.0 a	22.6 A	0.4353

^z Las medias fueron promediadas a través de las cuatro variedades, n =12. ^y Medias con la misma letra por hileras son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

Se conoce que los cambios de textura en los frutos no climatéricos cambian debido a la hidrólisis de los almidones y de las pectinas, por la reducción de su contenido de fibra y por los procesos degradativos de las paredes celulares. Las frutas se tornan blandas y más susceptibles a daños mecánicos y fitopatógenos, acelerando así el proceso de senescencia durante el cual se incrementa la permeabilidad de las membranas celulares y se produce una eventual desorganización total de la estructura de la infrutescencia y disminuye la capacidad de síntesis de sustancias fungistáticas naturales (fitoalexinas) que protegen a las fruta (Arias Velázquez & Toledo Hevia , 2007).

En particular estos cambios generan pérdidas postcosecha y evita que se termine el ciclo de la cadena de producción, que finaliza en el mercado de consumo humano, por tal motivo es determinante saber en qué grado de madurez comercial se debe cosechar cada tipo de fruto, en especial la fresa es preferible el corte en tres cuartas partes de su maduración del fruto, para exportación, tanto para mercado nacional y extranjero.

En el segundo muestreo, (abril 2015) de la cosecha, hubo efecto significativo de la variedad sobre peso de fruto, pH, ácido ascórbico, y antocianinas, pero no afectó la acidez, el contenido de azúcares y de fenoles. En relación a variedades, CP-LE-7 presentó el mayor peso de fruto (16.8 g) y contenido de ácido ascórbico (Cuadro 4). En firmeza, los cultivares CP-Zamorana y CP-LE-7 igualaron al testigo comercial Festival en tanto que CP-Jacona fue inferior a este. CP-Jacona también sobresale por tener mayor contenido de sólidos solubles totales, al igual que CP-LE-7, con 7.9 y 7.4°Bx, respectivamente, resultó no sobresaliente en el contenido de vitamina C y antocianinas.

Para el contenido de ácido ascórbico, todos los cultivares fueron estadísticamente iguales al testigo, y en relación a contenido de Antocianinas, únicamente CP-Jacona (19 mg /100 g peso fresco) resultó estadísticamente inferior al testigo comercial (30.7 mg / 100 g- peso fresco) (Cuadro 4).

Cuadro 4. Efecto principal de la variedad sobre las características de calidad de fruto de fresa, evaluadas en plantaciones de Tangancícuaro, Mich. En el ciclo de producción 2014-2015.

Parámetro ^z	valor P	CP-Zamorana	CP-LE-7	CP-Jacona	Festival ^x	Promedio	C.V.				
Peso del fruto (g)	<.0001	11.0	b ^y	16.8	a	12.5	b	11.3	b	13.0	27.0
Firmeza (N)	<.0001	23.2	a	23.5	a	18.6	b	25.5	a	23.0	25.3
SST (°Brix)	<.0001	6.6	c	7.4	ab	7.9	a	6.9	bc	7.2	13.0
pH	0.0040	4.3	b	5.9	a	4.4	b	4.4	b	4.0	2.2
Acidez (% ácido cítrico)	0.6584	1.3	a	1.2	a	1.3	a	1.0	a	1.1	18.4
Ácido ascórbico (mg /100 g PF)	0.5715	44.4	b	58.3	a	44.2	b	46.3	ab	39.0	19.3
Antocianinas (mg /100 g PF)	0.0008	22.4	ab	27.4	ab	19.0	b	30.7	a	9.59	22.2
Azúcares (mg /100 g PF)	0.0053	70.8	a	67.0	a	74.4	a	74.4	a	72.0	24.0
Fenoles (mg /100 g PF)	0.2209	19.1	a	21.0	a	23.2	a	23.4	a	22.3	25.9

^z Las medias fueron promediadas a través de los dos grados de madurez, n = 12. SST : Sólidos solubles totales. ^y Medias con la misma letra por hileras son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05). ^x Testigo comercial.

Respecto a la selección de calidad, normalmente el consumidor se basa en métodos subjetivos como vista (color, tamaño y forma), olfato (aroma y olor), gusto (ácido, dulce, salado y amargo), de esta manera influyen en la madurez comercial, dependiendo de las condiciones del órgano de la planta y las demandas del mercado (FAO, 2004), así mismo (Kader, 1998) menciona otros más complejos como el tiempo que transcurre entre la floración y la cosecha, la medición de las unidades de calor, ritmo de respiración, contenido de sólidos solubles y proporción azúcar/acidez entre otros (FAO 1993).

En el caso de madurez en fresa al ser un fruto no climatérico, demanda ser cosechado en madurez hortícola; que puede o no coincidir con la madurez fisiológica del fruto, pero que si contempla características como color, sabor, textura y composición interna (Arias Velázquez & Toledo Hevia , 2007).

En relación al grado de madurez, al igual que en la primer muestreo, hubo diferencias entre la firmeza del fruto, entre fruta con 3/4 de madurez y fruta madura, con valores de 27.1 N, y 18.3 N, respectivamente. A diferencia, de la primera cosecha, en esta, la fruta madura tuvo mayor contenido de sólidos solubles totales con 7.4 °Bx comparado con 3/4 de madurez, con 7.0 °Bx (Cuadro 5).

Los valores obtenidos dependiendo del grado de madurez, en este caso la variable firmeza evaluada en frutos maduros, mostraron menor firmeza por lo tanto (Nunes & Morais, 2002) mencionan que las células tienen características alargadas y delgadas en la pared celular que contribuyen a ser más frágil la estructura y que las enzimas pectolíticas provocando una degradación de pectinas y el desarreglo de la pared celular.

Cuadro 5. Efecto principal del grado de madurez sobre las características de calidad del fruto de fresa, evaluadas en el mes de febrero 2015 de plantaciones de Tangancícuaro, Mich. En el ciclo 2014-2015.

Parámetro ^z	Tres cuartos		Madura		Valor P
Peso del fruto (g)	13.2	a	12.6	a	0.3685
Firmeza (N)	27.1	a	18.3	b	<.0001
SST (°Brix)	7.0	b	7.4	a	0.0467
pH	4.7	a	4.8	a	0.0040
Acidez (% ácido cítrico)	1.6	a	1.3	a	0.2303
Ácido ascórbico (mg /100 g PF)	46.6	a	50.0	a	0.3038
Antocianinas (mg /100 g PF)	22.5	a	27.3	a	<.0001
Azúcares (mg /100 g PF)	69.7	a	73.6	a	0.3050
Fenoles (mg /100 g PF)	21.0	a	22.6	a	0.9604

^z Las medias fueron promediadas a través de cuatro variedades, n = 12. SST: Sólidos solubles totales. ^y Medias con la misma letra por hileras son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

Estos mismos autores dicen que los frutos cosechados a tres cuartos de maduración y frutos completamente maduros, presentaron mayor y menor firmeza respectivamente, lo que difiere a lo obtenido en la presente investigación (Cuadro 5). Aunque (Haffner, 2002) mencionan que la firmeza depende de condiciones del manejo del cultivo y por supuesto la genética de cada cultivar. Por otra parte (Hakala, et al., 2002) en diversos cultivares encontraron valores de 8 a 11.8 °Brix y de 0.9 a 1.1 % de ácido cítrico, que en este caso en dicha investigación los valores fueron menores.

4.2. Efecto de la variedad

En el primer muestreo, la variedad tuvo efecto significativo sobre todas las características evaluadas, excepto acidez titulable y contenido de fenoles (Cuadro 6). La mayor pérdida de peso se presentó en CP-LE-7 y en el testigo comercial, con 9.9 y 9.1 respectivamente. Los frutos de la variedad de CP-LE-7 mantuvieron valores de

firmeza más elevados en comparación con el resto de las variedades evaluadas (Cuadro 6). Por otro lado en sólidos solubles totales, como un indicador del grado de dulzor, solo el cultivar CP-Zamorana mostró valores inferiores al testigo comercial y a las otras variedades.

Mientras que en luminosidad, el cultivar CP- Jacona mostró valores superiores respecto a los demás cultivares evaluados, para el ángulo de tono (HUE) el cultivar con mayor significancia corresponde al testigo comercial festival, que presentó mayor coloración roja entre cultivares, debido a que obtuvo 34.8 y la selección CP-Zamorana con menor coloración de 31.7, y en el caso de Cromo (C) el cultivar CP-Jacona mostro mayor pigmentación en comparación a los demás cultivares evaluados (Cuadro 6).

El cultivar CP-LE-7 presentó mayor pH, lo cual significa que la cantidad de azúcares disueltos en las células era superior respecto a los demás cultivares, por tal motivo los frutos mantuvieron buen sabor, además aunque no hubo diferencias en acidez titulable. Este cultivar también presentó mayor contenido de ácido ascórbico (Vitamina C) y de antocianinas. El contenido de azúcares totales fue menor en el testigo festival comparado con las variedades mexicanas con 62.7 mg /100 g peso fresco (Cuadro 6).

En el segundo muestreo, el efecto de la variedad se reflejó únicamente en sólidos solubles totales, pH, acidez titulable, y contenido de ácido ascórbico, en tanto que en pérdida de peso, antocianinas, azúcares totales, y contenido de fenoles no hubo diferencias entre variedades, incluido el testigo comercial. El cultivar con el mayor contenido de solidos solubles totales fue CP-Jacona (7.8 °Bx) (Cuadro 7). En esta evaluación el testigo comercial presentó mayor pH que los demás cultivares, pero dicha diferencia fue apenas del 2% pero en acidez titulable, Festival tiene valores más bajos que CP-Jacona. En el contenido de ácido ascórbico, el cultivar con menor contenido corresponde a CP-Zamorana pero es igual al testigo comercial (Cuadro 7).

Cuadro 6. Efecto promedio de la variedad sobre las características de calidad del fruto de fresa, durante el tratamiento postcosecha, evaluadas en el mes de febrero 2015 de plantaciones de Tangancícuaro, Mich. En el ciclo de producción 2014-2015.

Parámetro ^z	Valor P	CP-Jacona	CP-LE-7	CP-Zamorana	Festival ^x	Promedio	C.V
Pérdida de peso (g)	<.0001	5.8 b ^y	9.9 a	5.4 b	9.1 a	7.4	86.4
Firmeza (N)	<.0001	19.3 b	22.3 a	19.5 b	19 b	19.9	23.5
Luminosidad	<.0001	31.2 a	27.2 b	26.8 b	26.8 b	28.0	17.38
Hue	<.0001	33.8 ab	33.4 ab	31.7 b	34.8 a	33.4	21.2
Croma	0.0022	26.8 a	23.7 b	24.5 ab	25.2 ab	25.1	36.1
SST (°Brix)	<.0001	7.1 ab	7.2 a	6.7 b	7.4 a	7.1	18.1
pH	<.0001	4.1 b	4.8 a	4.1 b	4.1 b	4.3	5.4
Acidez (% ácido cítrico)	0.0671	1.13 a	1.18 a	1.12 a	1.05 a	1.1	20.2
Ácido ascórbico (mg /100 g PF)	<.0001	41.1 bc	52.7 a	32.7 c	44.6 b	44.0	17.5
Antocianinas (mg /100 g PF)	<.0001	28.0 c	39.3 a	32.7 bc	36.5 ab	33.9	30.6
Azúcares (mg /100 g PF)	0.0010	79.3 a	81.1 a	77.9 a	62.7 b	75.8	22.8
Fenoles (mg /100 g PF)	0.3954	23.2 a	21 a	19.1 a	23.4 a	22.0	22.6

^z Las medias fueron promediadas a través de los dos grados de madurez, n = 24 para peso, firmeza, SST y color; n = 8 para el resto de variables. SST: Sólidos solubles totales, ^y Medias con la misma letra por hileras son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05). ^x Testigo comercial.

Cuadro 7. Efecto promedio de la variedad sobre las características de calidad de fruto de fresa, durante el tratamiento postcosecha del segundo muestreo, evaluadas en el mes de febrero 2015 de plantaciones de Tangancícuaro, Mich. En el ciclo de producción 2014-2015.

Parámetro ^z	Valor P	CP-Jacona	CP-LE-7	CP-Zamorana	Festival ^x	Promedio	C.V
Pérdida de peso	0.1447	5.4 a ^y	7.6 a	7.0 a	6.3 a	6.6	141.3
Firmeza (N)	0.0849	18.2 a	19.5 a	18.6 a	17.8 a	18.5	33.6
°Bx- (SST)	<.0001	7.8 a	7.0 c	7.1 bc	7.4 b	7.4	15.3
pH	<.0001	4.0 b	4.0 b	4.0 b	4.1 a	4.0	2.1
Acidez (% ácido cítrico)	0.0046	1.1 a	1.0 ab	1.0 ab	1.0 b	1.0	14.9
Ácido ascórbico (mg /100 g PF)	0.0023	49.2 a	49.7 a	45.3 b	48.5 ab	48.8	16.7
Antocianinas (mg /100 g PF)	0.7461	17.2 a	15.5 a	15.6 a	18.0 a	8.3	60.1
Azúcares (mg /100 g PF)	0.7784	73.9 a	76.9 a	76.6 a	76.3 a	26.7	75.5
Fenoles (mg /100 g PF)	0.0620	19.7 a	26.8 a	19.7 a	23.0 a	22.2	25.8

^z Las medias fueron promediadas a través de los dos grados de madurez, n = 24 para peso, firmeza, SST y color; n = 8 para el resto de variables. SST: Sólidos solubles totales, ^y Medias con la misma letra por hileras son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05). ^x Testigo comercial.

En pérdida de peso de los frutos, de cultivares de fresa, son diferentes debido estado de madurez, el momento de cosecha (Montero, et al., 1996), a mayor grado de madurez de los frutos de fresa, mayor es la reducción de concentración de pectinas (Krivorot & Dris, 2002).

En firmeza, se ha reportado valores que oscilan entre 6.5 N a 10.5 N en investigaciones similares de fresa en variedades mexicanas, como son CP-Roxana y Paola (Lara Choncoa, 2009), por tal motivo los valores obtenidos en dicha investigación difieren al ser valores superiores, tal es el caso que puede deberse a diferentes factores como al medio ambiente, manejo cultural, aspectos fisiológicos y principalmente genéticos (Sams, 1999), en general la firmeza disminuye a medida que la fruta madura y por lo tanto se aproxima el proceso de senescencia (Kader, 1998). En el primer muestreo los valores obtenidos de los componentes de color mostraron efecto significativo, pero en el caso de luminosidad y croma están por debajo de los rangos de referencia, pero en Hue se encontraron datos superiores a los reportados, según Hakala y colaboradores (Hakala , et al., 2002) para L de 34.3 a 38.6; C de 38.3 a 41.2; H varía de 27.2 a 31.3; así mismo datos reportados por (Hernández Castro , 2007) (34.2 de L, 40.3 C y 29.7 de Hue), o a los datos obtenidos por (Lara Choncoa, 2009), (32 de L, 25.9 de H y 31.5 C) cabe decir que los datos obtenidos en esta investigación son diferentes a los reportados.

Sin duda alguna los cambios de L, Hue y Croma se ven afectados principalmente por las características intrínsecas de cada cultivar, según lo reportado por (Kadir, et al., 2006), también se le atribuye a que los frutos son no climatéricos y tienden a pasar a senescencia directamente después de su madurez fisiológica.

El pH, acidez titulable, azúcares, antocianinas y vitamina C puede variar dependiendo del manejo agronómico, principalmente por el manejo nutricional, algunos problemas de plagas- enfermedades y los riegos, así mismo influye directamente el medio ambiente involucrando (temperatura y humedad relativa, radiación, precipitación) y las características genotípicas de la variedad (Forney & Kalt, 2000).

La variedad CP-LE-7 presenta buenas características en firmeza, sólidos solubles totales, pH, contenido de vitamina C, antocianinas y azúcares totales, las cuales son iguales o mejores a las del testigo comercial. Por este motivo, CP-LE-7 tiene potencial para colocarse en el mercado a nivel nacional, por lo que se recomienda seguir evaluándola y establecerla en diferentes condiciones ambientales.

4.3. Efecto del grado de madurez al momento de cosecha

Los parámetros de calidad afectados por el grado de madurez fueron la firmeza de la pulpa, el contenido de azúcares solubles, color (en el muestreo uno) y acidez titulable (en cosecha 2). Los frutos cosechados a madurez completa fueron menos firmes (de 22 a 32.4% y con mayor contenido de sólidos solubles totales (de 5.8 a 8.4%). La acidez titulable fue marginalmente superior en la cosecha 1. En cuanto a variables de color como Luminosidad, ángulo de tono y croma los frutos cosechados con grado de madurez de $\frac{3}{4}$ mostraron valores superiores respecto a frutos maduros en evaluaciones de primera cosecha (Cuadro 8). No fue posible hacer la evaluación de color en la segunda cosecha por fallas técnicas del colorímetro. Respecto a sólidos solubles totales mostró ser superior los frutos con grado maduro al obtener mayores valores en el contenido de azúcares solubles respecto al grado de maduración tres cuartos, esto en cada cosecha se mantuvo el mismo comportamiento (Cuadro 8).

Contrario a lo encontrado en este estudio, Montero y colaboradores (Montero, et al., 1996), y Kader (Kader, 1992) reportaron que el grado de madurez afectó la pérdida de peso, debido a que los frutos de fresa son no climatéricos y ocurren cambios metabólicamente, donde los carbohidratos, proteína y grasas son degradados a productos finales simples siendo la liberación de energía. El O₂ es usado y el Co₂ es producido en este proceso, provocando cambios en la aceleración de senescencia, reducción del valor nutrimental, pérdidas de calidad de sabor y pérdida de peso seco. La disminución de la firmeza (ablandamiento) es una característica del fruto durante el proceso de maduración y senescencia. El ablandamiento se debe a los cambios bioquímicos por el efecto de enzimas tales como poligalacturonasas y pectinmetilesterasas, que degradan la estructura péctica de la pared celular y de la

Cuadro 8. Calidad promedio del fruto, por grados de madurez para el primer y segundo muestreo, evaluados en el mes de febrero 2015 de plantaciones de Tangancícuaro, Mich. En el ciclo de producción 2014-2015.

Variables de calidad	Muestreo uno		Muestreo dos	
	(3/4)	Madura	(3/4)	Madura
Pérdida de peso(%) ^z	7.6	7.3 ns ^y	6.9	6.3 ns
Firmeza (N)	22.4	17.4 *	21.8	14.9 *
Luminosidad	28.6	27.5 *	NE	NE
Hue	34.6	32.3 *	NE	NE
Croma	24.9	25.3 *	NE	NE
Sólidos solubles totales (°Bx)	6.9	7.3 *	7.1	7.7 *
pH	4.3	4.3 ns	4	4.1 ns
Acidez (% ácido cítrico)	1.12	1.12 ns	1.1	1.0 *
Ácido ascórbico (mg /100 g PF)	43.7	44.2 ns	48.9	47.6 ns
Antocianinas (mg /100 g PF)	32.6	35.1 ns	16.2	16.8 ns
Azúcares (mg /100 g PF)	73.7	78.0 ns	74.0	78.0 ns
Fenoles (mg /100 g PF)	21.0	22.6 ns	22.3	22.2 ns

^z Las medias fueron promediadas a través de variedades y de tratamientos postcosecha. n= 24 para pérdida de peso; firmeza; sólidos solubles totales; luminosidad; Hue, y Croma; n=8 para el resto de variables. ^y * Diferencias significativas (Tukey, P=0.05) entre grados de madurez por cosecha; ns: no significativo.

lámina media, debido a la disminución de los niveles de calcio extracelular conforme la fruta madura (Ferguson, et al., 1995), (Krivorot & Dris, 2002). Así mismo el pH, el contenido de azúcares, antocianinas, vitaminas y fenoles puede variar dependiendo del grado de madurez, el manejo agronómico y las características de la variedad (Forney & Kalt, 2000). Moing y colaboradores (Moing, et al., 2001) encontraron que el pH fue de cerca de 5 en la fresa a los 10 días después de plena floración, se redujo aproximadamente a 3.7 en la etapa de tres cuartos, y luego se mantuvo sin cambios hasta la plena madurez. Sin embargo hay diferencias entre variedades, ya sea por las condiciones donde se desarrollan o por el genotipo (Kafkas, et al., 2007). En otro estudio en las variedades de fresa “Earliglow” y “Kent”, los autores reportaron que en

temperaturas altas de día/noche (30/22 °C), disminuyó el contenido de ácido cítrico, y en condiciones de temperaturas más frescas de 18/12 °C, aumentó el contenido de ácido cítrico (Wang & Camp, 2000).

4.4. Efecto por tiempo de frigoconservación

En el primer muestreo, los tratamientos postcosecha de conservación en temperatura ambiente y refrigeración mostraron diferencias significativas en casi todas las variables evaluadas (Cuadro 9). En pérdida de peso, el fruto de fresa registró la mayor pérdida durante los primeros dos y cuatro días a temperatura ambiente, que en promedio fue casi del 3% por día. Lo interesante es que cuando la fruta estuvo cuatro días en frigoconservación, al salir no perdió más peso durante los siguientes dos días. En relación a firmeza, esta disminuye de 22.4 N a ~20 N con dos días a temperatura ambiente o con cuatro en frigoconservación. Como se esperaba, la mayor disminución de la firmeza ocurre con cuatro días a temperatura ambiente. Esto indica que la frigoconservación retrasó la pérdida de la firmeza hasta cuatro días.

En relación a color, los valores de luminosidad (L) aumentaron en ~2 unidades al permanecer dos o cuatro días a temperatura ambiente, ya sea después de refrigeración o inmediatamente después de la cosecha. Esto indicaría un ligero aumento en la luminosidad del color de la fruta. En relación a Chroma (saturación), el cambio fue +3 a +4 unidades en comparación con el control inicial, esto indica un ligero aumento en la saturación del color. Los valores de 20 a 25° corresponden al rojo. En Hue manifestó diferencias significativas, el tratamiento cuatro días en refrigeración obtuvo valores de 39.1 siendo de mayor coloración roja en comparación del tratamiento de cuatro días ambiente, más dos días en refrigeración, con valor promedio de 28.6 (Cuadro 9).

Cuadro 9. Valores promedio de los parámetros de calidad, respecto a los tratamientos en tiempos de conservación de frutos de fresa evaluados en el mes de febrero 2015 de plantaciones de Tangancícuaro, Mich. En el ciclo de producción 2014-2015.

Parámetro	Tratamientos ^z				
	T0	T0+2	T0+4	T4+0	T4+2
Pérdida de peso (%)	.	5.1 ^y b ^x	11.8 a	6.7 b	6.3 b
Firmeza (N)	22.4 a	19.6 b	16.7 c	20.4 b	20.4 b
Luminosidad	27.1 bc	29.8 a	28.7 ab	25.3 c	29.1 a
Hue	31.6 b	30.2 bc	38.0 a	39.1 a	28.6 c
Croma	21.7 b	26.2 a	25.1 ab	25.9 a	26.7 a
Sólidos solubles totales (°Bx)	7 ab	7.5 a	6.9 b	7.2 ab	6.9 ab
pH	4.74 a	4.0 b	4.68 a	4.03 b	3.89 b
Acidez (% ácido cítrico)	1.20 a	1.20 a	1.13 ab	1.05 ab	0.97 b
Ácido ascórbico (mg /100 g PF)	48.5 a	42.0 b	48.5 a	36 c	45.0 ab
Antocianinas (mg /100 g PF)	24.9 b	45.5 a	25.5 b	29.6 b	41.7 a
Azúcares (mg /100 g PF)	71.6 b	75.8 b	68.8 b	91.6 a	71.5 b

^z Momentos de evaluación: T0: evaluación inicial al momento de cosecha; T0+2= dos días ambiente (sin refrigeración); T0+4=cuatro días a temperatura ambiente (sin refrigeración); T4+0=cuatro días en refrigeración a 1°C, a la salida; T4+2=cuatro días en refrigeración a 1°C más dos días a temperatura ambiente. ^yLas medias fueron promediadas a través de cuatro variedades y dos grados de madurez. ^xMedias con letras iguales por filas no indican diferencia significativas (Tukey, P=0.05).

En relación a calidad interna, el mayor pH se presentó en la fruta recién cosechada (4.7), así mismo se puede mantener con el mismo valor hasta el tiempo de conservación de cuatro días ambiente, los valores son más altos sin tratamiento de refrigeración y posteriormente disminuyó a ~4.0. El contenido de acidez titulable solo disminuyó ligeramente, en especial en el tratamiento de cuatro días de frigoconservación. El contenido de vitamina C mostró un comportamiento un poco errático: la mayor disminución ocurrió en los tratamientos de cuatro días de frigoconservación y de dos días a temperatura ambiente, pero cuatro días a temperatura ambiente no afectó el contenido de vitamina C. Resulta interesante el aumento del contenido de antocianinas después de cuatro días en frigoconservación y dos a temperatura ambiente (67% más que al momento de la cosecha), en tanto que con cuatro días en frigoconservación aumentó significativamente el contenido de azúcares (Cuadro 9).

En la segunda cosecha, la mayor pérdida de peso ocurrió en cuatro días en refrigeración más cuatro días temperatura ambiente (T4+4) y con ocho días en refrigeración y dos días a temperatura ambiente (T8+2), en los que la pérdida de peso varió entre 9.4 y 11.4%. Los demás tratamientos la pérdida de peso varió entre 4.3 y 6.4%, sin mostrar diferencias significativas (Cuadro 10). La firmeza inicial fue de 22.7 N y de ahí se disminuyó significativamente en todos los tratamientos, excepto con 4 días de refrigeración (T4+0) y conforme pasan los días de almacenamiento la firmeza tiende a disminuir. La única fecha de evaluación en la que no se redujo la firmeza fue T4+0; sin embargo, con dos días a temperatura ambiente, ya sea con o sin refrigeración previa, la firmeza se reduce significativamente.

Los sólidos solubles totales aumentan ligeramente a partir de la cosecha, aunque sin un patrón claro, y alcanzan su máximo a los ocho días en refrigeración (T8+0) (Cuadro 10). En cuanto a pH, los valores variaron entre 3.91 (T8+2) a 4.20 (T4+0); con un valor inicial intermedio (3.97), La variación en acidez titulable fue entre 0.93 y 1.15 y se presentó diferencia significativa entre los tratamientos y el mayor valor fue T0+4 (cuatro días a temperatura ambiente después de cosecha) y el menor fue T4+4 (cuatro días a temperatura ambiente después de cuatro días en refrigeración) (Cuadro 10). En

Cuadro 10. Valores promedio de las variables de calidad, respecto a los tratamientos en tiempos de conservación en frutos de fresa, evaluados en el mes de febrero 2015 de plantaciones de Tangancícuaro, Mich. En el ciclo de producción 2014-2015.

Parámetro ^y	Tratamientos ^z							
	T0	T0+2	T0+4	T4+0	T4+2	T4+4	T8+0	T8+2
PP (%)	.	4.3 ^x b ^w	6.4 b	4.4 b	5.5 b	9.4 a	5.6 b	11.4 a
F (N)	22.7 a	18.5 bcd	18.3 bcd	21.1 ab	15.5 d	15.9 cd	17.5 cd	17.6 cd
SST (°Bx)	7.2 b	7.4 ab	7.2 b	7.4 ab	7.3 ab	7.5 ab	7.8 a	7.2 b
pH	3.97 cd	3.96 cd	4.12 b	4.2 a	4.1 b	4.11 b	4.02 b	3.91 d
Acidez (% ácido cítrico)	1.09 ab	1.09 ab	1.15 a	0.99 bc	0.94 c	0.93 c	0.94 c	1.1 ab
AA (mg /100 g PF)	39.0 de	35.1 e	42.5 d	49.4 c	59.5 a	54.0 abc	52.9 bc	56.8 ab
Antocianinas (mg /100 g PF)	9.6 ab	11.4 a	10.4 ab	7.9 bc	9.8 ab	5.7 c	5.7 c	5.4 c
Azúcares (mg /100 g PF)	71.9 bcd	72.9 bcd	65.5 cd	95.8 a	74 bc	81.8 ab	86.2 ab	57 d

^z Momentos de evaluación: T0= evaluación inicial al momento de cosecha; T0+2= dos días a ambiente (sin refrigeración); T0+4=cuatro días a temperatura ambiente (sin refrigeración); T4+0=cuatro días en refrigeración a 1°C, a la salida; T4+2=cuatro días en refrigeración a 1°C más dos días a temperatura ambiente. T4+4=cuatro días en refrigeración a 1°C más cuatro días a temperatura ambiente; T8+0=8 días en refrigeración a 1°C, a la salida; T8+2= ocho días en refrigeración a 1°C más dos días a temperatura ambiente. ^y PP: pérdida de peso; F: firmeza; SST: sólidos solubles totales; AA: ácido ascórbico. ^x Las medias fueron promediadas a través de cuatro variedades y dos grados de madurez. ^w Las medias con letras diferente por fila indican diferencia estadística significativa (Tukey, P=0.05).

relación al contenido de ácido ascórbico (como referente del contenido de vitamina C), el mayor contenido corresponde al tratamiento de cuatro días en refrigeración más dos días ambiente (T4+2) y el menor a dos días a temperatura ambiente sin refrigeración (T0+2). En general, la refrigeración aumentó el contenido de ácido ascórbico (54.5 mg / 100 g PF) comparado con los tratamientos sin refrigeración (38.8 mg / 100 g PF). Para el caso de antocianinas ocurrió lo contrario: los tratamientos sin refrigeración fueron en general más altos (grupos estadísticos a y b) que los tratamientos con refrigeración (grupos estadísticos b y c, excepto T4+2). Finalmente en azúcares totales, el tratamiento tratamientos es T4+0 (cuatro días en frigoconservación a 1°C), al igual que T4+4 y T8+0 (ocho días en refrigeración) fueron los valores más altos. (Cuadro 10).

En general se obtuvieron cambios notorios, sobre todo a temperatura ambiente., sin duda alguna los cambios fisiológicos trascurren rápidamente, más en el caso de frutos no climatéricos, estos tienen una alta tasas de respiración y por lo tanto hay cambios en firmeza, pérdida de peso, color que provocan sin duda alguna cambios en los procesos de respiración y por lo tanto disminuye la vida anaquel del fruto.

Algunos autores como (Ayala Zavala, et al., 2004), mencionan que la temperatura puede influir significativamente en la firmeza de las frutas, y aumenta la pérdida de peso, proporcional al tiempo de almacenamiento. Por otro lado (Nuñez, et al., 2006) indican que los frutos de uva en condiciones de almacenamiento seis horas después de la cosecha entre una temperatura de 15 a 22 °C, muestran cambios no deseados en color, firmeza y pérdida de peso, con una pérdida de alrededor del 50 % de contenido de agua en comparación con los que se enfrían inmediatamente después de la cosecha, estos tienden a mantener calidad y extienden su vida anaquel.

Sin duda alguna los frutos que son almacenados en frigoconservación, tienen mayor vida anaquel, esto a que se disminuyen los procesos metabólicos, como respiración y se retrasa la senescencia.

4.5. Interacciones

4.5.1. Primer muestreo

En el primer muestreo se presentó interacción entre variedad por el grado de madurez en luminosidad, entre variedad y tiempo de conservación la variable Hue, y entre grado de madurez al momento de cosecha y tiempo de conservación en los parámetros pérdida de peso y firmeza.

En relación a la interacción variedad por grado de madurez fisiológica en luminosidad, en las variedades mexicanas se mantuvo la luminosidad en ambos grados de madurez, en tanto en la variedad comercial, la luminosidad disminuyó en el fruto maduro. El oscurecimiento en los frutos perjudica la calidad visual para el consumidor final (Figura 4).

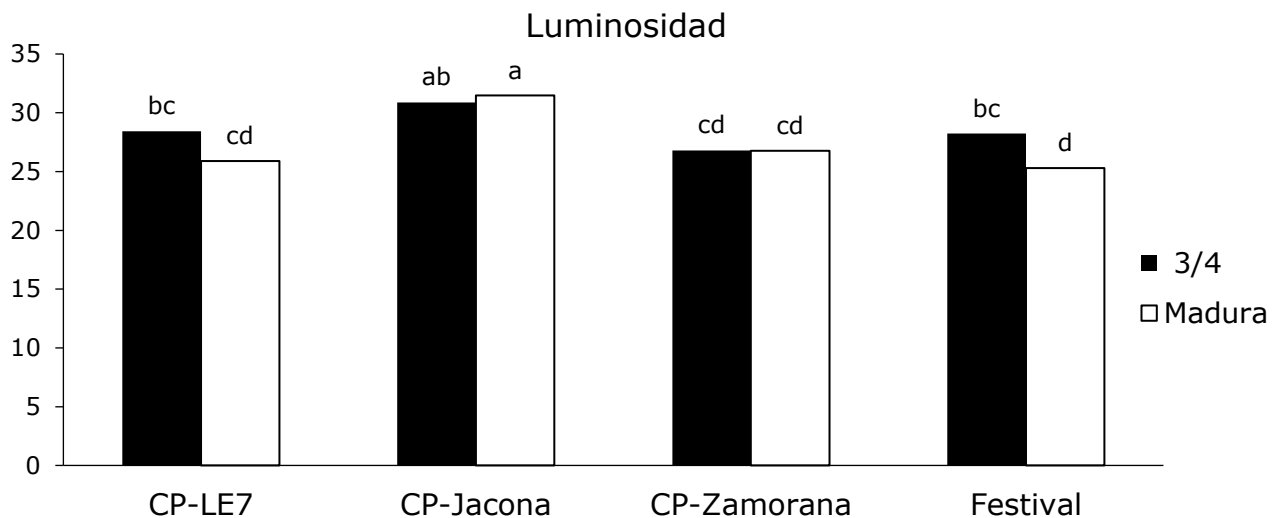


Figura 4. Efecto de interacción entre variedad y el grado de madurez en luminosidad promedio de frutos de fresa.

Barras con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$). Los valores son promedio de cinco evaluaciones en el tiempo, entre la cosecha y los seis días después.

La segunda interacción se presentó en la variable Hue ($^{\circ}$ H), los mayores valores en coloración roja corresponde a Festival con grado de madurez tres cuartos; en

comparación de CP-Zamorana esta obtuvo menor coloración en los dos grados de madurez, es benéfico en parámetros de color para su comercialización (Figura 5). Cada cultivar responde a los factores genéticos y ambientales o tienden a tener algunas características similares como CP-LE-7 y CP-Jacona no existiendo diferencias significativas (Figura 5).

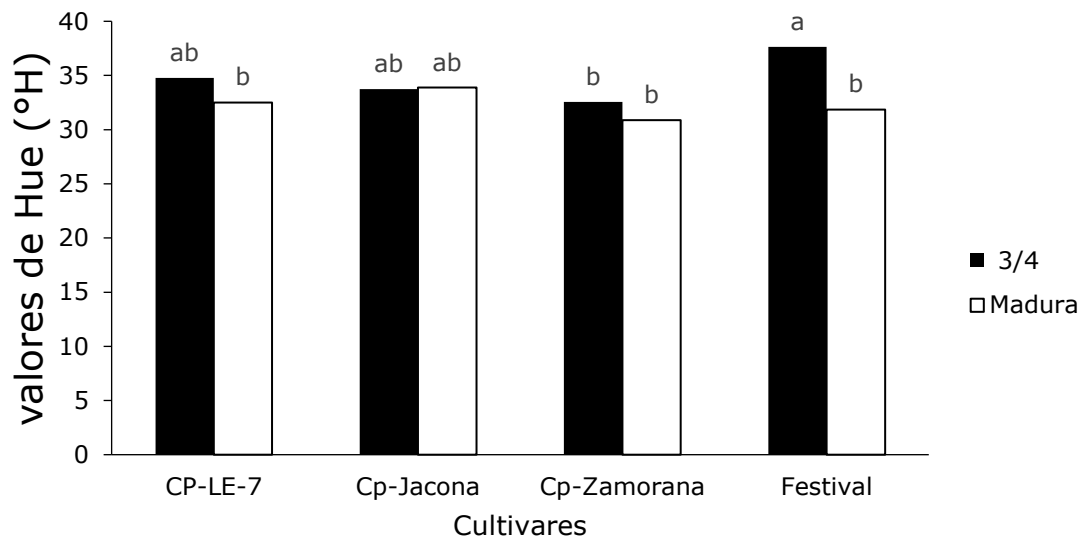


Figura 5. Efecto de la interacción entre variedad y grado de madurez sobre (°Hue) promedio en frutos de fresa.

Barras con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$). Los valores son promedio de cinco evaluaciones en el tiempo, entre la cosecha y los seis días después.

Respecto a los valores de color, lo más importante es que la luminosidad no se pierda, a mayor intensidad los valores de °Hue y croma indican saturación y tono del color provocando oscurecimiento por lo que afecta la calidad de la fruta. Lo más recomendable de acuerdo a las normas de calidad de exportación en fresa (USDA, 2006) es manejar colores de rosa a rojo en los frutos. No se han especificado estándares de color con base en el grado de saturación o brillo requerido para establecer las diferentes calidades de fresa para consumo en fresco.

En pérdida de peso, nuevamente la interacción se debe a que Festival pierde significativamente más peso en los frutos cosechados en plena madurez (Figura 6), en tanto que en las tres variedades mexicanas, la pérdida de peso es significativamente igual en ambos grados de madurez, aunque con la tendencia a menor grado en los frutos maduros. Es sabido que frutos no climatéricos tienden a pasar del estado de madurez comercial a senescencia. En las frutillas el 93% es agua, lo cual provoca mayores tasas de pérdidas de peso, a la vez también se ve influenciado por el cultivar y las condiciones ambientales durante su manejo postcosecha (Figura 6).

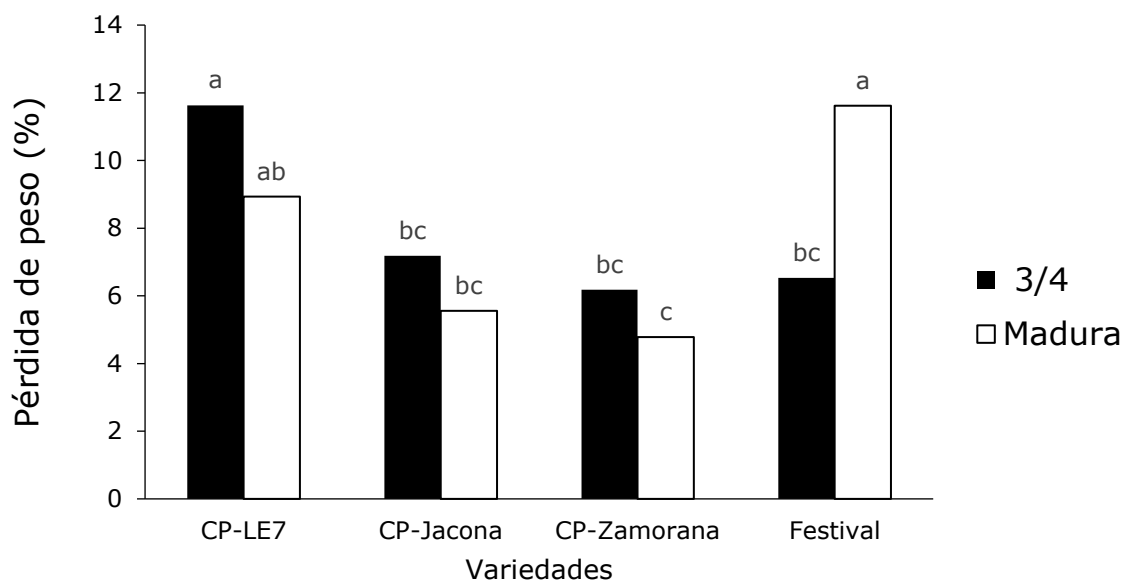


Figura 6. Efecto de interacción entre variedad y el grado de madurez en pérdida de peso promedio en frutos de fresa.

Barras con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$). Los valores son promedio de cinco evaluaciones en el tiempo, entre la cosecha y los seis días después.

Dentro de los valores obtenidos, nos arroja que las variedades nacionales tienen gran potencial en aspectos de postcosecha, principalmente CP-Zamorana y CP-Jacona, al mostrar que tienen menos pérdida de peso, por lo tanto proporciona una mayor calidad en cuanto a consistencia y apariencia que pueden ser parte fundamental en la distribución de dichas variedades dentro del país, beneficiando la cadena productiva

y obteniendo mejores ingresos en la venta de dicha fruta, además se evitaría el uso de variedades extranjeras y mínimo abastecer la demanda nacional, con las mismas características de calidad nutrimental y exigencias por normatividad.

La firmeza fue menor en frutos cosechados en plena madurez comparada con la de los frutos cosechados en $\frac{3}{4}$ de madurez (Figura 7), en todas las variedades evaluadas. Sin embargo, el cambio relativo en la firmeza es diferente en cada cultivar, y va desde 14 hasta 30%. En este sentido, Festival resulta ser la variedad más susceptible a la pérdida de firmeza cuando es cosechada en completa madurez.

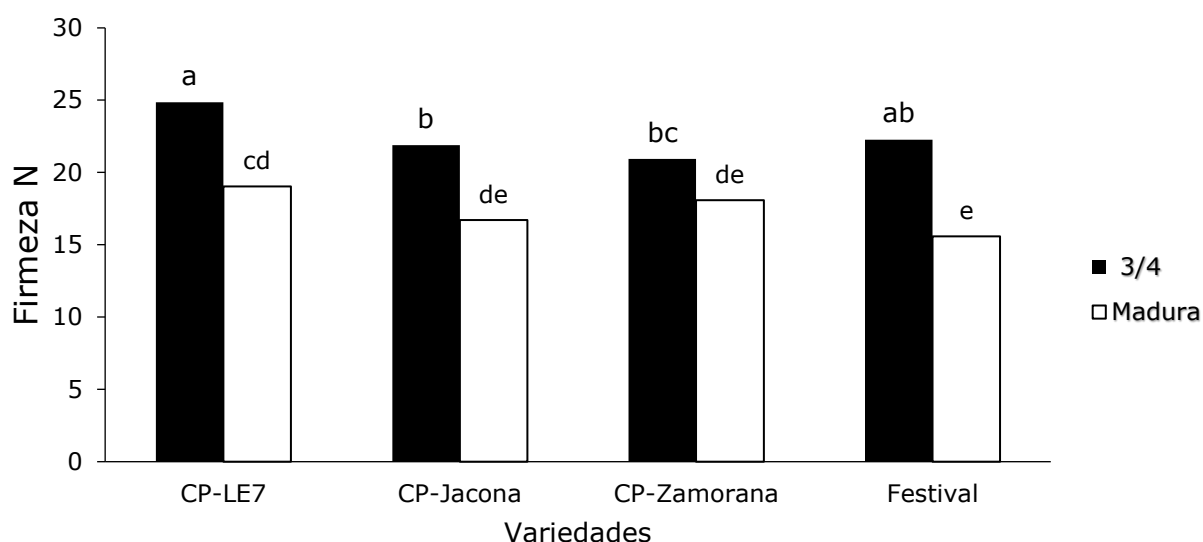


Figura 7. Efecto de interacción entre variedad y el grado de madurez en firmeza promedio en frutos de fresa.

Barras con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$). Los valores promedio de cinco evaluaciones en el tiempo, entre la cosecha a los seis días después.

Cabe mencionar que los frutos de fresa tienden a mostrar mayor pigmentación cuando están en su punto óptimo de madurez comercial. Sin embargo, para exportación no se pueden manejar colores muy rojos debido a que son indicadores de senescencia de los frutos, y además, al disminuir firmeza, los frutos presentan mayor riesgo de tallado y de susceptibilidad a patógenos. Conforme un fruto no climatérico entra en senescencia, se activan procesos de degradación, principalmente de pectinas (Krivorot & Dris, 2002).

En la interacción de variedad por tiempo de almacenamiento se encontró efecto significativo en el color (luminosidad, °Hue y Croma) (Cuadro 11). En cuanto a la

Cuadro 11. Efecto de la interacción variedad por tiempo de frigoconservación sobre los parámetros de color en frutos de fresa evaluados en el mes de febrero 2015 de plantaciones de Tangancicuaro, Mich. En el ciclo de producción 2014-2015.

Parámetro	Tiempo ^z	CP-LE-7	Festival	CP-Jacona	CP-Zamorana
L	T0+2	26.5 c ^y	26.5 c	27 c	26.7 c
	T0+4	26.9 c	28.8 abc	25.5 c	27.1 c
	T4+0	27.1 bc	28.5 abc	30.8 ab	27.7 abc
	T4+2	26.9 c	30.9 a	31.1 a	28.2 abc
	T0 ^x	24.6	26.1	33.3	24.4
Hue	T0+2	37.6 ab	33.5 bcd	30.7 cde	33.5 bcd
	T0+4	41.1 a	37.1 abc	26.4 e	37.5 ab
	T4+0	28.8 de	26.7 e	29.9 de	27.4 de
	T4+2	23.6 e	28.7 de	26.5 e	24.5 e
	T0	33.4 na
Croma	T0+2	20.7 c	23.5 bc	22.6 bc	22 bc
	T0+4	22.1 bc	24.3 bc	23.5 bc	21.2 bc
	T4+0	20.5 bc	24.7 bc	27 b	22.9 bc
	T4+2	23.8 bc	33.1 a	26.6 bc	23.5 bc
	T0

^z Momentos de evaluación: T0: evaluación inicial al momento de cosecha; T0+2= dos días ambiente (sin refrigeración); T0+4=cuatro días a temperatura ambiente (sin refrigeración); T4+0=cuatro días en refrigeración a 1°C, a la salida; T4+2=cuatro días en refrigeración a 1°C más dos días a temperatura ambiente. ^y Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, p≤0.05). ^x El testigo inicial no fue incluido en el análisis de varianza y en la separación de medias.

luminosidad, en CP-LE-7 y CP-Zamorana no hubo cambios en dicho parámetro, desde los 2 días después de la cosecha, en tanto que en CP-Jacona y Festival la luminosidad fue mayor después de 4 días en frigoconservación. Los valores más altos de luminosidad se encontraron a los cuatro días de en frío y dos a temperatura ambiente. En relación a Hue, en todas las variedades, excepto en CP-Jacona, hubo diferencias significativas entre periodos de almacenamiento postcosecha. En forma general, conforme pasó el tiempo de almacenamiento, con o sin refrigeración, los valores de Hue disminuyeron. En cuanto a Croma, únicamente Festival presenta un valor más alto en el tratamiento T4+2, correspondiente a 4 d en frigoconservación y 2 d a temperatura ambiente, incluso es posible que dicho valor sea atípico.

4.5.2. Segundo Muestreo

En la segunda cosecha se encontró que la firmeza se vio significativamente más afectada en la variedad Festival que en las otras variedades al cosecharse como fruta completamente madura (Figura 8), con una reducción del 48%, comparado con 31% en CPLE7 y 21% en CP-Jacona.

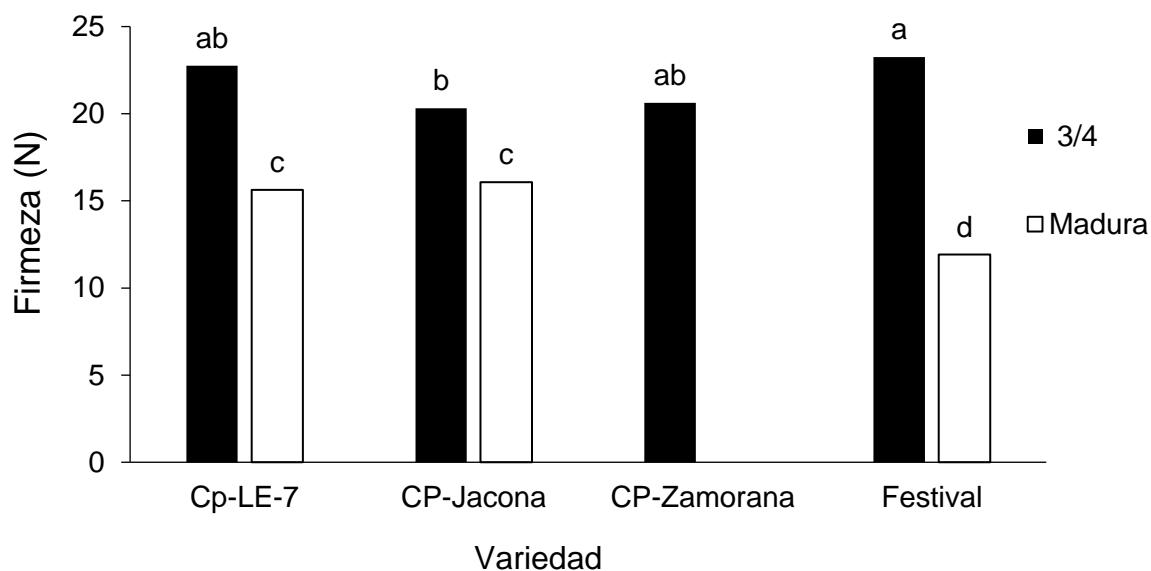


Figura 8. Efecto de la interacción entre variedad y grado de madurez en la firmeza (N) de infrutescencias de fresa.

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, P=0.05). No se midió esta variable en fruta cosechada en madurez de la variedad CP-Zamorana.

En relación a acidez cítrica, no hubo diferencias estadísticas entre fruta madura y fruta cosechada en $\frac{3}{4}$ de madurez en los cultivares estudiados, excepto en CP-Zamorana, donde no se estudió fruta madura. Aun así, en CP-Jacona, la reducción promedio en acidez titulable en la fruta madura fue mayor que en el resto de las variedades (Figura 9). El mayor valor de acidez titulable fue en CP-Jacona con fruta cosechada a $\frac{3}{4}$ de madurez.

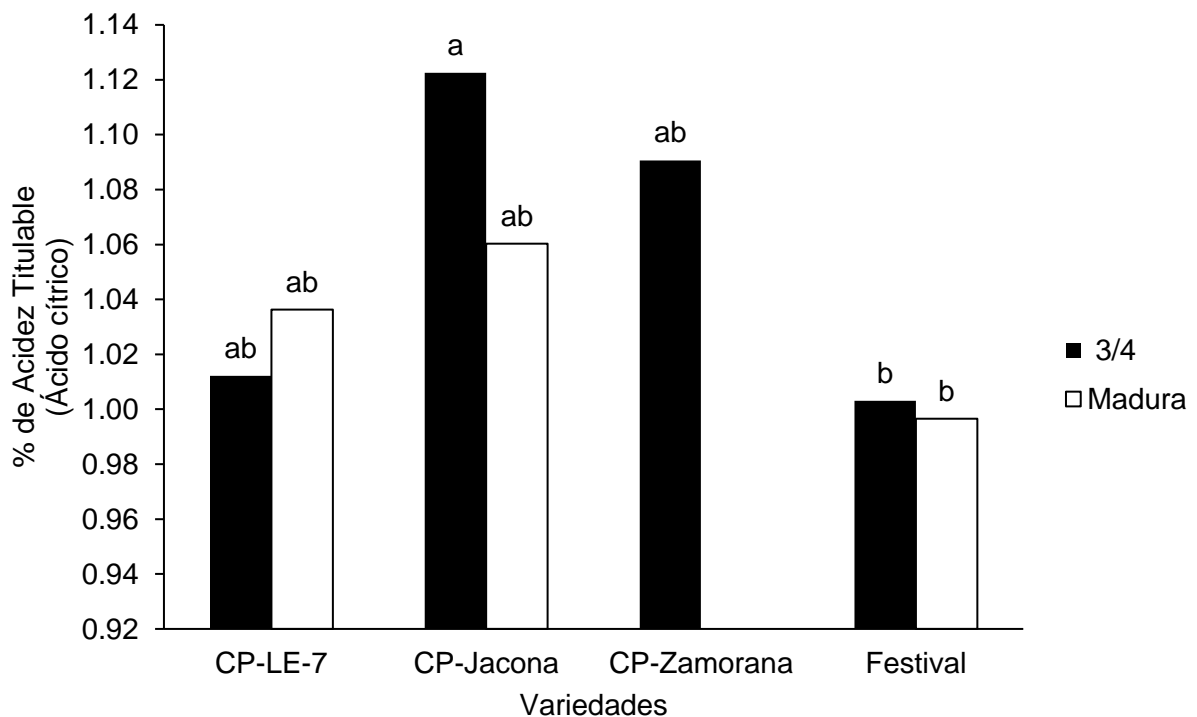


Figura 9. Efecto de la interacción entre variedad y grado de madurez en la acidez titulable (% ácido cítrico) en infrutescencias de fresa.

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, P=0.05). No se midió esta variable en fruta cosechada en madurez de la variedad CP-Zamorana.

En el contenido de antocianinas, tampoco hubo diferencias entre frutos maduros y frutos con $\frac{3}{4}$ de madurez en las tres variedades comparadas (CP-Zamorana no fue posible evaluar fruta madura), aunque con tendencias opuestas entre CP-LE-7 y Festival. Los menores valores se encontraron en fruta con $\frac{3}{4}$ de madurez en CP-LE-7 y CP-Zamorana y el mayor valor corresponde a fruta cosechada a $\frac{3}{4}$ de madurez en la variedad Festival. (Figura 10).

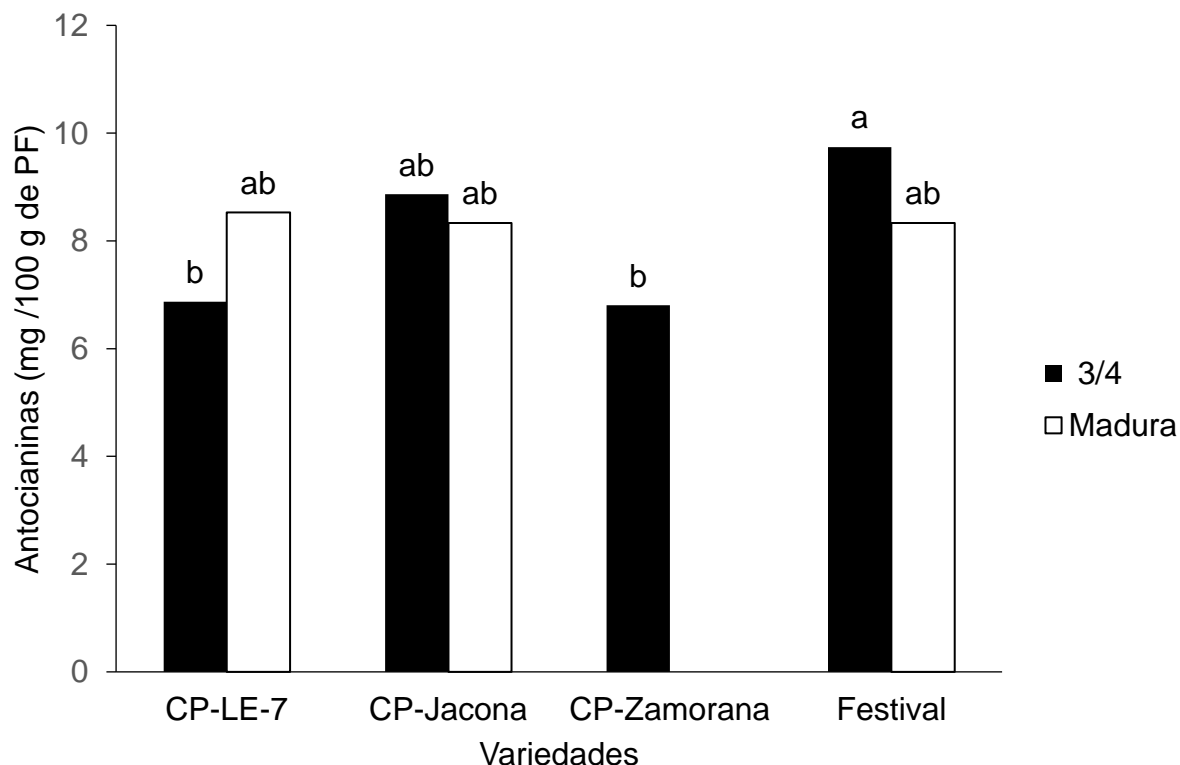


Figura 10. Efecto de la interacción entre variedad y grado de madurez en el contenido de antocianinas totales (mg/100 g PF) en infrutescencias de fresa.

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P=0.05$). No se midió esta variable en fruta cosechada en madurez de la variedad CP-Zamorana.

El efecto de la interacción variedad por tiempo de conservación fue significativo para pérdida de peso, firmeza, sólidos solubles totales, y pH. En relación a pérdida de peso, las mayores pérdidas se dieron cuando la fruta se refrigeró y luego se movió a temperatura ambiente. El tratamiento T8+2 (8 días en refrigeración más dos días a

temperatura ambiente) perdió mayor peso. El cultivar CP-Zamorana tuvo valores máximos de 13.3% y el resto de las variedades tuvieron comportamientos similares. El tratamiento que le sigue en mayores pérdidas de peso fue T4+4 (4 días en refrigeración, más 4 días a temperatura ambiente) (Figura 11).

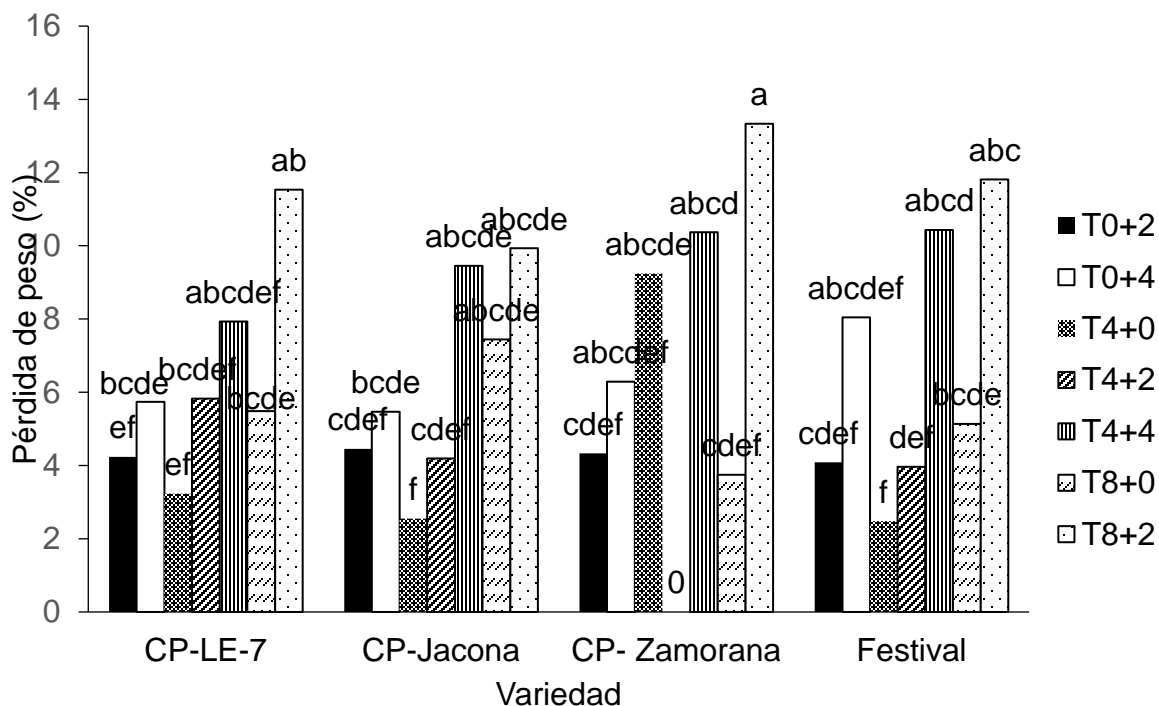


Figura 11. Efecto de la interacción entre variedad y tiempo de almacenamiento en la pérdida de peso en infrutescencias de fresa.

Momentos de evaluación: T0, T4 y T8: Tiempo (0, 4, y 8 d) en frigoconservación a 1°C inmediatamente después de haber eliminado el calor de campo; +0, +2, +4: días a temperatura ambiente después del tratamiento de frigoconservación. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, P=0.05). No se midió esta variable en fruta cosechada en madurez de la variedad CP-Zamorana.

En relación a firmeza, el tratamiento inicial muestra los valores más altos, debido a que el fruto es recién cosechado. En CP-Jacona T0+2 y T4+0, mantienen la misma firmeza que el testigo inicial. En CP-Jacona la pérdida de firmeza fue apenas marginal, y el mínimo fue de 16.2 N, en T4+2. En CP-Zamorana, la firmeza se conservó durante

los primeros cuatro días, tanto a temperatura ambiente como en frigoconservación. Festival, el testigo comercial, tuvo la firmeza más alta en T0, pero a los dos días a temperatura ambiente, o a los cuatro días en friconservación ya tenía valores de firmeza similares al resto de las variedades. Sin duda alguna los frutos siguen mostrando excelente firmeza, esto en cuestiones de calidad y de conservación vida anaquel (Cuadro 12).

Cuadro 12. Efecto de la interacción entre variedad y tiempo de conservación en la firmeza de infrutescencias de fresa evaluados en el mes de febrero 2015 de plantaciones de Tangancícuaro, Mich. En el ciclo de producción 2014-2015.

Tiempo ^z	CP-LE-7	Festival	CP-Jacona	CP-Zamorana
T0	23.5 ab	25.5 a	18.6 bcdef	23.2 ab
T0+2	19.5 abcde	16.9 bcdef	17.1 bcdef	20.4 abc
T0+4	18.3 bcdef	17.1 bcdef	18.9 abcde	18.7 abcdef
T4+0	22.8 abc	19.7 abcd	21.1 abc	20.8 abc
T4+2	12.8 def	17.0 bcdef	16.2 cdef	NE ^y
T4+4	21.0 abc	12.1 f	17.1 bcdef	12.4 ef
T8+0	18.0 bcdef	17.0 bcdef	17.4 bcdef	17.4 bcdef
T8+2	17.6 bcdef	15.4 bcdef	19.1 abcde	16.3 bcdef

^z Momentos de evaluación: T0, T4 y T8: Tiempo (0, 4, y 8 d) en frigoconservación a 1°C inmediatamente después de haber eliminado el calor de campo; +0, +2, +4: días a temperatura ambiente después del tratamiento de frigoconservación. ^y No evaluado, la fruta de esta evaluación se dañó. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, P=0.05).

En sólidos solubles totales, los tratamientos almacenados por más tiempo presentan concentración de azúcares, principalmente la variedad CP-Jacona en combinación de 8 días de almacenamiento en refrigeración a 1°C, mejoró el dulzor mostrando valores de 8.4°Bx, similar a los valores de T0 y T0+2 (a la cosecha, y dos días después a temperatura ambiente) (Figura 12). En la variedad CP-Zamorana, el los sólidos solubles totales aumentaron de 6.6°Bx en la cosecha a 8.2 en T4+4. Las variedades

evaluadas en los diferentes tratamientos tuvieron comportamientos similares (Cuadro 13).

En el pH, el valor inicial de pH varió de 3.91 a 4.01, y el máximo pH se obtuvo entre 4 días después de la cosecha a temperatura ambiente (T0+4) o refrigeración (T4+0). Aunque hubo diferencias entre variedades, estas mostraron comportamientos similares (Figura 13).

Cuadro 13. Efecto de la interacción entre variedad y tiempo de conservación en el contenido de sólidos solubles totales en las infrutescencias de fresa evaluados en el mes de febrero 2015 de plantaciones de Tangancícuaro, Mich. En el ciclo de producción 2014-2015.

Tiempo ^z	CP-LE-7	Festival	CP-Jacona	CP-Zamorana
T0	7.4 abcd	6.9 bcde	7.9 abc	6.6 de
T0+2	6.9 cde	7.4 abcd	8.1 ab	7.0 bcde
T0+4	6.5 e	7.7 abcd	7.4 abcd	7.1 bcde
T4+0	7.0 bcde	7.8 abcd	7.5 abcd	7.1 bcde
T4+2	7.5 abcd	7.0 bcde	7.7 abcd	NE ^y ...
T4+4	7.3 abcd	7.3 abcd	7.6 abcd	8.2 abc
T8+0	7.4 abcd	7.8 abcd	8.4 a	7.5 abcd
T8+2	7.2 abcd	7.3 abcd	7.3 abcd	7.2 abcd

^z Momentos de evaluación: T0, T4 y T8: Tiempo (0, 4, y 8 d) en frigoconservación a 1°C inmediatamente después de haber eliminado el calor de campo; +0, +2, +4: días a temperatura ambiente después del tratamiento de frigoconservación. ^y No evaluado, la fruta de esta evaluación se dañó. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, P=0.05).

En relación a las antocianinas, el contenido fue menor que en la cosecha 1. Este varió significativamente dentro de cada variedad, en los diferentes tiempos de almacenamiento. En general, el mayor contenido se encontró en los días inmediatos a la cosecha y el menor contenido se encontró a los ocho días de almacenamiento. En Festival, el contenido de antocianinas fue en T4+4 y el máximo en T8+0 y T4+2, lo cual resultó atípico. En el cultivar CP-LE-7, la mayoría de los tratamientos tuvieron

contenidos superiores a 5 mg/100 g de peso fresco, excepto el de ocho días en refrigeración 1°C, con 3.6 mg/100 g de PF (Figura 13).

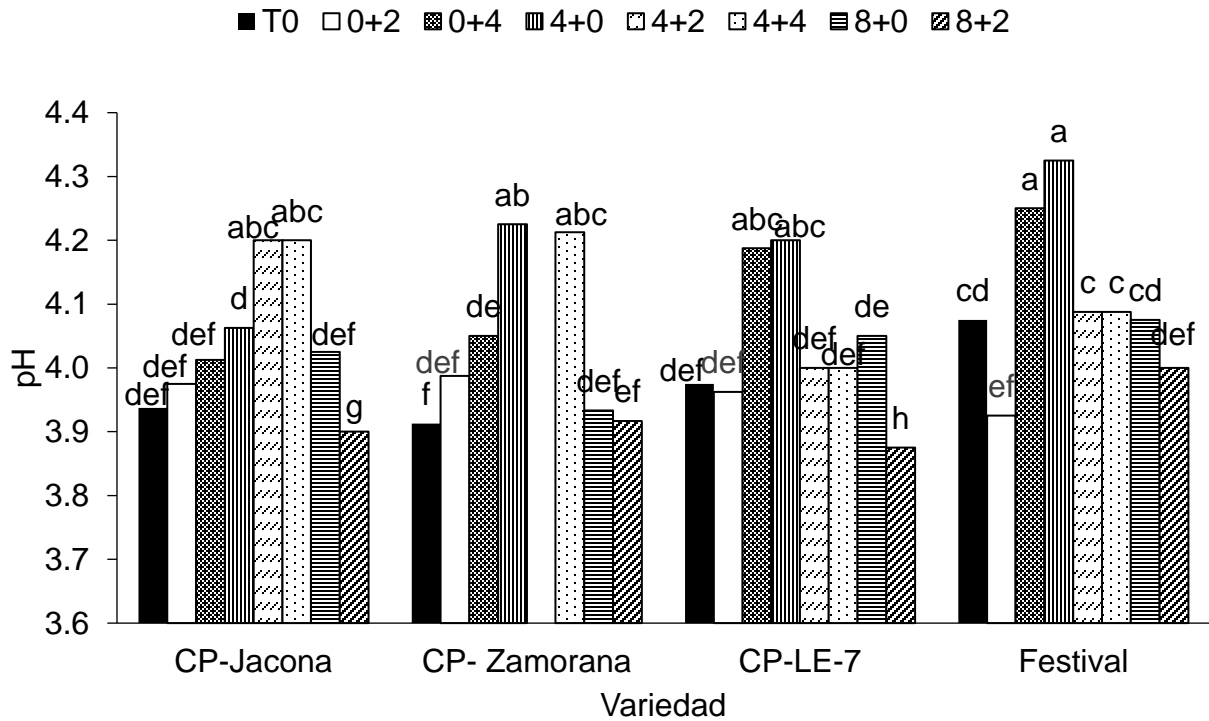


Figura 12. Efecto de la interacción entre variedad y tiempo de almacenamiento en el pH en infrutescencias de fresa.

Momentos de evaluación: T0, T4 y T8: Tiempo (0, 4, y 8 d) en frigoconservación a 1°C inmediatamente después de haber eliminado el calor de campo; +0, +2, +4: días a temperatura ambiente después del tratamiento de frigoconservación. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, P=0.05). No se midió esta variable en fruta cosechada en madurez de la variedad CP-Zamorana.

El efecto de la interacción grado de madurez y tiempos de frigoconservación sobre en la pérdida de peso de infrutescencias, la pérdida de peso (PP) a los 4 y 8 d en frigoconservación fue igual a la PP de a los dos días en fruta madura (~4%); sin embargo, a temperatura ambiente después de la frigoconservación, la PP se acelera rápidamente e igual a la PP de la fruta con $\frac{3}{4}$ de madurez. En la fruta con $\frac{3}{4}$ de madurez, la PP presenta una tendencia más lineal durante su almacenamiento a

temperatura ambiente, ya sea después de la cosecha o una vez que la fruta fue sacada de la frigoconservación. La mayor pérdida de peso fue de 12.64% en T8+2 y fruta madura y siguieron los tratamientos T4+4 y fruta madura y fruta en $\frac{3}{4}$ de madurez, con

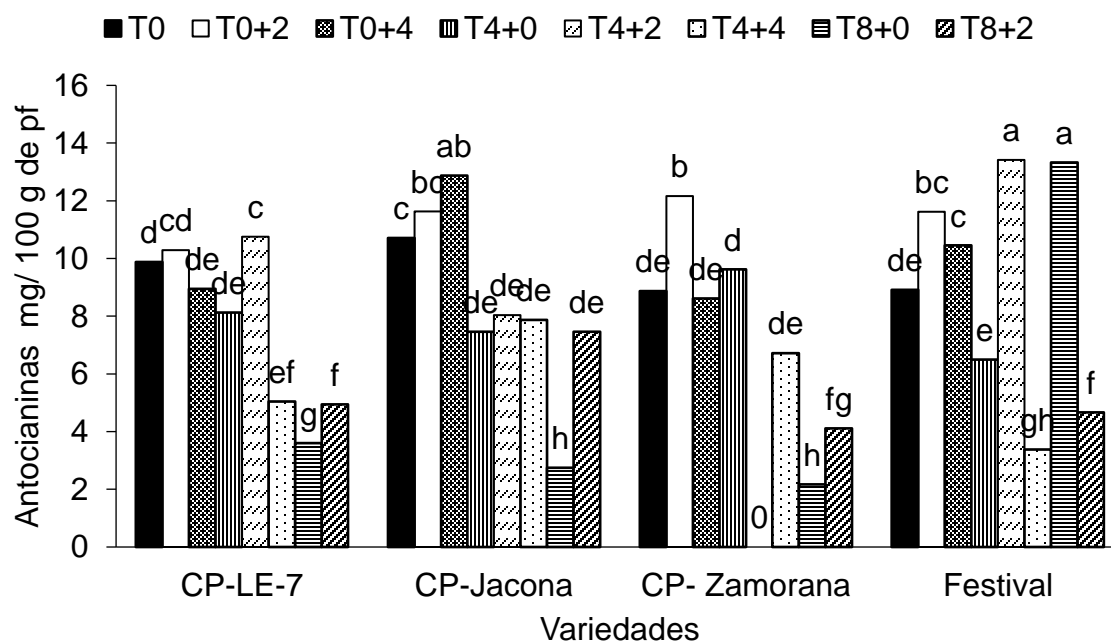


Figura 13. Efecto de la interacción entre variedad y tiempo de almacenamiento en el contenido de antocianinas totales en infrutescencias de fresa.

Momentos de evaluación: T0, T4 y T8: Tiempo (0, 4, y 8 d) en frigoconservación a 1°C inmediatamente después de haber eliminado el calor de campo; +0, +2, +4: días a temperatura ambiente después del tratamiento de frigoconservación. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, P=0.05). No se midió esta variable en fruta cosechada en madurez de la variedad CP-Zamorana.

8.5 y 10.5, respectivamente. En cuanto al tratamiento con menor pérdida de peso fue T4+0 (4 d en refrigeración) y el fruto maduro con 3.37%, el cual es igual estadísticamente a las combinaciones de ambos grados de madurez en T0+2 y T4+0 y en fruta madura con T8+0 (Figura 14).

En relación a la firmeza (N), las infrutescencias cosechadas con grado de madurez de $\frac{3}{4}$ presentaron valores de firmeza más altos, principalmente el fruto recién cosechado

y a los 4 d en refrigeración, excepto en T8+2, que presentaron la misma firmeza en fruta madura y $\frac{3}{4}$ de madurez. Los frutos evaluados en estado maduro tuvieron valores inferiores, lo que hace que los frutos pudieran tener algunos defectos de calidad (Figura 15).

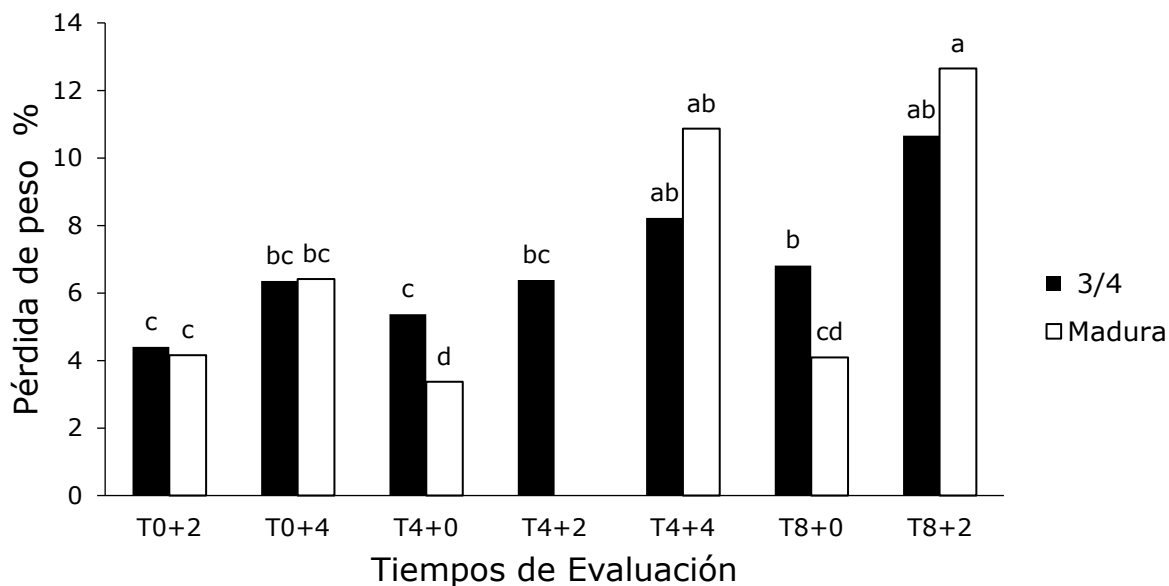


Figura 14 . Efecto de la interacción tiempo de almacenamiento y grado de madurez del fruto al momento de cosecha en la pérdida de peso de infrutescencias de fresa.

Momentos de evaluación: T0, T4 y T8: Tiempo (0, 4, y 8 d) en frigoconservación a 1°C inmediatamente después de haber eliminado el calor de campo; +0, +2, +4: días a temperatura ambiente después del tratamiento de frigoconservación. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, P=0.05). No se midió esta variable en fruta cosechada en madurez de la variedad CP-Zamorana.

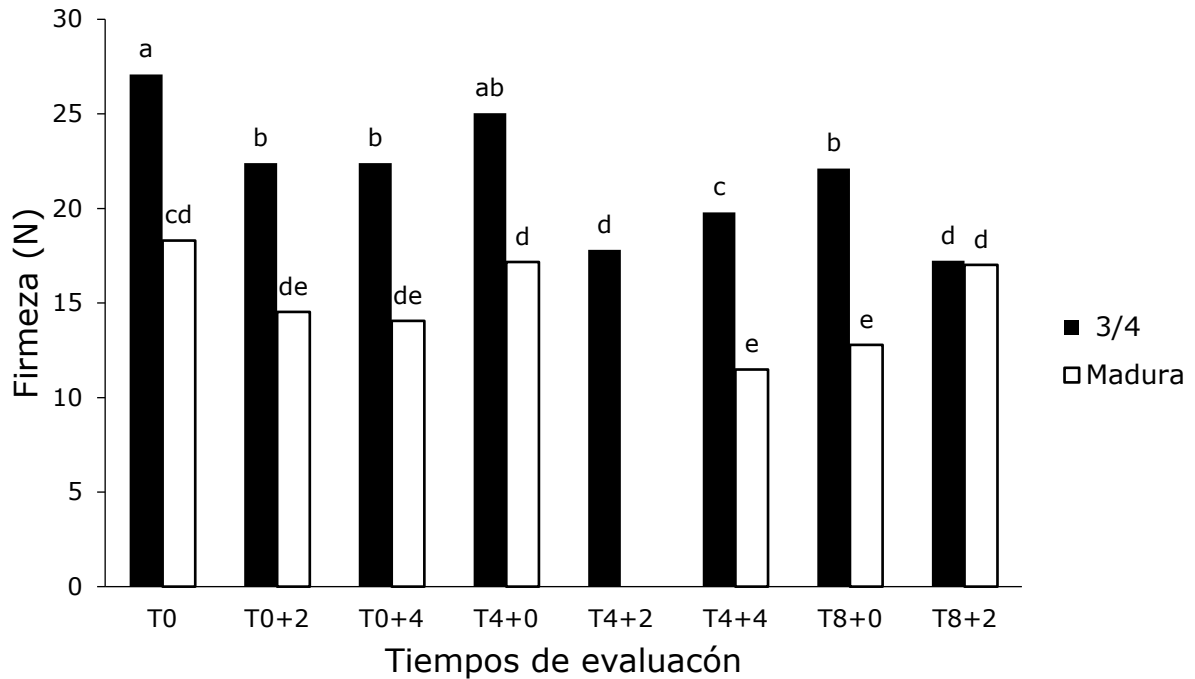


Figura 15. Efecto de la interacción entre tiempo de almacenamiento y grado de madurez del fruto al momento de cosecha en la firmeza de infrutescencias de fresa.

Momentos de evaluación: T0, T4 y T8: Tiempo (0, 4, y 8 d) en frigoconservación a 1°C inmediatamente después de haber eliminado el calor de campo; +0, +2, +4: días a temperatura ambiente después del tratamiento de frigoconservación. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, P=0.05). No se midió esta variable en fruta cosechada en madurez de la variedad CP-Zamorana.

En el pH, donde los mayores valores corresponden a cuatro días en refrigeración (T4+0) y fruta madura con 4.25 y 4 d días en refrigeración más 4 d a temperatura ambiente y fruta ¾, con valores de hasta 4.21. El menor valor en pH fue en el tratamiento de 8 d en refrigeración más 2 d a temperatura ambiente con 3.88 (Figura 16).

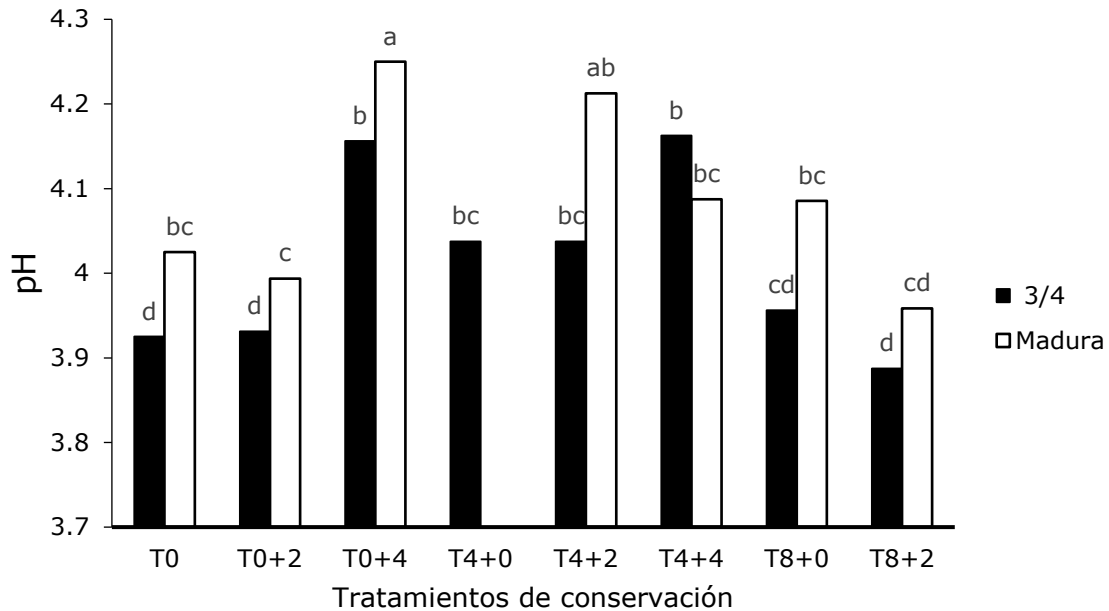


Figura 16. Efecto de la interacción entre tiempo de almacenamiento y grado de madurez del fruto al momento de cosecha en el pH de infrutescencias de fresa.

Momentos de evaluación: T0, T4 y T8: Tiempo (0, 4, y 8 d) en frigoconservación a 1°C inmediatamente después de haber eliminado el calor de campo; +0, +2, +4: días a temperatura ambiente después del tratamiento de frigoconservación. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, P=0.05). No se midió esta variable en fruta cosechada en madurez de la variedad CP-Zamorana.

Finalmente, en antocianinas, se encontraron en mayor contenido a los dos días en conservación al medio ambiente y en el tratamiento inicial con valores de 11.97 y, 11.56 g/100 g de fruta, respectivamente. Los menores valores fueron en T8+0 (8 d a 1°C) con 3.4 mg/100 g peso fresco. En cuanto a los frutos con ¾ de madurez a la cosecha, el tratamiento que obtuvo mayor contenido correspondió a 2 d a temperatura ambiente (T0+2) con 10.8 mg/100 g fruta fresca y el menor contenido al tratamiento de 8 d en refrigeración, más 2 d a temperatura ambiente, con 5.7 mg/100 g PF (Figura 17).

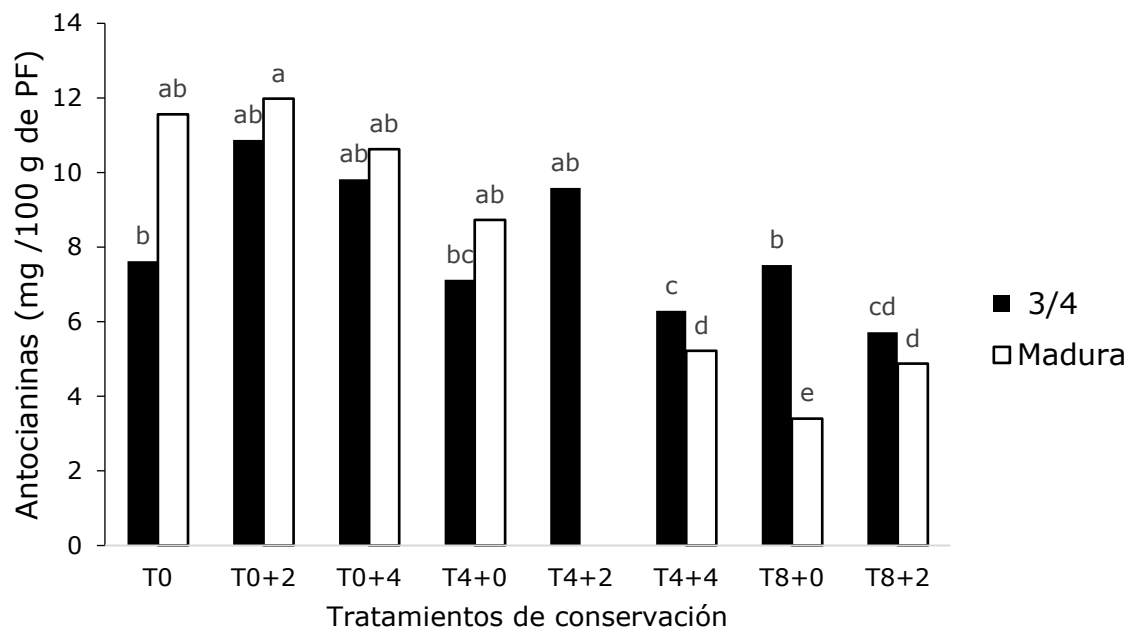


Figura 17. Efecto de la interacción entre tiempo de almacenamiento y grado de madurez del fruto al momento de cosecha en el contenido de antocianinas de infrutescencias de fresa.

Momentos de evaluación: T0, T4 y T8: Tiempo (0, 4, y 8 d) en frigoconservación a 1°C inmediatamente después de haber eliminado el calor de campo; +0, +2, +4: días a temperatura ambiente después del tratamiento de frigoconservación. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, P=0.05). No se midió esta variable en fruta cosechada en madurez de la variedad CP-Zamorana.

5. CONCLUSIONES

La fruta de fresa cosechada en $\frac{3}{4}$ de madurez difiere principalmente de la fruta cosechada en plena madurez por su mayor firmeza y por el color. El contenido de sólidos solubles totales puede o no ser ligeramente mayor en la fruta completamente madura.

Durante el almacenamiento postcosecha, los frutos cosechados con $\frac{3}{4}$ de madurez presentaron mejor calidad para comercialización que los frutos cosechados en plena madurez debido a una mayor firmeza, mayor luminosidad y pureza de color, aunque presentaron menor contenido de sólidos solubles totales.

En todos los parámetros de calidad de fruto evaluados, una o más variedades mexicanas igualan o superan a la variedad comercial Festival.

La calidad del fruto se deteriora rápidamente a temperatura ambiente debido a la pérdida de peso y de firmeza, incluso a los dos días a temperatura ambiente, ya sea directamente después de la cosecha o después de refrigeración.

La frigoconservación a 1°C mantiene la calidad durante cuatro días, pero la calidad de la fruta se deteriora más rápido cuando se transfiere a temperatura ambiente.

Las variedades que presentan mejor potencial en cuanto a calidad postcosecha son CP-LE7 y CP-Jacona.

6. LITERATURA CITADA

- Ahn, H.-J. y otros, 2005. Combined effects of irradiation and modified atmosphere packaging on minimally processed Chinese cabbage (*Brassica rapa* L.). *Food Chemistry*, 89(4), pp. 589-597.
- Almenar, E. y otros, 2006. Controlled atmosphere storage of wild strawberry fruit (*Fragaria Vesca* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Volumen 54, pp. 86-91.
- Angón Galván, P., Santos- Sánchez, N. F. & Hernández, C. G., 2006. *Índices para la determinación de las condiciones óptimas de maduración de un fruto*. [En línea] Available at: <http://www.utm.mx/temas/temas-docs/ensayo1t30.pdf> [Último acceso: 25 07 2016].
- AOAC, 1990. Association of Official Analytic Chemist.. *Officials Methods of Analysis*, Volumen 2, p. 1298.
- Arias Velázquez , C. J. & Toledo Hevia , J., 2007. *MANUAL DE MANEJO POSTCOSECHA DE FRUTAS TROPICALES*. Roma Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura (FAO).
- Ayala Zavala, J. F., Shioy Y, W. & Chien Y, W., 2004. Effect of storage temperatures on antioxidant capacity and aroma compounds in strawberry fruit. *Ltw- Food Science and Technology*, Volumen 37, pp. 687-695.
- Battie, M., Crozier, A. & Duthie, G., 2005. Potencial Health Benefits of Berries. *Current Nutrition and Food Science*, 1(175), pp. 71-86.
- Brackmann, A., Hunsche, M., Waclavosky, A. & Donazzolo, J., 2001. Armazenamento de morangos cv. Oso grande (*fragaria ananassa* L.) sob elevadas pressões parciais de CO₂.. *Revista Brasileira de Agrociência*, Volumen 7, pp. 10-14.
- Brimner, T. A. & Boland, G. J., 2003. A review of the nontarget effects of fungi used to biologically control plant diseases. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 100(1), pp. 3-16.
- Cai, Y. y otros, 2006. Structure- Radical Scavenging activity relationships of phenolic compounds from traditional Chinese medical plants. *Life Sci.*, Issue 78, pp. 2872-2888.
- Calderón Z., G. y otros, 2009. *CP Zamorana y CP Jacona, dos nuevas variedades de fresa para el subtrópico*. Barquisimeto, Venezuela, 55 Reunión Anual de la Sociedad Interamericana para la Horticultura Tropical, p. 9.
- Callón-Álvarez, J., 2002. *Los alimentos*. [En línea] Available at: <http://alimentos.org.es/fresa> [Último acceso: 28 01 2017].
- Cano T., M. A., 2013. Estrategias biológicas para el manejo de enfermedades en el cultivo de fresa (*Fragaria* spp.). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 7(2), pp. 263-276.

- Cantwell, . M., 2009. *Universidad de California*. [En línea] Available at: <http://ucce.ucdavis.edu/files/datastore/234-1338.pdf> [Último acceso: 22 09 2014].
- Chaves, N. & Wang, A., 2004. Combate del moho gris (*Botrytis cinerea*) de la fresa mediante *Gliocladium roseum*. *Agronomía Costarricense*, 2(28), pp. 73-85.
- Chiesa, A., 2003. Factors determining postharvest quality of leafy vegetables. *Acta Horticulturae*, 2(604), pp. 519-524.
- Childers, N., 2003. *The Strawberry: a book for growers*. Florida, U.S.A: Painter Printing Company, Inc..
- Chitarra, M. & Chitarra, 2005. Póscolheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio.. *Lavras*, p. 783.
- CONACYT, 2012. *Consejo Nacional de Ciencia Y Tecnología*. [En línea] Available at: <http://www.conacyt.mx/index.php/el-conacyt/convocatorias-y-resultados-conacyt/convocatorias-fondos-sectoriales-constituidos/convocatoria-sagarpa-conacyt/historicas-sagarpa/2012-06-sagarpa/4061--521/file> [Último acceso: 18 08 2013].
- CONAFRE, 2007. *Sistema Producto Fresa..* [En línea] Available at: http://conafresa.com/plan_rector.pdf [Último acceso: 22 05 2014].
- CONAFRE, 2008. Plan Nacional Rectorial Convergente. En: *Sistema Producto Fresa*. Zamora, Michoacan: SAGARPA- Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Michoacán, p. 41.
- CONAFRE, 2011. *Sistema Producto Fresa*. [En línea] Available at: http://conafresa.com/plan_rector.pdf [Último acceso: 23 05 2014].
- Conafresa, 2012. *Consejo Nacional de la Fresa*. [En línea] Available at: http://dev.pue.itesm.mx/sagarpa/nacionales/EXP_CNPS_FRESA/PLAN%20RECTOR%20QUE%20CONTIENE%20PROGRAMA%20DE%20TRABAJO%202012/PR_CNS_P_FRESA_2012.pdf [Último acceso: 18 07 2016].
- Crisosto, C. H. & Mitchell, J. P., 2007. Factores Precosecha que Afectan la Calidad de Frutos y Hortalizas. En: *Tecnología Postcosecha de Productos Hortofrutícolas*. California: Universidad de Davis, pp. 57-63.
- Dávalos González, P. . A. y otros, 2011. *Tecnología para Sembrar Viveros de Fresa*. 3 ed. Celaya GTO: Inifap.
- Djamila, R. y otros, 2005. Antioxidant capacity and phenolic of select strawberry genotypes. *Hortscience*, 6(40), pp. 1777-1781.
- Dubois, M. y otros, 1956. Colorimetric method for determination of sugar and related substances. *Analytical Chemistry*, 28(3), pp. 350-356.

- Echanove-Huacuja, F., 2001. Abastecimiento a la Ciudad de México: el caso de los pequeños productores de fresa de Guanajuato. *Investigaciones geográficas. Boletín del instituto de Geografía, UNAM*, Issue 45, pp. 128-148.
- Estrada-Nolasco, C., 2011. *Caracterización fisiológica y productiva de dos variedades mexicanas de fresa (Fragaria x ananassa) para el subtrópico*. Estado de México(Texcoco): Colegio de Posgraduados Campus Montecillo.
- FAO, 2000. *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación*. [En línea] Available at: <http://www.fao.org/wairdocs/x5403s/x5403s04.htm> [Último acceso: 07 Noviembre 2013].
- FAO, 2004. *FAO*. [En línea] Available at: <http://www.fao.org/docrep/x5055s/x5055S03.htm> [Último acceso: 16 01 2017].
- FAO-FAOSTAT, 2013. *Organización para la Alimentación y la Agricultura*. [En línea] Available at: <http://faostat.fao.org/site/342/default.aspx> [Último acceso: 2013 Noviembre 04].
- FAOSTAT, 2017. *Organización de las Naciones unidas para la Alimetación y la Agricultura*. [En línea] Available at: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/TP> [Último acceso: 17 01 2017].
- Ferguson, B., Volz R, K. & Harker F, R., 1995. Regulation of postharvest fruit physiology by calcium. *Acta Horticulturae*, Volumen 398, pp. 23-30.
- Fonseca, S., Oliveira, F. & Brecht, J., 2002. Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages: a review. *Journal of Food Engineering*, Issue 53, pp. 99-119.
- Forney , C. F. & Kalt, W., 2000. The composition of strawberry aroma is influenced by cultivar, maturity, and storage.. *Hortscience* , 35(6), pp. 1022-1026.
- Fraire-Cordero, M. d. L., Yañez-Morales, M. d. J., Nieto-Angel, D. & Vázquez-Gálvez, G., 2003. Hongos patógenos en frutos de fresa(Fragaria x ananassa Duch.) en postcosecha. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 21(3), pp. 285-291.
- Freeman, S. & Katan, T., 1997. Identification of colletotrichum species responsable for anthracnose and root necrosis of strawberry in Israel. *Phitopathol*, Issue 87, pp. 516-521.
- Garzón, G. A., 2008. Las antocianinas como componentes naturales y comuestos bioactivos:revisión. *Acta Biológica Colombia*, 13(3), pp. 27 - 36.
- Gómez Zeledon, J. & Jimenez, 2011. Produccion in vitro de antocianinas. *REvista Acta Biológica Colombiana*, Volumen 16, pp. 3-20.
- Haffner, K., 2002. Postharvest quality and processing off trawbwrry. *Acta Horticulturae*, Issue 567, pp. 715-721.

- Haffner, K. & Vestrheim, S., 1998. Fruit quality of strawberry cultivars. *Acta Horticulturae*, 439(1), pp. 325-332.
- Hakala, M. y otros, 2002. Quality factors of Finnish strawberry. *Acta Horticulturae*, Volumen 567, pp. 727-730.
- Hakala, M., Tahvonen, R., Huopalahti, R. & Lapveteläinen, A., 2002. Quality Factors of Finnish Strawberries. *Acta Horticulturae*, Issue 567, pp. 727-730.
- Hannum, S. M. & RD, M. S., 2004. Potential impact of strawberry on human health: a review of the science.. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, Volumen 44, pp. 1-17.
- Hernández Castro, E., 2007. *Fisiología de la fresa en alta densidad y bajo cubierta plástica*. Montecillo México: Colegio de Posgraduados.
- Himelrick, D. & Galleta, G., 1990. Factors that influence small fruit production. *Small Fruit Crop Management*, pp. 14-82.
- ICAMEX, 2006. *Guía para el cultivo de Fresa*, México: Instituto de Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal del Estado de México.
- Kader, A. A., 1992. Postharvest technology of horticultural crops.
- Kader, A. A., 1998. *Postharvest technology of horticultural crops*. Second Edition. ed. California: University of California, Division of Agriculture and Natural Resources.
- Kader, A. A. & Pelayo-Zaldivar, C., 2007. *Tecnología postcosecha de cultivos hortofrutícolas*. Davis California: Universidad de Davis California.
- Kadir, S. G., Shindu & Al-Kathib, K., 2006. Strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.) growth and productivity as affected by temperature. *HortScience*, Volumen 567, pp. 1423-1430.
- Kafkas, E., Kosar, M., Paydas, S. & Baser, K. H. C., 2007. Quality characteristics of strawberry genotypes at different maturation stages. *Food chemistry*, Volumen 100, pp. 1229-1236.
- Kamperidou, I. & Vasilakakis, M., 2005. Effect of propagation material on some quality attributes of strawberry fruit (*Fragaria x ananassa*, var. Selva).. *Scientia Horticulturae*, Issue 107, pp. 137-142.
- Ke, D., El-Sheikh, T., Mateos, M. & Kader, A. A., 1993. Anaerobic metabolism of strawberries under elevated CO₂ and reduced O₂ atmospheres. *Acta Horticulturae*, Issue 343, pp. 93-99.
- Krivorot, A. & Dris, R., 2002. Shelf Life and Quality Changes of Strawberry Cultivars. *Acta Horticulturae*, Issue 567, pp. 755- 758.
- Krivorot, A. & Dris, R., 2002. Shelf life changes of strawberry cultivars. *Acta Horticulturae*, Volumen 567, pp. 755-758.
- Krivorot, A. M. & Dris, R., 2002. Shelf life and quality changes of strawberry cultivars. *Acta Horticulturae*, pp. 755-758.

- Lara Choncoa, M., 2009. *Niveles de radiación, fotosíntesis, crecimiento y productividad en fresa cultivada bajo condiciones de macrotúneles plásticos*. Texcoco, Estado de México: Colegio de Postgraduados.
- Larson, K., 2000. *Comportamiento y Manejo de la Fresa: Desarrollo de Programas para la Máxima Calidad de Rendimiento en México.*, Zamora: Memoria del Simposio Internacional de la Fresa.
- Litwack, G., 1967. *Bioquímica Experimental*. Barcelona España: Ediciones Omega S.A..
- López-Espinoza, D. E. & Malan-Chimbolema, A. F., 2015. *Plan de negocios para la creación de una empresa agroindustrial productora de pulpa de fresa en la ciudad de Guayaquil*. Guayaquil, Ecuador: UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL.
- Mancinelli, L. A. y otros, 1975. Photocontrol of Anthocyanin Synthesis, III. The Action of Streptomycin on the Synthesis of Chlorophyll and Anthocyanin. *Plant Physiology*, Volumen 55, pp. 251-257.
- Maroto-Borrego, J. V. & López-Galarza, S., 1988. *Producción de Fresa y Fresones*. Castello 37 ed. Madrid(Valencia): Mundi- Prensa.
- Martínez-Soto, G., Mercado Flores, J. & López Oroz, M., 2009. Propiedades Físicoquímicas de Seis Variedades de Fresa (*Fragaria ananassa*) que se Cultivan en Guanajuato. *Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Guanajuato.*, pp. 1-8.
- Matamoros, G., 1986. *La fresa, prácticas de cultivo*. Estacion Experimental Fabio Bandrit, Costa Rica: Escuela de Fitotecnia Vicerrectoria de Acción Social.
- Mitcham, B., 1996. Quality assurance for strawberry: a case study. *Perishables handling newsletter*, Issue 85, pp. 6-9.
- Mitcham, E. J., Crisoto, C. H. & Kader, A. A., 2013. *Recomendaciones para Mantener la Calidad Postcosecha*. [En línea] Available at: http://postharvest.ucdavis.edu/frutasymelones/Fresa_Frutilla/ [Último acceso: 07 Noviembre 2014].
- Moing, A. y otros, 2001. Biochemical Changes during Fruit Development of Four Strawberry Cultivars. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 126(4), pp. 394-903.
- Montero, M. T., Mollá, M. E., Esteban, R. M. & López Andréu, F. J., 1996. Quality attributes of strawberry during ripening. *Scientia Horticulturae*, 65(4), pp. 239-250.
- Montero, T. M., Mollá, E. M., Esteban, R. M. & López- Andréu, F. J., 1996. Quality attributes of strawberry during ripening. *Scientia Horticulturae*, pp. 239-250.
- Montreuil, J., Vliegenthart & Schachter, H., 1997. Carbohydrate units of nervous tissue glycoproteins. *Elsevier Science B.V.*

- Nestby, R. F. L. D. P. C. L. a. M. T., 2005. Influence of mineral on strawberry fruit quality and their accumulation in plant organs.. *A reviw Acta Hort*, Issue 649, pp. 201-206.
- Nguyen & Carlin, 1994. The microbiology of minimally processed fresh fruit and vegetables.. *CRC Critical Reviuws in Food*, 34(4), pp. 371- 401.
- Nunes, M. N. & Morais, A. M., 2002. Fruit maturity and storage temperature influence response of strawberries to controlled atmospheres. *Jornal American HortSience*, 5(127), pp. 836-842.
- Nuñez, V. y otros, 2006. Non-galloylated and gallolated proanthocyanidin oligomers in grape seeds from *Vitis vinifera* L. cv. graciano, tempranillo and cabernet sauvignon.. *Journal of the Science Food and Agriculture*, 86(6), pp. 915-921.
- Oancea , S. & Oprean, L., 2011. Anthocyanins, from biosynthesis in plants to human health benefits. *Food Techbology*, Volumen 1, pp. 3-16.
- Olsson, M. y otros, 2004. Inhibition of cancer cell proliferation in vitro by fruit and berry extracts and correlations with antioxidant levels. *J Agric Food Chem*, 52(24), pp. 7264-7271.
- Özcan Musa, M. & Haciseferogulları, H., 2007. The Strawberry (*Arbutus unedo* L.) fruits: Chemical composition, physical properties and mineral contents. *Journal of Food Engineering*, Volumen 78, pp. 1022-1028.
- Pérez Saldaña, I. & Angel Fernández, J., 2009. *La Fresa de Huelva*. Huelva: Junta de Andalucía.
- Perkins-Veazie, P. M., Huber, D. J. & Brecht, J. K., 1995. Characterization of ethylene production in developing strawberry fruit. *Plant Growth Regul*, Volumen 17, pp. 33-39.
- Pinto, M.-d. S., Maria-Lajolo, F. & Genovese, M. I., 2008. Bioactive compounds and quantification of total ellagic acid in strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch.).. *Food Chemistry*, Volumen 107, pp. 1629-1635.
- Plascencia-Tenorio, R. I. y otros, 2012. Antagonismo in vitro aislados de aislados bacterianos de fresa comercial y silvestre VS. *Botrytis cinerea* Y *Rhizopus stolonifer*. *Ra Ximhai*, 8(3), pp. 103-110.
- Restrepo, A. M., Cortés, M. & Rojano, B., 2009. Determinación de la vida útil de fresa (*fragaria ananassa* Duch.) fortificada con vitamina E. *Universidad Nacional de Colombia de Medellín*, Issue 159, pp. 163-175.
- Rivera C, J., 2008. *Deterioro poscosecha de las frutas y hortalizas por hongos y bacterias*. [En línea] Available at: http://www.fhia.org.hn/downloads/proteccion_veg_pdfs/hojatecnica1deterioroposcosecha%20.pdf [Último acceso: 13 07 2016].
- Rusells, W. y otros, 2009. Phenolic acid content of fruits commonly consumed and locally produced in Scotland. *Food Chem*, 115(1), pp. 100-104.

- SAGARPA, 2010. *Secretaria de Agricultura Ganaderia Desarrollo Rural Pesca y Alimentación*. [En línea] Available at: <http://snics.sagarpa.gob.mx/somos/Documents/CNVV%202010.pdf> [Último acceso: 22 05 2014].
- SAGARPA, 2016. *Catálogo Nacional de Variedades Mexicanas*. [En línea] Available at: <http://snics.sagarpa.gob.mx/somos/Documents/CNVV%202010.pdf> [Último acceso: 19 Enero 2017].
- Sams, C. E., 1999. Preharvest factors affecting postharvest texture. *Postharvest Biology and Technology*, pp. 249-254.
- Sánchez Gonzalez, E. y otros, 2013. *Variedades de Fresa con Potencial de Produccion en el Estado de México*. [En línea] Available at: http://siproduce.sifupro.org.mx/seguimiento/archivero/15/2013/anuales/anu_555-6-2014-05-4.pdf [Último acceso: junio 2015].
- Sánchez Rodríguez, G., 2008. *Sistema de inteligencia de mercados para el desarrollo competitivo del sector agropecuario del estado de Michoacán*. s.l.:Fundación Produce Michoacán.
- SIAP, 2016. *Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera*. [En línea] Available at: <http://www.siap.gob.mx/>
- SIAP, 2017. *Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera*. [En línea] Available at: <http://www.siap.gob.mx/> [Último acceso: 11 Enero 2017].
- Sistema Producto Fresa, 2009. *Estudio de oportunidades de mercado e inteligencia comercial internacional para fresa*. [En línea] Available at: http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/documents/estudios_promercado/fresa.pdf [Último acceso: 15 07 2016].
- Sobia-Martinez, L. F., 2012. *Calidad y Rendimiento de Fresa Inoculada con Hongos Micorrízicos Arbusculares*. Jiquilpan, Michoacan: CIIDIR. IPN (INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL).
- Stapleton , S. C. y otros, 2001. Transplant source affects fruiting performance and pest of sweet charlie strawberry in Florida. *Horticultural Technology*, pp. 61-65.
- Teel, R. W., Dixit R & Stoner GD, 1985. The effect of ellagic acid on the uptake, persistence, metabolism and DNA-binding on benzo [α] pyrene in cultured explants of strain A/J mouse lung. *Carcinogenesis*, 6(3), pp. 391-395.
- USDA, 2006. *United States Standars for Grades of Strawberries*. [En línea].
- Valdés-Tapia, M. C., 2012. *La producción de la fresa (fragaria vesca) en el estado de Guanajuato 2000-2010*. [En línea] Available at:

<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/5300/T19498%20VALDES%20TAPIA,%20MARIA%20CRISTINA%20MONOG..pdf?sequence=1>
[Último acceso: 13 04 2015].

Valverde, A., 2014. Fresas demandan mayor tecnificación en su producción. *Excelsior*, 03 Diciembre, p. 1.

Van Der Steen, C., Jacxsens, L. & Devlieghere, F., 2002. Combining high oxygen atmospheres with low oxygen modified atmosphere packaging to improve the keeping quality of strawberries and raspberries. *Postharvest Biology and Technology*, Issue 26, pp. 49-58.

Vélazquez del Valle, M. G. y otros, 2008. Estrategias de control de *Rhizopus stolonifer* Ehrenb.(Ex Fr.) Lind, Agente causal de pudriciones poscosecha en productos agrícolas. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 26(1), pp. 1-7.

Villa-Issa, M. R., Padilla-Vaca, E. & Pérez de la Cerda, F. d. J., 2016. *Catálogo Nacional de Variedades Vegetales*, México: SAGARPA.

Wang, Y. S. & Camp, M. J., 2000. Temperatures after bloom affect plant growth and fruit quality of strawberry. *scientia horticulturae*, Volumen 83, pp. 183-199.

Wesche-Ebeling, P. & Morris-Montgomery, W., 1990. Strawberry polyphenoloxidase: its role in anthocyanin degradation. *Journal of Food Science*, Issue 55, pp. 731-734.

Xue, H. y otros, 2001. Inhibition of cellular transformation by berry extracts. *Carcinogenesis*, 5(22), pp. 351-356.

Yildiz, F., 1994. Initial preparation, handling and distribution of minimally processed refrigerated fruits and vegetables. . En: R. C. Wiley, ed. *Initial Preparation, Handling, and Distribution of minimally processed*. New York: Chapman and Hall, pp. 15-65.

Zhang, H. I. W. Y. D. S. J. J. C. y. R. M., 2007. Postharvest biological control of gray mold decay of strawberry with *Rhizotorula glutinis*. *Biol. Control*, 40(2), pp. 287-292.

ANEXO

Anexo A

CURVA ESTÁNDAR DE ÁCIDO ASCÓRBICO (VITAMINA C)

1. Pesar 10mg de ácido ascórbico (vitamina C) y disolver en 100ml de ácido oxálico al 0.5 %. Concentración final (0.1 mg/ml, 100µg/ml).
2. Realizar 12 diluciones a partir de solución madre, tal como se indica en el (Cuadro 1).

Cuadro 1. Preparación de las diluciones para la curva estándar de contenido de ácido ascórbico, y gasto de solución de Tillman para titular la muestra.

Muestra	Volumen (µL) ^z		Contenido de AA ^y	Gasto (mL) ^x
	Solución madre	Ácido oxálico		
1	50	950	5	1.0
2	100	900	10	1.5
3	150	850	15	2.0
4	200	800	20	2.3
5	250	750	25	2.8
6	300	700	30	3.4
7	350	650	35	3.9
8	400	600	40	4.1
9	450	550	45	4.6
10	500	500	50	5.0

^z Dilución de solución madre de ácido ascórbico en ácido oxálico al 0.5 % (0.1 mg/mL, 100µg/mL) en solución de ácido oxálico al 0.5%. ^y Contenido total de ácido ascórbico en la muestra. ^x Gasto de solución de Tillman (DFI-2,6 diclorofenol indofenol 0.02%)

3. Titular con la solución de Tillman (DFI-2,6 diclorofenol indofenol 0.02%) para determinar el gasto de acuerdo a cantidad de ácido ascórbico presente en la solución (Cuadro 1).
4. Graficar los datos del cuadro 2 y obtener la ecuación lineal ($Y=mx+b$) que describe la curva

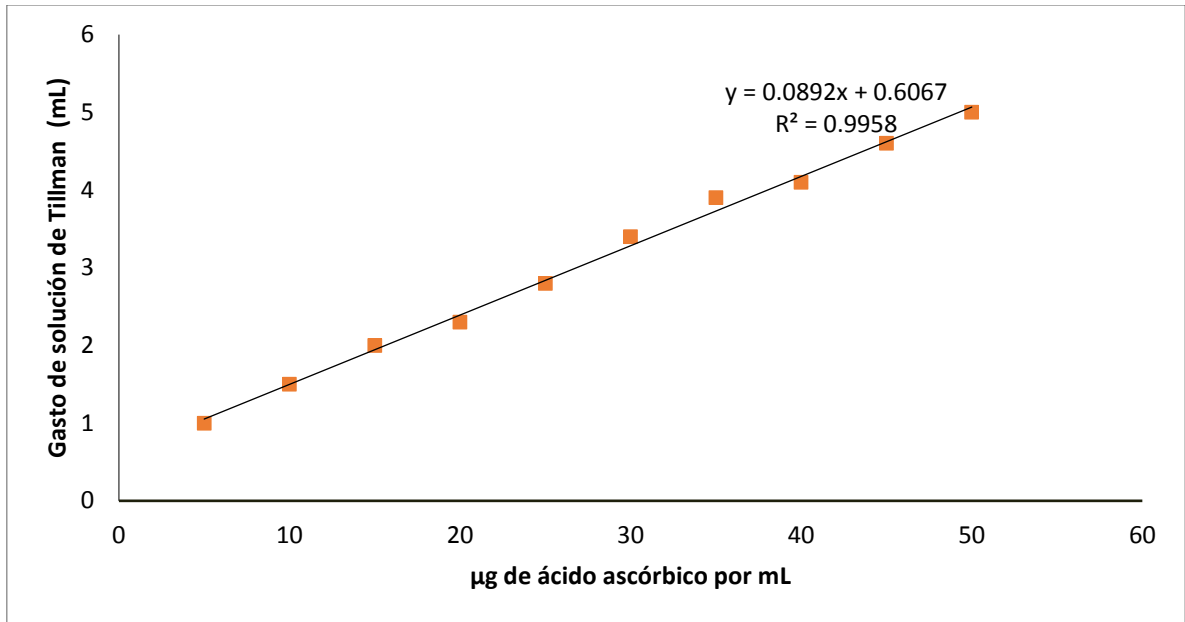


Figura A1. Curva estándar para Vitamina C.

5. La ecuación resultante ($Y=mx+b$)

$$\text{Gasto} = 0.0892 \times \text{Conc} + 0.6067$$

Donde:

Gasto = gasto de solución de Tillman (mL=

Conc = concentración del estándar de ácido ascórbico ($\mu\text{g mL}^{-1}$)

Es necesario despejar la ecuación para obtener el contenido de ácido ascórbico de las muestras.

$$\text{Conc} = (\text{Gasto} - 0.6067)/0.0892$$