

**Efecto de enfriamiento parcial y retraso a
enfriamiento final en la calidad y
características fisicoquímicas de la fresa
(*Fragaria xananasa* var. Radiance) durante
almacenamiento**

Fernando José Guamán Palacios

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano

Honduras

Noviembre, 2017

ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

**Efecto de enfriamiento parcial y retraso a
enfriamiento final en la calidad y
características fisicoquímicas de la fresa
(*Fragaria xananasa* var. Radiance) durante
almacenamiento**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero en Agroindustria Alimentaria en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Fernando José Guamán Palacios

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2017

Efecto de enfriamiento parcial y retraso a enfriamiento final en la calidad y características fisicoquímicas de la fresa (*Fragaria xananasa* var. *Radiance*) durante almacenamiento

Fernando José Guamán Palacios

Resumen. Las fresas son frutas perecederas por lo que mantener la calidad durante el envío es esencial. Estudios previos con arándanos han demostrado que el enfriamiento parcial (10 °C) después de una hora de cosecha permite retrasar el envasado y enfriamiento a 3 °C después de 24 horas. El objetivo de este estudio fue evaluar el enfriamiento parcial en fresas. Un tratamiento fue hidroenfriado (HE) a 10 °C en el campo y transportado bajo refrigeración. Los restantes se transportaron (21-23 °C) al laboratorio. Un tratamiento se enfrió inmediatamente a 3 °C mediante aire forzado (AF), simulando el enfriamiento comercial dos horas después de cosecha. Otras muestras fueron HE o AF a 10 °C y se mantuvieron durante 4, 8 o 24 horas AF a 3 °C, y almacenadas (1 °C) durante 12 días, evaluándose cada tres días. En general, los parámetros de fruta HE tuvieron menos variabilidad durante el almacenamiento comparado con AF. Parámetros de color (luminosidad, croma y matiz) se redujeron con mayor impacto en los tratamientos AF y tiempos de retraso prolongados. Los sólidos solubles y acidez titulable redujeron en los tratamientos HE por la adición de agua. Al día nueve, tres tratamientos de AF y dos de HE tuvieron pudrición inaceptable (>5%). Los frutos parcialmente HE en campo tuvieron menos pudrición durante el almacenamiento. La apariencia (7=fresco en el campo, 1=completamente invendible) al día 6 fue clasificada como 5 para AF, fue menor comparado con HE (día 12). Se deben evaluar tiempos de almacenamiento más largos y HE en campo.

Palabras clave: Contenido de azúcares, pérdida de agua, poligalacturonasa.

Abstract. Strawberries are very perishable fruits thus, maintaining quality during handling and shipping is essential. Previous studies with blueberry have shown that partial cooling (10 °C) within one hour of harvest permitted fruit to be held overnight, packed and cooled to 3 °C up to 24 hours. The objective of this study was to evaluate partial cooling in strawberries. Fruit were commercially harvested. One treatment was hydrocooled (HYC) to 10 °C in the field and transported under refrigeration. Remaining treatments were transported (21-23 °C) to the laboratory. One treatment was immediately cooled to 3 °C through forced air cooling (FAC), simulating commercial cooling with a 2-hour delay from harvest to warehouse. Other samples were either immediately HYC or FAC to 10 °C, held for 4, 8 or 24 hours, FAC to 3 °C, and stored (1 °C) for 12 days evaluated every three days. In general, parameters for HYC fruit had less variability during storage than those for FAC fruit. Color parameters (lightness, chroma and hue) were reduced due to storage with more impact in FAC treatments and longer delay times. Soluble solids and titratable acidity were reduced in HYC treatments suggesting water intake. By day nine, three of FAC treatments and two of HYC treatments had unacceptable decay (>5%). Fruit that were partially HYC in the field had the least amount of decay during storage. Appearance (7=field-fresh; 1=completely unsalable) at day six was rated 5 for FAC treatments which was lower compared to HYC (day 12). Longer storage times and HYC in the field should be evaluated.

Key words: Polygalacturonase, sugar content, water loss.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Contenido	iv
Índice de Cuadros, Figuras y Anexos	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	6
4. CONCLUSIONES	16
5. RECOMENDACIONES	17
6. LITERATURA CITADA.....	18
7. ANEXOS	22

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Diseño experimental.....	3
2. Efecto del tiempo en el croma (43-50) de la fruta.....	8
3. Efecto del tiempo en el matiz (0-90°) de la fruta	8
4. Cambio del ácido cítrico de las fresas, a través del tiempo.....	11
5. Cambio del pH de las fresas, a través del tiempo.....	11
6. Efecto del tiempo en el contenido de los sólidos solubles (grados Brix) de las fresas.....	12
7. Clasificación visual de la apariencia de las fresas, a través del tiempo de almacenamiento	15
8. Porcentaje de fruta saludable obtenida en los días de evaluación.....	15

Figuras	Página
1. Efecto del tiempo en la luminosidad de la fruta.....	7
2. Efecto del tiempo en la firmeza de la fruta.....	9
3. Efecto del tiempo en la relación sólidos solubles y acidez de las fresas	13

Anexos	Página
1. Efecto del tiempo en el cáliz de la fresa.....	22
2. Tasa de enfriamiento para aire forzado en fresas	22
3. Tasa de enfriamiento para hidrogenfriamiento en fresas	23

1. INTRODUCCIÓN

La fresa (*Fragaria xananassa*), perteneciente a la familia Rosaceae, es uno de los alimentos más importantes en los Estados Unidos debido a su ingesta humana y desarrollo económico. Estados Unidos es el mayor productor de fresas en el mundo, seguido de Turquía, España, Egipto, Corea, México y Polonia (Wu *et al.* 2012). La mayoría de la producción de fresas va destinada a mercados extranjeros, siendo Canadá el mayor importador de fresa fresca estadounidense, seguido de México (USDA 2012).

Florida es el segundo productor de fresas en los Estados Unidos ocupando un área de 3200 ha de producción (FSGA 2017). Hay muchas variedades de fresas en el mercado, en el estado de Florida, las variedades Sweet Charlie, Camarosa y Festival, las tres variedades producen bayas atractivas y sabrosas, adecuadas para comer frescas o congeladas (Chandler *et al.* 2015). La Universidad de Florida creó una nueva variedad de fresa llamada Florida Radiance. Se originó en el 2001 mediante un cruce entre 'Winter Dawn' (madre) y FL 99-35 (padre), se caracteriza por producir mayor número de frutos a lo largo de la temporada de producción (Whitaker *et al.* 2016).

Las fresas son cosechadas y empacadas en el campo para luego ser transportadas a su almacenamiento en frío. Comercialmente, luego de la cosecha hay un transporte de dos horas en promedio desde el campo hasta centros de acopio. Para mantener la calidad de las fresas es recomendable llevarlas a una temperatura cerca a los 0 °C lo más pronto posible (CSC 2011). La tasa de respiración de las fresas varía con los cambios de temperatura, en el almacenamiento óptimo la tasa de producción de CO₂ de las fresas es entre 12-18 mg CO₂·kg⁻¹ por hora, mientras que entre 25-27 °C que es la temperatura común de cosecha, la tasa de producción de CO₂ aumenta 10 veces más, entre 169-211 mg CO₂·kg⁻¹ por hora (Ferreira *et al.* 2006).

Para que las fresas alcancen la temperatura adecuada de almacenamiento, se usa predominantemente la tecnología de aire forzado, una vez que las frutas llegan al centro de acopio. Esta tecnología hace que la fruta esté en contacto directo con el aire, permitiendo un rápido enfriamiento comparado a los cuartos fríos (DeEll 2005). Actualmente, se usa túnel de aire forzado a gran escala que consiste en colocar dos columnas de pallets con fruta y en medio de las columnas un extractor de aire. El pasillo donde está el extractor de aire es cubierto para crear un ambiente al vacío y el aire del cuarto frío pase a través de las aberturas de los empaques con fruta y permita un enfriamiento acelerado (Kader 2002).

Una alternativa para poder alcanzar la temperatura adecuada de almacenamiento de la fresa más rápido es el hidrogenfriamiento, debido a que la capacidad calorífica del agua refrigerada es mucho mayor que la del aire, es decir, que un volumen dado de agua puede remover más

calor que el mismo volumen de aire a la misma temperatura (Thompson et al. 2002). Con esta tecnología, el agua fría entra en contacto directo con la fruta obteniendo la temperatura adecuada de almacenamiento más rápido, además, tiene una ventaja sobre la calidad de la fruta de no remover agua de la misma. Consiste en tener agua a 1 °C con 150-200 ppm de cloro, las ventajas de esta tecnología es alcanzar la temperatura adecuada más rápido, enjuagar y desinfectar la fruta añadiendo cloro al agua (Ferreira et al. 2006).

Estudios realizados en arándanos dulces demuestran que enfriando parcialmente la fruta a 10 °C antes de su enfriamiento final a 1°C, no hay diferencias significativas en la calidad de los mismos (S. Sargent, comunicación personal). En este estudio se realizó un enfriamiento parcial a 10 °C después de la cosecha con las dos tecnologías previamente mencionadas, con un retraso antes del enfriamiento final cerca de 1 °C, para determinar si hay diferencias significativas en la calidad de la fruta después del almacenamiento.

Los objetivos del estudio fueron:

- Evaluar el efecto de tiempo de espera y método de enfriamiento en características fisicoquímicas y de calidad comercial de la fresa.
- Determinar el porcentaje de fruta sana en los diferentes tiempos de espera a 10 °C y método de enfriamiento basado en los estándares de calidad del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.
- Establecer diferencias entre el proceso de enfriamiento convencional y los tiempos de espera.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del estudio.

El estudio se llevó a cabo en las instalaciones del laboratorio de biología y fisiología pos-cosecha en el Departamento de Horticultura en la Universidad de Florida, Gainesville, Estados Unidos.

Diseño del estudio.

El diseño experimental utilizado fue Bloques Completos al Azar (BCA) con arreglo factorial 2×4 con dos tecnologías de enfriamiento (aire forzado e hidrogenfriamiento) y cuatro tiempos (0, 4, 8 y 24 horas) manteniendo las fresas a 10 °C, evaluando tres empaques por tratamiento durante doce días (Cuadro 1).

Cuadro 1. Diseño experimental.

Método de enfriamiento	Tiempo (h) ¹			
	0	4	8	24
Aire forzado	TRT 1 ²	TRT 2	TRT 3	TRT 4
Hidrogenfriamiento	TRT 5 ³	TRT 6	TRT 7	TRT 8

¹Tiempo en que la fruta permanece a 10 °C antes de enfriamiento final; ²Método convencional; ³Hidrogenfriamiento inmediato sin tiempo de espera.

Preparación de unidades experimentales.

La fresa de variedad Radiance que se utilizó en este estudio fue financiada por la empresa Wish Farms, se recolectó la fruta en Floral City a 129 km de la Universidad de Florida. La fruta fue cosechada a $\frac{3}{4}$ de color rojo (abajo del cáliz blanco) en primavera el 21 de Febrero del 2017 a las 9:15 de la mañana. Se analizaron 99 empaques de 17-21 fresas por empaque. Los datos fueron recolectados cada tres días, durante 12 días.

Medidores de temperatura.

La temperatura de la fruta y del agua fue medida con termómetros digitales marca Extech Digital Psychrometer Kit Model RH305, se midió la temperatura en tres frutas diferentes para asegurar que la fruta haya llegado a la temperatura requerida.

Aire forzado.

Se utilizó un equipo para pequeñas escalas en el cual caben cuatro cajas de fresas (48 empaques con fruta) diseñado en la Universidad de Florida. Para enfriar la fruta se colocó el equipo en un cuarto frío a 1 °C con 90-95% de HR, la unidad absorbe el aire frío creando una presión de aire de 1.69 KPa para que la fruta esté a 3 °C dentro de 15 min. Se realizaron cuatro tratamientos, los tratamientos fueron transportados a temperatura ambiente al laboratorio simulando el transporte comercial de dos horas. En el laboratorio se aplicó el aire forzado convencional que duró 45 min para que la fruta llegara a 3 °C y pudiera ser almacenada a 1 °C, los otros tratamientos fueron pre enfriados en la unidad a 10 °C y mantenidos en un cuarto frío a esa temperatura por 4, 8 y 24 h. Una vez que la fruta cumplió el periodo de pre-enfriamiento se colocó la fruta en la unidad de aire forzado para que la fruta llegue a 3 °C y pueda ser almacenada a 1 °C.

Hidro-enfriamiento.

Se utilizó una hielera de 60 litros con 30 litros de agua, se añadieron 4 bolsas de hielo de 10 lb para que la temperatura del agua redujera a 1°C, se mezcló 140 ml de cloro líquido (bleach) concentrado a 8.25%, se obtuvo 200 ppm de cloro medidos con Serim (FDA 2016). El pH del agua con hielo fue de 7 medido con pHydrion INSTA check 0-13. Este proceso fue realizado en el campo, después de cinco min la fruta alcanzó una temperatura de 10 °C, el agua fue retirada de la hielera para colocar dos bolsas de hielo, una capa de cartón y las frutas enfriadas en campo, para mantener su temperatura y pudieran ser transportadas al laboratorio. Al llegar al laboratorio se realizó el mismo proceso con el resto de las frutas. Se realizaron cuatro tratamientos, un tratamiento fue enfriado en el campo a 10 °C y luego transportado al laboratorio, los otros tratamientos fueron transportados al laboratorio a temperatura ambiente simulando el transporte comercial de 2 h, al llegar al laboratorio fueron enfriados a 10 °C y mantenidos en un cuarto frío por 4, 8 y 24 h a esa temperatura. Una vez que la fruta cumplió el periodo de pre-enfriamiento se colocó en la unidad de aire forzado para su enfriamiento final a 3 °C y pudiera ser almacenada en el cuarto frío a 1 °C.

Evaluación visual.

Cada tres días se realizó la evaluación de apariencia, el cáliz y se contó la fruta total, saludable y podrida. Se evaluaron tres empaques de fruta de cada tratamiento. La apariencia se evaluó mediante una escala hedónica (9 = excelente: apariencia muy fresca y alto brillo; 7 = bueno: apariencia fresca y brillo; 5 = medio: apariencia no fresca y poco brillo; 3 = pobre: apariencia pálida y ausencia de brillo; 1 = extremadamente pobre: apariencia marchita), el cáliz se evaluó mediante escala hedónica (1 = turgente; 2 = marchito; 3 = deshidratado), en relación a la clasificación de fruta podrida, solo se tomó en cuenta pudrición por compresión y hongos.

Análisis de color.

Cada tres días se evaluaron tres empaques de fruta de cada tratamiento. De cada empaque se evaluaron cinco fresas, es decir, un total de 15 fresas. El análisis se hizo con Chroma meter CR-400 Minolta, se realizaron dos mediciones por fruta, cada medición en lados opuestos, en total 30 mediciones por tratamiento.

Análisis de textura.

Se analizaron 15 fresas al azar por cada tratamiento (cinco fresas por empaque). Se utilizó el equipo Texture Analyser TA.HD.plus con sonda de acero inoxidable de 4 mm de diámetro penetrando 6 mm la fruta a una velocidad de 2 mm/seg.

Análisis de sólidos solubles totales y pH.

Las fresas se licuaron en un procesador de alimentos, cada repetición de cada tratamiento tenía su respectivo procesador. Se dejó enfriar la centrífuga a 4 °C para utilizarla por 20 min a 12,000 rpm y sedimentar los sólidos. Posteriormente, se filtraron las muestras para el análisis de grado Brix, acidez titulable y pH. Para los grado Brix se usó el refractómetro digital (modelo AR200, Reichert Analytical Instruments), para el pH y acidez titulable se usó un potenciómetro automático (modelo 719 S Titrimo, Metrohm). La acidez titulable fue determinada diluyendo 6 ml de muestra con 50 ml de agua deionizada y luego titulado con de Hidróxido de Sodio 0.1 N (NaOH) hasta que llegara a un pH de 8.3 y fue expresado como porcentaje de ácido cítrico.

Análisis estadístico.

Los datos fueron analizados usando el programa SAS version 9.4 (Statistical Analysis System) mediante un análisis de varianza (ANDEVA) con un modelo lineal general (GLM, siglas en ingles). Las separaciones de medias fueron por día y por tratamiento utilizando una prueba Duncan con un nivel de significancia de 0.05.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Color superficial.

El color es la característica más importante de la apariencia de un objeto y representa la parte crucial del proceso de su venta que es la decisión de compra (XRite 2004). Se han desarrollado métodos para expresar el color numéricamente por la Comisión Internationale de l'Éclairage (CIE), el método que se usó en este estudio fue L*C*h color space. El parámetro L* indica luminosidad, C* indica saturación (croma) y h es el ángulo de matiz que representa el color básico como el rojo (Konica Minolta 2007). La fruta pre-enfriada con agua en campo y enfriada convencionalmente por aire presentó valores altos de luminosidad, matiz y croma a través del tiempo hasta el día doce comparado con los demás tratamientos, que no indicaron diferencias estadísticas entre ellos (Figura 1) (Cuadro 2, 3). Esto se debe a que estas fresas fueron enfriadas y alcanzaron su temperatura óptima de almacenamiento en menos tiempo la tasa de respiración depende de la variedad y el estado de madurez, por lo tanto, el proceso de respiración y maduración fue retrasado, debido a la tasa de respiración a 10 °C es de 49-95 mg CO₂·kg⁻¹ por hora y en su temperatura de almacenamiento es 12-18 mg CO₂·kg⁻¹ por hora (Talbot y Chau 2002). Es importante mencionar que la respiración es el proceso mediante el cual materiales orgánicos como carbohidratos, proteínas y grasas se desglosan, el oxígeno es usado en este proceso y dióxido de carbono es producido (Kader 2002). Ferreira *et al.* (2006) indica que la fruta tuvo un color más claro (más naranja rojizo que rojo, el color típico de una fresa fresca) e intenso que los otros frutos que se mantuvieron a 10 °C por 24 horas (Cuadro 2 y 3). Además, las fresas enfriadas con aire, convencionalmente y mantenidas por cuatro horas a 10 °C presentaron mayor luminosidad que los otros tratamientos (Figura 1). Esto es porque las fresas tardaron más tiempo en llegar a su temperatura adecuada de almacenamiento, el proceso de maduración fue más rápido, es decir, perdieron más azúcares. Las antocianinas responsables de dar el color rojo a las fresas son pelargonidina (Pg 3-gluc) y cianidina (Cy 3-gluc), siendo pelargonidina la de mayor proporción en las fresas (Mazza y Miniati, 1993). Las antocianinas se forman por la unión entre un azúcar y la molécula antocianidina, es por esto que a mayor deposición de azúcares las fresas son más coloridas (Da Silva *et al.* 2007).

Firmeza de la fresa.

La fruta enfriada con agua no mostró diferencias estadísticas a través del tiempo pero los tratamientos enfriados con aire redujeron firmeza hasta el día nueve y en el día doce tuvo un incremento significativo en la firmeza (Figura 2). Esto ocurre porque el hidrofriamiento previene la pérdida de agua o podría incluso añadir agua a la fresa y enfría más rápido que el aire forzado (Thompson *et al.* 2002). Durante el período de pos cosecha las fresas enfriadas por aire forzado pierden aproximadamente 1% de su peso debido al movimiento del aire pasando sobre ellas. El ablandamiento progresivo de la pulpa

produce naturalmente como resultado del proceso de maduración y está compuesto por mecanismos fisiológicos que incluyen pérdida de turgencia celular, acciones enzimáticas y degradación de compuestos de la pared celular (Jacomino *et al.* 2011; Afirin *et al.* 1998). El ablandamiento de la fresa se debe principalmente a la pérdida de los componentes de la pared celular la cual es más pronunciada en el tejido cortical que en el tejido de la médula (Koh y Melton 2004). La pérdida de firmeza se da principalmente por la presencia de la poligalacturonasa que solubiliza y degrada poliuronidos de la pared celular, el nivel de poliuronido soluble es mucho mayor en las fresas maduras (Huber 1984; Nogata *et al.* 1993).

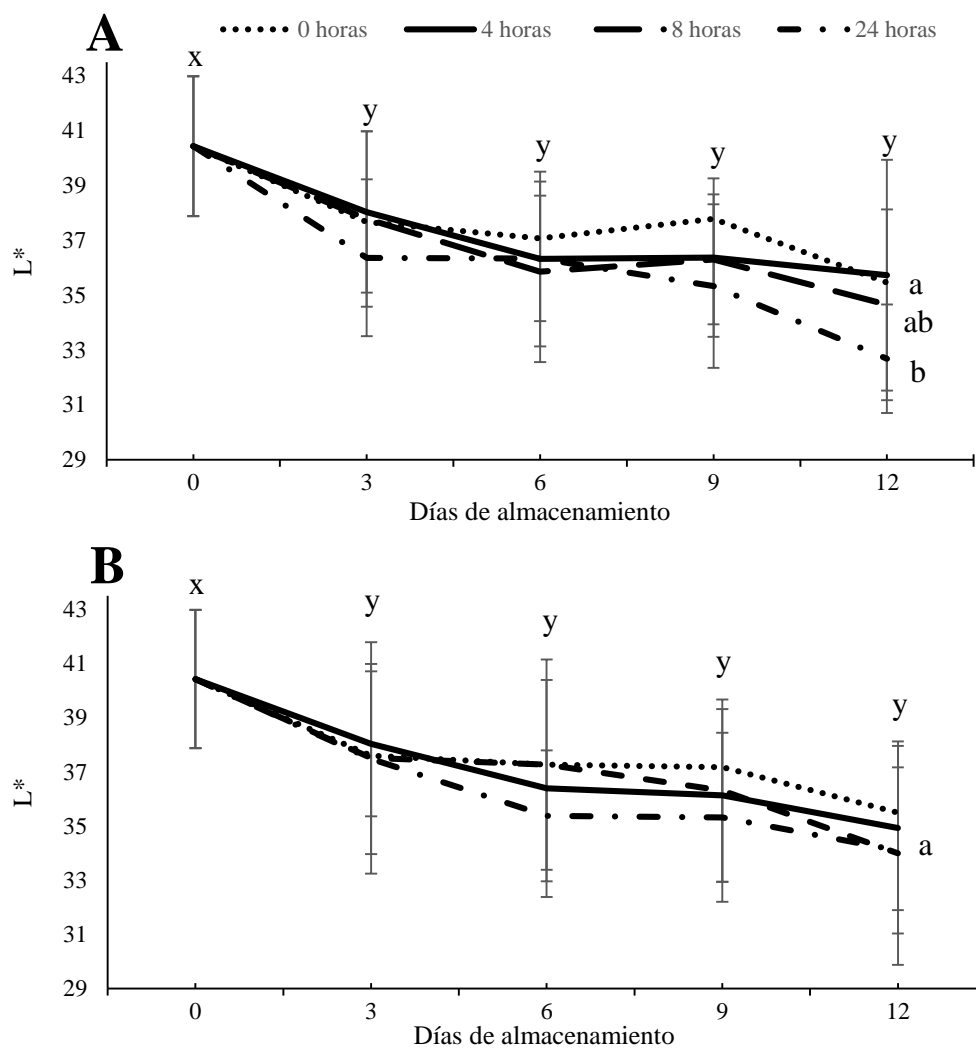


Figura 1. Efecto del tiempo de almacenamiento en la luminosidad de la fruta con tiempo de espera (horas) a 10 °C antes de enfriamiento final. Letras distintas (a-b) indican diferencia estadística ($P < 0.05$) entre tratamientos, letras distintas (x-y) indican diferencia estadística ($P < 0.05$) a través del tiempo.

A: Fresas enfriadas por aire forzado.

B: Fresas enfriadas por hidroenfriamiento.

Cuadro 2. Efecto del tiempo en el croma (43-50) de la fruta.

Método ¹	Tiempo (h) ²	Días de almacenamiento				
		0	3	6	9	12
Aire Forzado	0	49.7 ± 2.85 ^{ax}	48.0 ± 3.99 ^{abxy}	48.3 ± 2.58 ^{axy}	48.5 ± 3.30 ^{axy}	46.4 ± 2.62 ^{aby}
	4	49.7 ± 2.85 ^{ax}	47.6 ± 3.91 ^{abxy}	45.3 ± 4.31 ^{by}	47.0 ± 4.08 ^{axy}	45.4 ± 4.62 ^{abcy}
	8	49.7 ± 2.85 ^{ax}	47.5 ± 4.32 ^{abxy}	46.9 ± 3.56 ^{by}	47.0 ± 3.22 ^{axy}	46.2 ± 3.08 ^{abcy}
	24	49.7 ± 2.85 ^{ax}	46.5 ± 3.15 ^{by}	47.5 ± 3.21 ^{abxy}	46.9 ± 3.14 ^{ay}	43.0 ± 3.14 ^{cz}
Hidrogenfriamiento	0	49.7 ± 2.85 ^{axy}	50.5 ± 3.79 ^{ax}	48.8 ± 2.84 ^{axy}	49.3 ± 4.07 ^{axy}	46.9 ± 4.66 ^{ay}
	4	49.7 ± 2.85 ^{ax}	49.1 ± 2.98 ^{abx}	47.0 ± 3.21 ^{abxy}	46.3 ± 4.97 ^{ay}	45.3 ± 3.45 ^{abcy}
	8	49.7 ± 2.85 ^{ax}	49.8 ± 4.22 ^{ax}	48.6 ± 4.39 ^{ax}	48.1 ± 4.14 ^{ax}	44.5 ± 4.54 ^{abcy}
	24	49.7 ± 2.85 ^{ax}	47.8 ± 3.30 ^{abxy}	48.4 ± 3.80 ^{axy}	46.3 ± 4.24 ^{ayz}	43.7 ± 3.75 ^{bez}
C.V. (%) ³		5.78	7.76	7.40	8.37	8.34

¹Medio de enfriamiento; ²Tiempo de espera a 10 °C antes de enfriamiento final; ³Coficiente de variación; ⁴Letras distintas (a-c) en la misma columna indican diferencia estadística (P<0.05), letras distintas (x-z) en la misma fila indican diferencia estadística (P<0.05).

Cuadro 3. Efecto del tiempo en el matiz (0-90°) de la fruta.

Método ¹	Tiempo (h) ²	Días de almacenamiento				
		0	3	6	9	12
Aire Forzado	0	37.1 ± 3.95 ^{ax}	34.1 ± 4.40 ^{ay}	31.9 ± 3.17 ^{aby}	31.9 ± 3.68 ^{ay}	33.9 ± 2.17 ^{aby}
	4	37.1 ± 3.95 ^{ax}	34.3 ± 4.28 ^{axy}	29.8 ± 4.46 ^{bz}	31.4 ± 3.88 ^{ayz}	32.5 ± 4.90 ^{abcyz}
	8	37.1 ± 3.95 ^{ax}	33.1 ± 3.75 ^{ay}	29.9 ± 3.69 ^{bz}	30.4 ± 2.97 ^{az}	34.7 ± 3.24 ^{abxy}
	24	37.1 ± 3.95 ^{ax}	33.8 ± 3.40 ^{ay}	30.9 ± 3.35 ^{abz}	30.2 ± 3.65 ^{az}	32.2 ± 2.63 ^{bcyz}
Hidrogenfriamiento	0	37.1 ± 3.95 ^{ax}	35.1 ± 4.83 ^{axy}	31.8 ± 2.64 ^{aby}	32.7 ± 4.21 ^{ay}	35.1 ± 5.11 ^{abxy}
	4	37.1 ± 3.95 ^{ax}	35.6 ± 3.19 ^{axy}	33.1 ± 4.82 ^{ayz}	31.4 ± 3.78 ^{az}	35.3 ± 3.24 ^{axy}
	8	37.1 ± 3.95 ^{ax}	34.9 ± 5.67 ^{axy}	32.0 ± 4.79 ^{aby}	32.3 ± 3.43 ^{ay}	32.3 ± 4.10 ^{abcy}
	24	37.1 ± 3.95 ^{ax}	32.8 ± 4.07 ^{ay}	31.6 ± 2.78 ^{aby}	30.2 ± 3.49 ^{ay}	30.9 ± 3.13 ^{cy}
C.V. (%)		8.91	12.55	12.17	11.77	11.04

¹Medio de enfriamiento; ²Tiempo de espera a 10 °C antes de enfriamiento final; ³Coficiente de variación; ⁴Letras distintas (a-c) en la misma columna indican diferencia estadística (P<0.05), letras distintas (x-z) en la misma fila indican diferencia estadística (P<0.05).

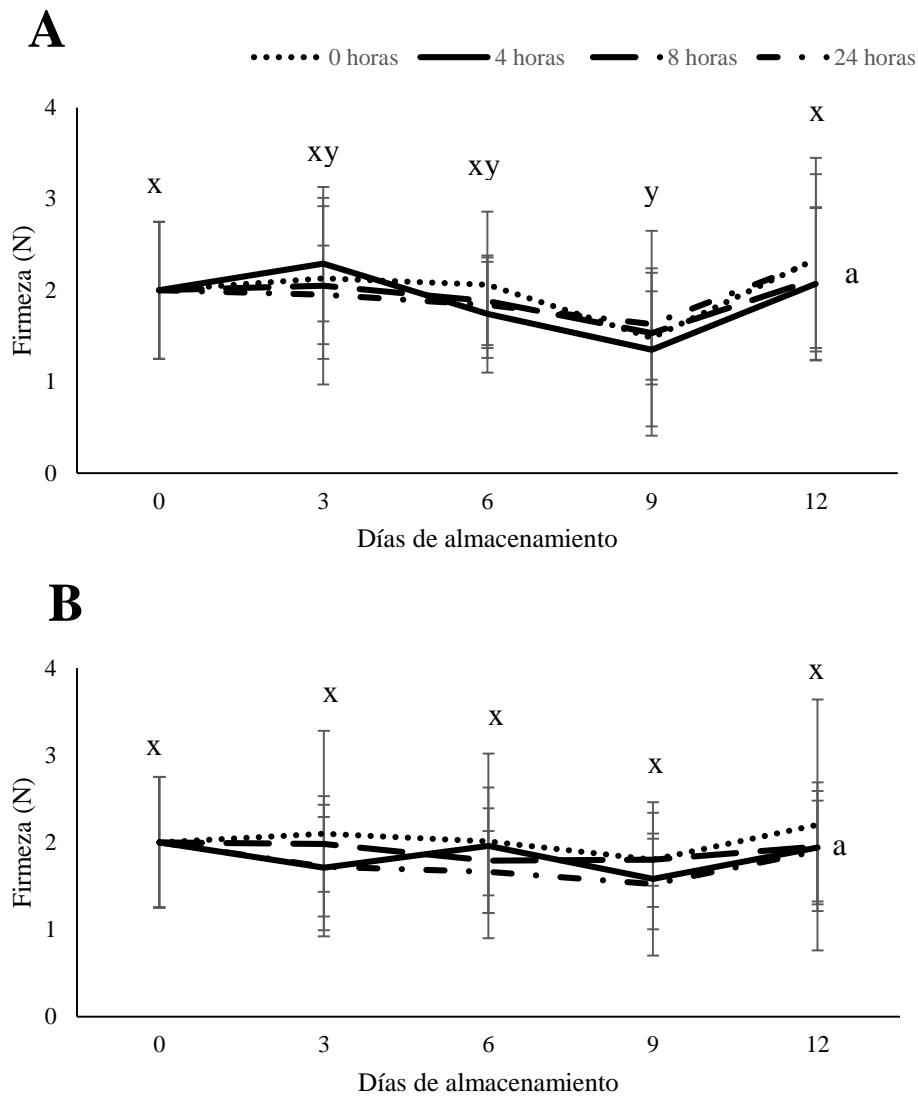


Figura 2. Efecto del tiempo de almacenamiento en la firmeza de la fruta con tiempo de espera (horas) a 10 °C antes de enfriamiento final. Letras distintas (a-b) indican diferencia estadística ($P < 0.05$) entre tratamientos, letras distintas (x-y) indican diferencia estadística ($P < 0.05$) a través del tiempo.

A: Fresas enfriadas por aire forzado.

B: Fresas enfriadas por hidroenfriamiento.

Acidez titulable, pH y sólidos solubles.

La acidez titulable es expresada en porcentaje de ácido cítrico. Estadísticamente la fruta enfriada con agua presentó menos acidez en comparación con la fruta enfriada por aire convencionalmente en el día doce, porque en el momento en que el agua entra en contacto con la fruta la acidez se solubiliza y disminuye su contenido. Sin embargo, la acidez de la fruta fue reduciendo a través del tiempo, de acuerdo con Gil *et al.* (2006) que confirma que

la acidez de la fresa disminuye a través del tiempo (Cuadro 4). En el día doce se puede observar que el tratamiento de aire forzado mantenido por 24 horas a 10 °C antes del enfriamiento final es diferente al método convencional presentando una reducción de acidez del 20% en comparación con el día cero, mientras que el método convencional solo demostró una reducción del 10% en el día doce. Esto se debe a que durante la pos cosecha la tasa de respiración va aumentando, entonces la fruta va produciendo y perdiendo energía. Dicha energía es formada en el ciclo de Krebs, usando como sustrato el ácido cítrico, lo cual provoca la reducción del mismo durante el almacenamiento (Miles 2003). No hubo diferencias estadísticas en el pH de la fruta a través del tiempo (Cuadro 5). Estos resultados concuerdan con Ali *et al.* (2011) que reportaron que las fresas no tuvieron cambios en el pH al final del período de almacenamiento en comparación con el día de cosecha. Sí hubo diferencias estadísticas en los sólidos totales de las fresas a través del tiempo en los tratamientos de aire forzado mantenidos a 10 °C por 8 y 24 horas, mientras que en todos los tratamientos de hidrogenfriamiento hubo una reducción significativa en el día doce en comparación con el día cero, esto se debe a la solubilización de los azúcares por la presencia del agua (Cuadro 6). Es importante decir que los azúcares también pueden ser utilizados en la respiración de la fruta como fuente de energía (UC Davis 2017). Sin embargo, los sólidos totales se mantenían o subían durante el almacenamiento, Nunes *et al.* (2006) encontraron el mismo fenómeno en fresas de variedad Sweet Charlie. El incremento de los sólidos solubles durante el almacenamiento puede ser explicado por la solubilización de las hemicelulosas, poliuronidos de la pared celular y la deshidratación de la fruta en refrigeración (Huber 1984; Nogata *et al.* 1993).

Relación grados Brix/acidez (RAB).

La RAB es la mejor medición objetiva que se asocia a la aceptabilidad del consumidor debido a que refleja el balance que hay entre los azúcares y la acidez de la fruta, es decir, a mayor RAB mayor dulzura, la cual representa la percepción básica de la persona cuando juzga la calidad de una fruta (Jayasena y Cameron 2007). En general, las fresas enfriadas con agua tienen valores mayores que las fresas enfriadas por aire forzado, pero no tienen diferencias significativas (Figura 3). Se debe tomar en cuenta que las fresas son vendidas entre los 5-7 días después de su cosecha (Younge 2014). En esos días las fresas que tienen una RAB mayor son las que fueron mantenidas a 10 °C por cuatro horas y enfriadas convencionalmente. La fruta enfriada con agua demuestra una RAB mayor que las fresas enfriadas por aire. Las fresas mantenidas a 10 °C por cuatro horas y enfriadas en el campo a 10 °C tienen una mayor RAB a través del tiempo comparado a los otros tratamientos.

Cuadro 4. Cambio del ácido cítrico de las fresas, a través del tiempo.

Método ¹	Tiempo (h) ²	Días de almacenamiento				
		0	3	6	9	12
Aire Forzado	0	0.76 ± 0.02 ^{ax}	0.70 ± 0.06 ^{axy}	0.62 ± 0.08 ^{ay}	0.65 ± 0.05 ^{axy}	0.69 ± 0.04 ^{axy}
	4	0.76 ± 0.02 ^{ax}	0.70 ± 0.07 ^{axy}	0.68 ± 0.04 ^{axy}	0.63 ± 0.00 ^{ay}	0.65 ± 0.04 ^{aby}
	8	0.76 ± 0.02 ^{ax}	0.71 ± 0.06 ^{axy}	0.68 ± 0.06 ^{axy}	0.56 ± 0.07 ^{az}	0.64 ± 0.05 ^{abyz}
	24	0.76 ± 0.02 ^{ax}	0.72 ± 0.06 ^{axy}	0.68 ± 0.06 ^{axyz}	0.62 ± 0.05 ^{ayz}	0.61 ± 0.03 ^{bz}
Hidrogenfriamiento	0	0.76 ± 0.02 ^{ax}	0.67 ± 0.06 ^{abxy}	0.65 ± 0.06 ^{axy}	0.64 ± 0.06 ^{axy}	0.58 ± 0.04 ^{by}
	4	0.76 ± 0.02 ^{ax}	0.58 ± 0.01 ^{by}	0.56 ± 0.02 ^{ay}	0.56 ± 0.06 ^{ay}	0.57 ± 0.02 ^{by}
	8	0.76 ± 0.02 ^{ax}	0.69 ± 0.03 ^{axy}	0.67 ± 0.05 ^{ayz}	0.60 ± 0.04 ^{az}	0.61 ± 0.03 ^{byz}
	24	0.76 ± 0.02 ^{ax}	0.64 ± 0.01 ^{abyz}	0.58 ± 0.04 ^{az}	0.66 ± 0.05 ^{ay}	0.60 ± 0.03 ^{byz}
C.V. (%)		2.63	7.62	9.66	8.98	6.59

¹Medio de enfriamiento; ²Tiempo de espera a 10 °C antes de enfriamiento final; ³Coefficiente de variación; ⁴Letras distintas (a-b) en la misma columna indican diferencia estadística (P<0.05), letras distintas (x-z) en la misma fila indican diferencia estadística (P<0.05).

Cuadro 5. Cambio del pH de las fresas, a través del tiempo.

Método ¹	Tiempo (h) ²	Días de almacenamiento				
		0	3	6	9	12
Aire Forzado	0	3.60 ± 0.03 ^{axy}	3.53 ± 0.03 ^{abxy}	3.66 ± 0.04 ^{abx}	3.62 ± 0.05 ^{ax}	3.52 ± 0.02 ^{by}
	4	3.60 ± 0.03 ^{ax}	3.54 ± 0.01 ^{cx}	3.60 ± 0.05 ^{bx}	3.63 ± 0.03 ^{ax}	3.55 ± 0.09 ^{abx}
	8	3.60 ± 0.03 ^{ax}	3.58 ± 0.05 ^{ax}	3.66 ± 0.06 ^{abx}	3.76 ± 0.16 ^{ax}	3.65 ± 0.05 ^{ax}
	24	3.60 ± 0.03 ^{ax}	3.59 ± 0.04 ^{abex}	3.64 ± 0.12 ^{abx}	3.69 ± 0.07 ^{ax}	3.64 ± 0.10 ^{abx}
Hidrogenfriamiento	0	3.60 ± 0.03 ^{ax}	3.59 ± 0.05 ^{abex}	3.67 ± 0.13 ^{abx}	3.62 ± 0.07 ^{ax}	3.62 ± 0.05 ^{abx}
	4	3.60 ± 0.03 ^{ay}	3.63 ± 0.03 ^{abxy}	3.68 ± 0.02 ^{abxy}	3.73 ± 0.12 ^{ax}	3.58 ± 0.06 ^{aby}
	8	3.60 ± 0.03 ^{ayz}	3.56 ± 0.04 ^{bez}	3.66 ± 0.04 ^{abxy}	3.70 ± 0.03 ^{ax}	3.64 ± 0.03 ^{abxyz}
	24	3.60 ± 0.03 ^{ay}	3.63 ± 0.04 ^{aby}	3.77 ± 0.06 ^{ax}	3.66 ± 0.06 ^{ay}	3.66 ± 0.02 ^{ay}
C.V. (%)		0.83	1.20	2.27	2.45	1.71

¹Medio de enfriamiento; ²Tiempo de espera a 10 °C antes de enfriamiento final; ³Coefficiente de variación; ⁴Letras distintas (a-c) en la misma columna indican diferencia estadística (P<0.05), letras distintas (x-z) en la misma fila indican diferencia estadística (P<0.05).

Cuadro 6. Efecto del tiempo en el contenido de los sólidos solubles (grados Brix) de las fresas.

Método ¹	Tiempo (h) ²	Días de almacenamiento				
		0	3	6	9	12
Aire Forzado	0	6.46 ± 0.85 ^{ax}	6.00 ± 0.43 ^{ax}	5.46 ± 0.30 ^{bx}	6.00 ± 0.17 ^{ax}	5.90 ± 0.51 ^{ax}
	4	6.46 ± 0.85 ^{ax}	5.70 ± 0.43 ^{ax}	6.33 ± 0.51 ^{ax}	6.00 ± 0.10 ^{ax}	5.96 ± 0.15 ^{ax}
	8	6.46 ± 0.85 ^{ax}	5.80 ± 0.26 ^{axy}	5.60 ± 0.20 ^{bxy}	5.40 ± 0.40 ^{bey}	5.40 ± 0.26 ^{aby}
	24	6.46 ± 0.85 ^{ax}	5.40 ± 0.20 ^{ay}	5.40 ± 0.26 ^{by}	5.36 ± 0.20 ^{bey}	5.13 ± 0.46 ^{by}
	0	6.46 ± 0.85 ^{ax}	5.80 ± 0.10 ^{axy}	5.53 ± 0.05 ^{by}	5.13 ± 0.35 ^{cy}	5.46 ± 0.05 ^{aby}
Hidroenfriamiento	4	6.46 ± 0.85 ^{ax}	5.56 ± 0.25 ^{axy}	5.33 ± 0.32 ^{by}	5.60 ± 0.26 ^{abxy}	5.33 ± 0.41 ^{aby}
	8	6.46 ± 0.85 ^{ax}	5.43 ± 0.11 ^{ay}	5.46 ± 0.20 ^{by}	5.06 ± 0.11 ^{cy}	5.56 ± 0.15 ^{aby}
	24	6.46 ± 0.85 ^{ax}	5.46 ± 0.47 ^{ay}	5.33 ± 0.15 ^{by}	5.36 ± 0.25 ^{bey}	5.53 ± 0.15 ^{aby}
	C.V. (%)	13.1	5.67	5.35	4.18	5.95

¹Medio de enfriamiento; ²Tiempo de espera a 10 °C antes de enfriamiento final; ³Coficiente de variación; ⁴Letras distintas (a-c) en la misma columna indican diferencia estadística (P<0.05), letras distintas (x-y) en la misma fila indican diferencia estadística (P<0.05).

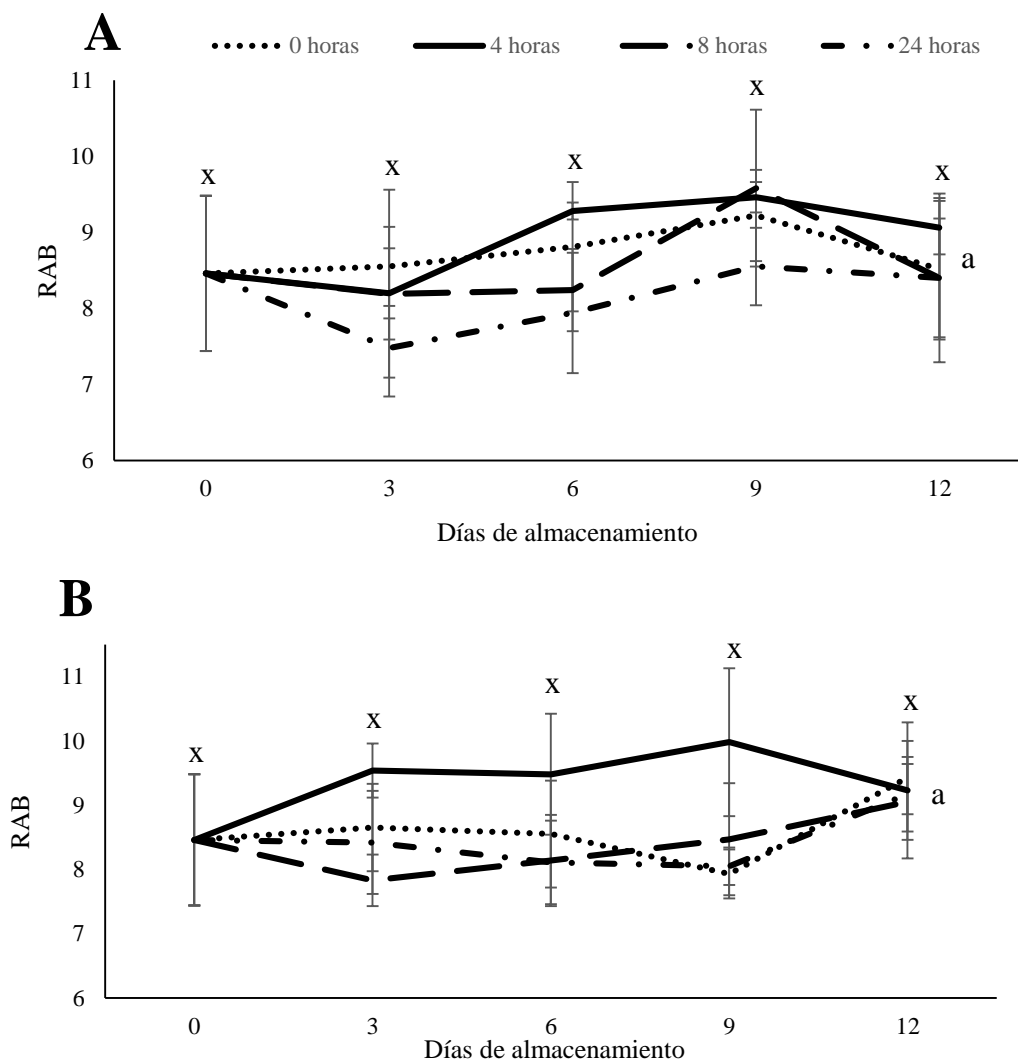


Figura 3. Efecto del tiempo en la relación de sólidos solubles y acidez de las fresas (RAB) con tiempo de espera (horas) a 10 °C antes de enfriamiento final. Letras distintas (a-b) indican diferencia estadística ($P < 0.05$) entre tratamientos, letras distintas (x-y) indican diferencia estadística ($P < 0.05$) a través del tiempo.

A: fresas enfriadas por aire forzado.

B: fresas enfriadas por hidroenfriamiento.

Apariencia de la fresa. La apariencia es el resultado de una interacción compleja que hay entre la luz que el objeto recibe, las características ópticas del objeto y la percepción humana, además muchas veces la apariencia determina la aceptabilidad de un producto ya que es el mensaje que este transmite (Harold 2001). Cada tres días se evaluaron tres empaques con fruta para su apariencia visual desde nueve como excelente hasta uno como extremadamente pobre. Las fresas enfriadas con aire tuvieron menos valor visual que aquellas que fueron enfriadas con agua. En el día seis, todos los periodos retrasados (mantenidos por 4, 8 y 24 horas a 10 °C) enfriados por aire forzado redujeron el valor visual a cinco, lo que significa que tenían bajo brillo y reducen su valor de venta. Sin embargo, las

fresas enfriadas con agua redujeron el valor visual a cinco al día doce, excepto las fresas que se mantuvieron durante 24 horas, lo que significa que las fresas tuvieron mejor aspecto brillante y de frescura. El tratamiento de hidrogenfriado en el campo tuvo mejor apariencia visual que los otros tratamientos hasta el día doce (Cuadro 7). La disminución de la apariencia fresca se ha relacionado con muchos factores como la pérdida de agua (García *et al.* 1998), cambios en la cera que cubre la fruta, lesiones mecánicas y pudrimiento (Prussia y Shewfelt 1993). En esta investigación la apariencia está más relacionada con la frescura y el brillo. La razón principal por la que el hidrogenfriado tiene mejor aspecto visual que el aire forzado convencional puede ser por la velocidad de enfriado que tiene en el campo. Nunes *et al.* (2005) encontraron que las fresas rápidamente enfriadas tenían mejor calidad que las enfriadas después de un par de horas.

Fruta saludable y podrida.

Durante la pos cosecha de las frutas existen lesiones mecánicas como golpes, cortes, perforaciones y abrasión. Los golpes ocurren mediante impacto y compresión, mediante compresión; por peso excesivo durante el transporte y mediante impacto al dejar caer la fruta en cosecha o manejo (USDA 2016). La fruta se vuelve más vulnerable a las enfermedades a medida que el tiempo pasa; estas enfermedades empiezan cuando en un punto la superficie de la fruta está golpeada. La fruta golpeada puede ser infectada por bacterias, debilitando la superficie de la misma y permitiendo la proliferación de otros microorganismos como los hongos.

Factores ambientales como temperatura y humedad afecta el crecimiento de estos, y temperaturas calientes aceleran el crecimiento (Kider *et al.* 2011). La fruta fue clasificada en saludable y podrida para cada empaque evaluado por tratamiento. La fruta saludable fue toda aquella que tuviera golpes menores y sin presencia de pudrimiento; fruta podrida fue toda aquella que tenía presencia de hongos o golpes severos. En los tratamientos de aire forzado, la fruta mantenida a 10 °C por 8 y 24 horas presentó menos fresa saludable a través del tiempo (Cuadro 8), y también más fruta podrida a través del tiempo. Fruta enfriada por aire forzado presentó casi el doble de fruta podrida en comparación a la fruta enfriada con agua al final del almacenamiento. Cumpliendo con los estándares de calidad del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés), todo lote de fresas que tenga menos o igual a 2% de fruta podrida es clasificada como US No. 1, y todo lote de fresas que tenga menos o igual a 3% de fruta podrida es clasificada como US No. 2 (USDA 2006).

En el día tres los tratamientos de hidrogenfriamiento no presentaron pudrición en comparación con aire forzado que un tratamiento presentó pudrición; en el día seis los tratamientos de hidrogenfriamiento se clasifican como US No. 1, mientras que las fresas de aire forzado solo dos tratamientos son US No. 1. En el día doce, un tratamiento de hidrogenfriamiento se clasifica como US No. 2, mientras que en aire forzado ningún tratamiento cumple con los estándares de calidad, en concordancia con Ferreira *et al.* (2006) quienes reportaron que la fresa enfriada por aire forzado tiene más pudrimiento que la fresa hidrogenfriada a través del tiempo.

Cuadro 7. Clasificación visual de la apariencia de las fresas, a través del tiempo de almacenamiento.

Método ¹	Tiempo (h) ²	Días de almacenamiento				
		0	3	6	9	12
Aire Forzado	0	9.0 ± 0.0 ^{ax}	7.0 ± 0.0 ^{ay}	7.0 ± 0.0 ^{ay}	5.0 ± 0.0 ^{bz}	5.0 ± 0.0 ^{az}
	4	9.0 ± 0.0 ^{ax}	7.0 ± 0.0 ^{ay}	5.0 ± 0.0 ^{bz}	5.0 ± 0.0 ^{bz}	5.0 ± 0.0 ^{az}
	8	9.0 ± 0.0 ^{ax}	7.0 ± 0.0 ^{ay}	5.0 ± 0.0 ^{bz}	5.0 ± 0.0 ^{bz}	5.0 ± 0.0 ^{az}
	24	9.0 ± 0.0 ^{ax}	7.0 ± 0.0 ^{ay}	5.0 ± 0.0 ^{bz}	5.0 ± 0.0 ^{bz}	5.0 ± 0.0 ^{az}
Hidroenfriamiento	0	9.0 ± 0.0 ^{ax}	7.0 ± 0.0 ^{ay}	7.0 ± 0.0 ^{ay}	6.3 ± 1.1 ^{aby}	5.6 ± 1.1 ^{ay}
	4	9.0 ± 0.0 ^{ax}	7.0 ± 0.0 ^{ay}	7.0 ± 0.0 ^{ay}	6.3 ± 1.1 ^{aby}	5.0 ± 0.0 ^{az}
	8	9.0 ± 0.0 ^{ax}	7.0 ± 0.0 ^{ay}	7.0 ± 0.0 ^{ay}	7.0 ± 0.0 ^{ay}	5.0 ± 0.0 ^{az}
	24	9.0 ± 0.0 ^{ax}	7.0 ± 0.0 ^{ay}	6.3 ± 1.1 ^{ayz}	5.6 ± 1.1 ^{abyz}	5.0 ± 0.0 ^{az}
C.V. (%)		0.00	0.00	6.62	13.0	8.03

¹Método de enfriamiento; ²Tiempo de espera a 10 °C antes de enfriamiento final; ³Coefficiente de variación; ⁴Letras distintas (a-b) en la misma columna indican diferencia estadística (P<0.05), letras distintas (x-z) en la misma fila indican diferencia estadística (P<0.05);

⁴9=excelente: apariencia muy fresca y alto brillo; 7= bueno: apariencia fresca y brillo; 5 = medio: apariencia no fresca y poco brillo; 3=pobre: apariencia pálida y ausencia de brillo; 1=extremadamente pobre: apariencia marchita.

Cuadro 8. Porcentaje de fruta saludable obtenida en los días de evaluación.

Método ¹	Tiempo (h) ²	Días de almacenamiento				
		0	3	6	9	12
Aire Forzado	0	100 ± 0.00 ^{ax}	100 ± 0.00 ^{ax}	98.2 ± 3.03 ^{ax}	92.0 ± 9.70 ^{ax}	94.5 ± 0.35 ^{ax}
	4	100 ± 0.00 ^{ax}	100 ± 0.00 ^{ax}	95.2 ± 8.24 ^{ax}	94.5 ± 5.93 ^{ax}	95.1 ± 4.76 ^{ax}
	8	100 ± 0.00 ^{ax}	100 ± 0.00 ^{ax}	96.4 ± 3.12 ^{ax}	98.2 ± 3.03 ^{ax}	85.7 ± 5.91 ^{ay}
	24	100 ± 0.00 ^{ax}	96.4 ± 6.07 ^{ax}	100 ± 0.00 ^{ax}	90.0 ± 5.11 ^{ax}	87.6 ± 11.48 ^{ay}
Hidroenfriamiento	0	100 ± 0.00 ^{ax}	100 ± 0.00 ^{ax}	98.4 ± 2.74 ^{ax}	100 ± 0.00 ^{ax}	92.9 ± 6.11 ^{ax}
	4	100 ± 0.00 ^{ax}	100 ± 0.00 ^{ax}	100 ± 0.00 ^{ax}	90.5 ± 8.56 ^{ax}	91.1 ± 7.69 ^{ax}
	8	100 ± 0.00 ^{ax}	100 ± 0.00 ^{ax}	100 ± 0.00 ^{ax}	97.9 ± 3.60 ^{ax}	98.1 ± 3.20 ^{ax}
	24	100 ± 0.00 ^{ax}	100 ± 0.00 ^{ax}	100 ± 0.00 ^{ax}	90.8 ± 3.19 ^{ay}	94.1 ± 5.88 ^{ay}
C.V. (%)		0.00	2.15	3.59	6.18	7.07

¹Medio de enfriamiento; ²Tiempo de espera a 10 °C antes de enfriamiento final; ³Coefficiente de variación; ⁴Letras distintas (a-c) en la misma columna indican diferencia estadística (P<0.05), letras distintas (x-z) en la misma fila indican diferencia estadística (P<0.05).

4. CONCLUSIONES

- El método de hidrogenfriamiento mantiene las fresas con una mejor apariencia que el enfriamiento por aire forzado.
- Mantener las fresas por 8 horas a 10 °C no afecta los parámetros de croma, matiz, sólidos solubles y acidez, comparando con fresas sin tiempo de espera.
- Las fresas enfriadas con agua presentan menos pudrición que las enfriadas con aire, basado en los estándares de calidad del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.
- Mantener las fresas a 10 °C por 24 horas baja la acidez titulable y sólidos solubles en comparación con el proceso convencional.

5. RECOMENDACIONES

- Realizar otra prueba con la misma variedad de fresa durante quince días para obtener mayores diferencias.
- Realizar otro estudio que tenga todos los tratamientos enfriados con agua en campo y realizar en el laboratorio los respectivos tiempos de retrasos a 10 °C.
- Cuantificar propiedades nutricionales de las fresas realizando el pre enfriamiento y comparar entre las dos metodologías.
- Realizar varias réplicas con el mismo experimento durante la temporada de producción de fresas.
- Revisar la calidad de las fresas durante almacenamiento en tiempos de espera entre 8 y 24 horas.

6. LITERATURA CITADA

Afirin B, Chau K. 1998. Cooling of strawberries in cartons with vent holes designs. Trans. ASHRAE. Vol. 94 (1): 1415-1426.

Ali A, Abrar M, Sultan T, Din A, Niaz B. 2011. Postharvest physicochemical changes in full ripe strawberries during cold storage. Bahauddin Zakariya University, Multan. Department of Food Sciences. ISN: 1018-7081.

California Strawberry Commission (CSC). 2011. Maintaining Quality of Fresh Strawberries. Watsonville, CA. 26p. Citado el 21 de Febrero del 2017. Disponible en: <https://calstrawberry1-web.sharepoint.com/Reports/Retail%20Collateral/Maintaining%20Quality%20of%20Fresh%20Strawberries.pdf>

Chandler, Craig K.; Peres, Natalia A.; Whitaker, Vance M.; Smith, Hugh A.; Brown, and Sydney. 2015. HS1154/HS403: Growing Strawberries in the Florida Home Garden. University of Florida: Horticultural Sciences. Citado el 21 de Febrero del 2017. Disponible en: <http://edis.ifas.ufl.edu/hs403>.

Da Silva F, Escribano M, Pérez J, Rivas J, Santos C. 2007. Anthocyanin pigments in Strawberry. Salamanca University, Spain. Facultad de Farmacia. Laboratorio de Nutrición y Bromatología. 9p.

DeEll J. 2005. Forced-Air Cooling Systems for Fresh Ontario Fruits and Vegetables. Ontario ministry of agriculture, food, and rural affairs. Citado el 01 de Junio del 2017. Disponible en: <http://www.omafra.gov.on.ca/english/engineer/facts/14-039.htm>

Ferreira M, Brecht JK, Sargent SA, Chandler CK. 2006. Hydrocooling as an Alternative to Forced air Cooling for Maintaining Fresh-Market Strawberry Quality. University of Florida: Horticultural Sciences. 8 p. Citado 2017 Feb 10. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Marcos_Ferreira11/publication/254145449_Hydrocooling_as_an_Alternative_to_Forced_air_Cooling_for_Maintaining_Fresh-market_Strawberry_Quality/links/5555f69d08ae980ca60c7eb0.pdf.

Food and Drugs Administration (FDA). 2016. Food for human consumption. Sustances utilized to control the growth of microorganism. Sanitizing solutions. Department of Health and Human services. CFR title 21. Citado el 02 de Junio del 2017. Disponible en: <https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRSearch.cfm?fr=178.1010>

Florida Strawberry Association (FSGA). 2017. Facts About Florida Strawberries. Plant city: Copyright. Citado el 21 de Febrero del 2017. <http://floridastrawberry.org/facts-about-florida-strawberries>

García J, Medina R and Olías J. 1998. Quality of strawberries automatically packed in different plastic films. *Food Science*. 63: 1037-1041.

Gil M, Encarna A and Kader A. 2006. Quality changes and nutrient retention in fresh cuts versus whole fruits during storage. *Journal of agricultural and food chemistry*. Food chem. 54 (12), pp 4284-4296. DOI: 10.1021.

Harold W. 2001. An Introduction to Appearance Analysis. Graphic arts technical foundation. Sewickley, Pennsylvania. SS No 84. 15143-2600. Disponible en: <http://www.color.org/ss84.pdf>

Huber D. 1984. Strawberry fruit softening: the potential roles of polyuronides and hemicelluloses. Vegetable crops department. *Journal of Food Science*. 49:1310-1315.

Jacomino A, Sargent S, Berry A, Brecht J. 2011. Potential for grading, Sanitizing and Hydrocooling Fresh Strawberries. University of Florida, Horticultural Sciences. 124:221-226.

Jayasena V, Cameron I. 2007. Brix/Acid Ratio as a predictor of consumer acceptability of crimson seedless table grapes. Curtin University of Technology. Department of Agriculture and Food Western Australia. 15p.

Kader A. 2002. Postharvest Technology of Horticultural crops. University of California. 3rd edition. 535p. ISBN: 978-1-879906-51-8.

Kider J, Raja S, Badler N. 2011. Fruit Senescence and Decay Simulation. University of Pennsylvania. Eurographics. 12p. DOI: 10.1111/j.1467-8659.2011.01857.x.

Koh TH, Melton LD. 2004. Ripening related changes in cell wall polysaccharides of strawberry cortical and pith tissues. *Postharvest biology and technology*. 26: 23-33.

Konica Minolta. 2007. L*C*h Color space. Precise Color Communication. Printed in Japan.

Mazza G, Miniati E. 1993. Anthocyanins in fruits, vegetables and grains. Boca Raton, Florida. 362p. ISBN: 0849301726.

Miles B. 2003. The Citric Acid Cycle: citrate synthase. Texas A&M University. Citado en Julio 15, 2017. Disponible en: <https://www.tamu.edu/faculty/bmiles/lectures/CITRIC.pdf>

Nogata Y, Ohta H, Voragen A. 1993. Polygalacturonase in strawberry fruit. 34:617-620.

Nunes C, Morais A, Brecht J, Sargent S, Bartz J. 2005. Prompt Cooling Reduces Incidence and Severity of Decay Caused by *Botrytis cinerea* and *Rhizopus stolonifer* in Strawberry.

University of Florida. 4 p; [citado 2017 Feb 20]. Disponible en: <http://horttech.ashspublications.org/content/15/1/153.full.pdf+html>

Nunes C, Jeffrey K, Alcina M, Steven S. 2006. Physicochemical changes during strawberry development in the field compared with those that occur in harvested fruit during storage. University of Florida. Citado el 10 de Mayo del 2017. Disponible en: <http://repositorio.ucp.pt/bitstream/10400.14/6724/3/Physicochemical%20changes%20during%20strawberry%20%20%20.pdf>

Prussia S, Shewfelt R. 1993. Systems approach to postharvest handling. University of Georgia. Academic press limited. United Kingdom, London. ISBN: 0-12-639990-5. 339 p.

Talbot M, Chau K. 2002. Precooling strawberries. Food and agricultural sciences. University of Florida. Gainesville. 11 p.

Thompson J, Mitchell F, Rumsey T, Kasmire R y Crisosto C. 2002. Commercial cooling of fruits, vegetables and flowers. University of California. 61 p.

UC Davis. 2017. Photosynthesis and Respiration. University of California. Fruit and Nut, Research and Information. Citado 2017 Julio 23. Disponible en: http://fruitandnuteducation.ucdavis.edu/generaltopics/Tree_Growth_Structure/Photosynthesis_Respiration/

United States Department of Agriculture (USDA). 2006. United States Standards for Grades of Strawberries. Citado 2017 Julio 25. Disponible en: https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/Strawberry_Standard%5B1%5D.pdf

United States Department of Agriculture (USDA). 2012. Economic Research Service. <http://usda.mannlib.cornell.edu/MannUsda/viewDocumentInfo.do?documentID=1381>

United States Department of Agriculture (USDA) Handbook 66. 2016. The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks. Agricultural Research Service. 792 p. Citado el 06 de Julio del 2017. Disponible en: <https://www.ars.usda.gov/ARSUserFiles/oc/np/CommercialStorage/CommercialStorage.pdf>

Wu F, Zheng F, Widden A. 2012. Strawberry Industry Overview and Outlook. University of Florida. Gainesville. 12 p. Citado el 15 de Febrero del 2017. Disponible en: <http://www.fred.ifas.ufl.edu/pdf/webinar/Strawberry.pdf>

Whitaker V, Chandler C, Santos B, Peres N. 2016. HS1151/HS400: 'Florida Radiance' Strawberry. University of Florida: Horticultural Sciences. Citado el 21 de Febrero del 2017. <http://edis.ifas.ufl.edu/hs400>.

Xrite. 2004. The color Guide and Glossary. Grandville, MI. Printed in USA. ISO 9001 certified. Citado el 12 de Mayo del 2017. Disponible en: https://xritephoto.com/documents/literature/en/L11-029_color_guide_EN.pdf

Younge S, Bishop C, Bani R. 2014. Effect of storage time on respiration rate of strawberry (ev. Elsanta) sourced from some retail in United Kingdom. University of Ghana. 13p.

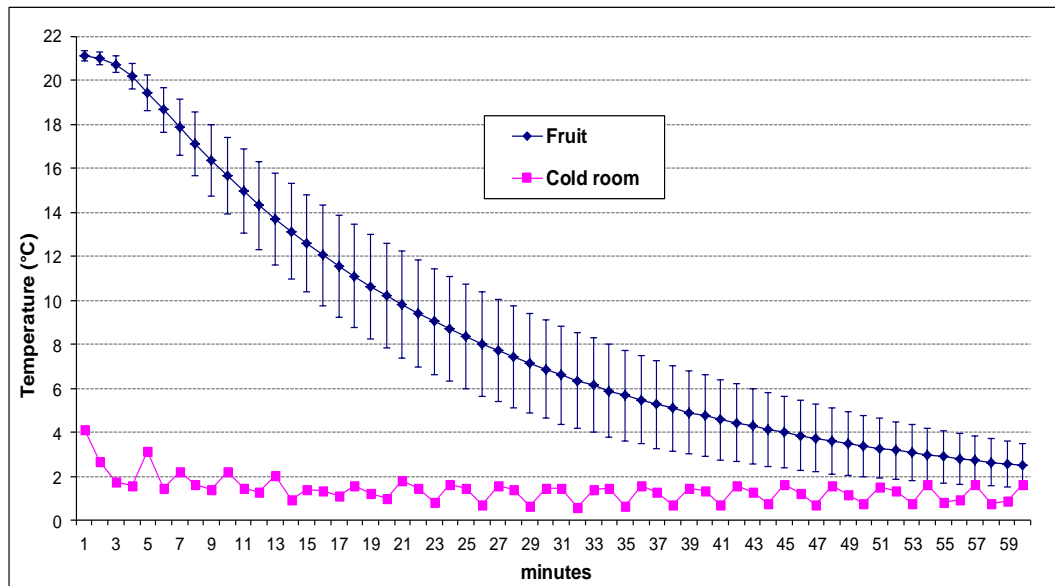
7. ANEXOS

Anexo 1. Efecto del tiempo en el cáliz de las fresas.

Medio ¹	Tiempo (h) ²	Días de almacenamiento				
		0	3	6	9	12
Aire	0	1 ± 0.0 ^{ax}	1 ± 0.0 ^{ax}	1 ± 0.0 ^{ax}	1 ± 0.0 ^{ax}	1 ± 0.0 ^{ax}
	4	1 ± 0.0 ^{ax}	1 ± 0.0 ^{ax}	1 ± 0.0 ^{ax}	1 ± 0.0 ^{ax}	1 ± 0.0 ^{ax}
	8	1 ± 0.0 ^{ax}	1 ± 0.0 ^{ax}	1 ± 0.0 ^{ax}	1 ± 0.0 ^{ax}	1 ± 0.0 ^{ax}
	24	1 ± 0.0 ^{ax}	1 ± 0.0 ^{ax}	1 ± 0.0 ^{ax}	1 ± 0.0 ^{ax}	1.6 ± 1.1 ^{ax}
Agua	0	1 ± 0.0 ^{ax}	1 ± 0.0 ^{ax}	1 ± 0.0 ^{ax}	1 ± 0.0 ^{ax}	1 ± 0.0 ^{ax}
	4	1 ± 0.0 ^{ax}	1 ± 0.0 ^{ax}	1 ± 0.0 ^{ax}	1 ± 0.0 ^{ax}	1 ± 0.0 ^{ax}
	8	1 ± 0.0 ^{ax}	1 ± 0.0 ^{ax}	1 ± 0.0 ^{ax}	1 ± 0.0 ^{ax}	1 ± 0.0 ^{ax}
	24	1 ± 0.0 ^{ax}	1 ± 0.0 ^{ax}	1 ± 0.0 ^{ax}	1 ± 0.0 ^{ax}	1.6 ± 1.1 ^{ax}

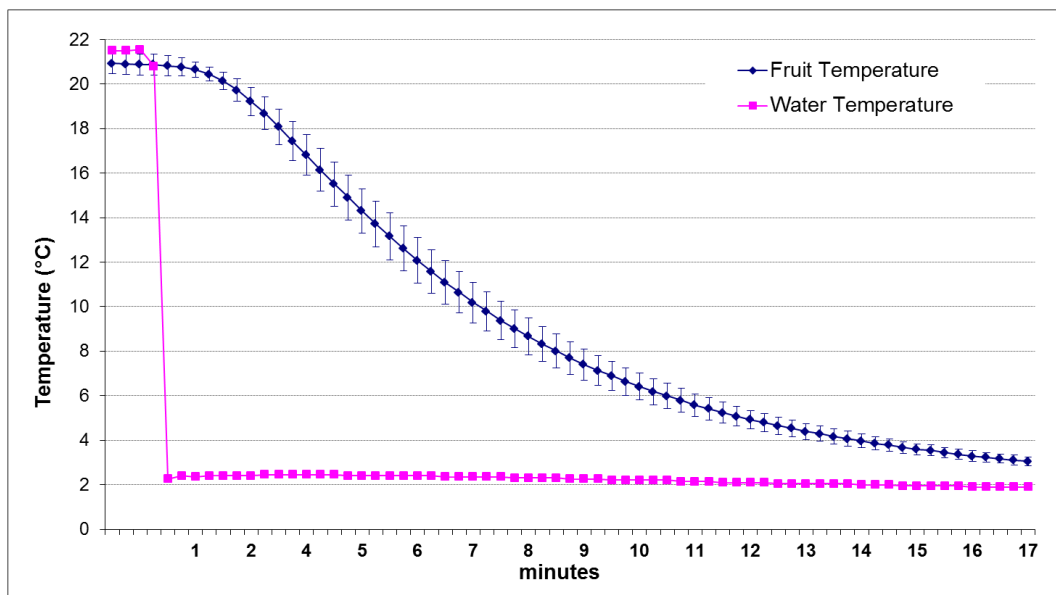
¹Medio de enfriamiento; ²Tiempo de espera a 10°C antes de enfriamiento final; ³Letras distintas (a-b) en la misma columna indican diferencia estadística (P<0.05), letras distintas (x-z) en la misma fila indican diferencia estadística (P<0.05); ⁴1 = turgente; 2 = marchito; 3 = deshidratado.

Anexo 2. Tasa de enfriamiento para aire forzado en fresas.



Fuente: Sargent 2015

Anexo 3. Tasa de enfriamiento para hidrogenfriamiento en fresas



Fuente: Sargent 2015