

Universidad de El Salvador
Facultad de Ciencias Agronómicas



Evaluación del efecto de tratamiento hidrotérmico, en el
mantenimiento de la calidad y vida útil de Loroco (***Fernaldia***
pandurata W.).

Por:

Godofredo Ramírez Garay.

Universidad de El Salvador
Facultad de Ciencias Agronómicas
Departamento de Agroindustria



Evaluación del efecto de tratamiento hidrotérmico, en el
mantenimiento de la calidad y vida útil de Loroco (***Fernaldia***
pandurata W.).

por:

Godofredo Ramírez Garay.

Presentada como requisito para obtener el Título de Ingeniero
Agroindustrial.

Ciudad Universitaria, Octubre 2024.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

M. Sc. JUAN ROSA QUINTANILLA

SECRETARIO GENERAL

Lic. PEDRO ROSALIO ESCOBAR CASTANEDA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS

DECANO

MAECE NELSON BERNABE GRANADOS ALVARADO

SECRETARIO

M. Sc. EDGAR GEOVANY REYES MELARA

**JEFE DEL DEPARTAMENTO DE
INGENIERIA AGROINDUSTRIAL**

M. Sc. HUMBERTO RUIZ MEJIA

COORDINADOR DE CURSO

M. Sc. OMAR ANTONIO LARA DIAZ

ASESOR DE TESINA

M. Sc. HUMBERTO RUIZ MEJIA

COORDINADORA GENERAL DE PROCESOS DE GRADO

ING. HAYDEE ESMERALDA MUNGUÍA DE PÉREZ

Dedicatoria y agradecimientos

Agradezco a mis padres Ricardo Ramírez Beltrán y Esther Margarita Garay Beltrán, por brindarme tan valioso regalo de la educación, por su esfuerzo sobrehumano y sincero que durante toda su vida me han brindado.

Agradezco a Magaly Sandoval, base fundamental de la culminación de este proyecto, sin tu ayuda no hubiese sido posible nada, gracias por siempre estar ahí.

Agradecimientos a mi asesor Ing. M. Sc. Humberto Ruiz Mejía, por brindarme las herramientas académicas y técnicas, para poder desarrollar y culminar dicha tesina.

Dedicatoria al motor de mi esfuerzo, a mi hija Itzel Marley, en esta vida todo es posible con esfuerzo y constancia, que recuerde que el mayor acto de rebeldía siendo pobre, es estudiar.

ÍNDICE GENERAL.

	Pág.
I. Introducción.	2
II. Planteamiento del problema.	4
III. Objetivos	6
3.1 Objetivo general.....	6
3.2 Objetivos específicos.	6
IV. Antecedentes.	7
V. Revisión bibliográfica.	9
5.1 Cultivo de Loroco (<i>Fernaldia pandurata</i> W)	9
5.1.1 Origen y distribución.	9
5.1.2 Descripción botánica de la flor de loroco.....	9
5.1.3 Variedades de loroco.	10
5.2 Comercialización interna y exportación de flor de loroco.....	10
5.3 Propiedades físicas y químicas del loroco.	11
5.4 Índice de cosecha.....	13
5.5 Tasa respiratoria de la flor de loroco	13
5.6 Efecto de los tratamientos térmicos leves.	13
5.7 Conservación por frío.....	15
5.8 Daño por frío.	15
VI. Materiales y métodos.	17
6.1 Localización del estudio.....	17
6.2 Material vegetal.	17
6.3 Tratamientos y diseño experimental.	18
6.4 Montaje del ensayo.....	19
6.5 Determinación de características físico químicas.	23
6.6 Determinación de daño por frío.....	25
VII. Resultados y discusión.....	26
7.1 Caracterización de materia prima.	26
7.2 Pérdida de peso.....	26
7.3 Medición de pH.....	27
7.4 Acidez titulable.....	28

7.5 Sólidos solubles totales	29
7.6 Análisis sensorial	30
7.7 Daño por frío.....	31
VIII. Conclusiones.....	33
IX. Bibliografía.	34
X. ANEXOS	38

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Contenido nutricional de flor de loroco por cada 100 gr.	12
Cuadro 2. Distribución de los tratamientos.	18

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Flor de loroco.....	9
Figura 2. Planta de loroco.....	11
Figura 3. Botón floral con coloración verde claro.....	13
Figura 4. Apariencia de racimos de flor de Loroco cosechada en parcelas de ASALOSPM de R.L.....	17
Figura 5. Flujograma del proceso para aplicación de tratamientos térmicos en flores de loroco.....	19
Figura 6. Selección y caracterización de la flor de loroco.....	20
Figura 7. Lavado y drenado de flor de loroco.....	20
Figura 8. Aplicación de tratamientos hidrotérmicos y drenado en flor de loroco..	21
Figura 9. Pesaje de unidad experimental de flor de loroco.....	22
Figura 10. Almacenamiento de flor de loroco a 4°C.....	22
Figura 11. Evolución de la variable pérdida de peso (gr) en flor de loroco....	27
Figura 12. Evolución de la variable pH, en flores de loroco sometidas a tratamientos hidrotérmicos, almacenadas durante 9 días a 4°C.....	28
Figura 13. Evolución de la variable acidez titulable (% de ácido cítrico), en flores de loroco sometidas a tratamientos hidrotérmicos, almacenadas durante 9 días a 4°C.....	29
Figura 14. Evolución de la variable Sólidos Solubles Totales, en flores de loroco sometidas a tratamientos hidrotérmicos, almacenadas durante 9 días a 4°C.....	30
Figura 15. Representación gráfica del ACP y auto vectores para atributos y tratamientos.....	31
Figura 16. Evolución de la flor de loroco, en la variable daño por frio.....	32

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Ficha de evaluación sensorial.....	38
Anexo 2. Valores promedios de la variable pérdida de peso.....	39
Anexo 3. Cuadro de Análisis de la Varianza de la variable pérdida de peso.....	39
Anexo 4. Valores promedio de la variable PH.....	39
Anexo 5. Cuadro de Análisis de la Varianza de la variable PH.....	39
Anexo 6. Valores promedios de la variable Acidez Titulable.....	40
Anexo 7. Cuadro de Análisis de la Varianza de la variable acidez titulable.....	40
Anexo 8. Valores promedios de la variable Solidos Solubles Totales.....	40
Anexo 9. Cuadro de Análisis de la Varianza de la variable Solidos Solubles Totales.....	40
Anexo 10. Cuadro de autovectores del análisis sensorial de la flor de loroco.....	40
Anexo 11. Valores promedio a los 9 días de almacenamiento de atributos sensoriales.....	41

Resumen.

La flor de loroco (*Fernaldia pandurata* W.) es un cultivo étnico, con alto potencial de exportación. Sin embargo presenta una corta vida útil si no es congelada. En la investigación se estableció como objetivo evaluar la aplicación de tratamientos hidrotérmicos de 40 y 50 °C, y el tiempo de inmersión de 2 y 3 minutos, sobre el mantenimiento de la calidad y vida útil de la flor de loroco, almacenada a 4°C durante 9 días. La aplicación de los tratamientos hidrotérmicos se llevó a cabo en la Planta de Procesamiento de Frutas y Hortalizas de la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómica. Se evaluaron las variables pérdida de peso, pH, acidez titulable, sólidos solubles totales y análisis sensorial. Los resultados obtenidos para las variables de calidad físico químicas, no presentaron diferencia significativa entre los tratamientos. En la percepción sensorial el tratamiento de 50°C y 2 minutos de inmersión presentó el mejor perfil sensorial, para las características de olor y apariencia general.

Palabras claves: tratamiento hidrotérmico, flor de loroco, olor, apariencia general.

Abstract.

The loroco flower (*Fernaldia pandurata* W.) is an ethnic crop, with high export potential. However, it has a short shelf life if not frozen. The objective of the research was to evaluate the application of hydrothermal treatments of 40 and 50 °C, and the immersion time of 2 and 3 minutes, on the maintenance of the quality and useful life of the loroco flower, stored at 4°C for 9 days. The application of hydrothermal treatments was carried out in the Fruit and Vegetable Processing Plant of the Experimental and Practice Station of the Faculty of Agronomic Sciences. The variables weight loss, pH, titratable acidity, total soluble solids and sensory analysis were evaluated. The results obtained for the physical and chemical quality variables did not present a significant difference between the treatments. In sensory perception, the treatment of 50°C and 2 minutes of immersion presented the best sensory profile, presenting the highest values in the odor and general appearance variables.

Keywords: Hydrothermal treatments, loroco flower, odor, general appearance.

I. Introducción.

El loroco (*Fernaldia pandurata* W.) o Quilite es un cultivo étnico no tradicional de Centroamérica y parte de México, arraigado en la cocina salvadoreña desde tiempos precolombinos. Es un cultivo que hasta hace dos décadas se encontraba en forma silvestre o cultivada en huertos caseros, sin manejo agronómico ni fitosanitario.

La flor de loroco posee una gran demanda en la preparación de comidas, se utiliza en la elaboración de platos típicos nacionales como pupusas, tamales, y aditivos para darle sabor a otros alimentos como tortas de queso, sopas entre otros. Actualmente El Salvador y Guatemala exportan cientos de miles de dólares al año principalmente congelado (Arce *et al.* 2007).

Hoy en día, muchos de los agricultores y exportadores han identificado el potencial de este cultivo tanto en forma fresca como procesado y su posibilidad no solo de un mercado interno, sino también de una comercialización para el exterior, principalmente hacia los Estados Unidos, Canadá e Italia, países donde viven Centroamericanos, entre ellos miles de salvadoreños que son los mayores consumidores de este producto considerado como “nostálgico” (CENTA 2018).

Debido a que la flor de loroco es altamente perecedera, se deben utilizar métodos para disminuir la velocidad de respiración y así prolongar la vida útil. Sin embargo, los métodos tradicionales de preservación como la congelación no son siempre los adecuados si se desea mantener las propiedades de los tejidos vegetales (Rovira *et al.* 2019).

Mediante refrigeración de uso doméstico, es posible conservar el loroco por un periodo de 8 días, la calidad que se logra dependerá de las condiciones de manejo a que se someta, previo al enfriamiento. La pérdida de calidad del loroco congelado se asocia principalmente con la pérdida del aroma (CENTA 2018).

Por la información bibliográfica consultada se concluye que existe la necesidad de investigar el efecto del tratamiento hidrotérmico en flores de loroco, para ello se plantea la aplicación de tratamientos hidrotérmicos (inmersión en agua caliente a 40°C y 50°C durante 2 y 3 minutos) y su influencia en la preservación de la calidad,

vida útil y daño por frío en loroco, almacenado bajo temperatura de refrigeración de 4°C.

II. Planteamiento del problema.

El loroco (*Fernaldia pandurata* W) es un cultivo étnico que hasta hace algunos años solamente se encontraba en forma silvestres o cultivado en huertos caseros por amas de casa y pequeños agricultores, sin una técnica adecuada de manejo, ni considerando su valor nutritivo, comercial y sus múltiples usos (CENTA 2018).

Según el MAG (2020) en el país para el periodo 2019-2020 se cultivaron 560.1 hectáreas de cultivo de loroco, con una producción de 40,710 quintales (qq), con un rendimiento de 72.7 qq/ ha, siendo un cultivo no tradicional que representa una buena alternativa para generar ingresos.

La flor de loroco presenta una tasa respiratoria alta, por lo cual es altamente perecedera. La preferencia de consumo en el mercado local y externo es en fresco, porque es este estado conserva sus características organolépticas. Debido a que es altamente perecedero los métodos de conservación más utilizados son la refrigeración y congelación.

Asif, citado por Ruiz (2019) determinó que la exposición de temperaturas mayores a 40 °C tendría una acción inhibitoria de la actividad de las enzimas como la ACCS (1-aminociclopropano-1-carboxilato sintasa) y ACCO (1-aminociclopropano-1-carboxilato oxidasa) responsables de catalizar la síntesis de etileno.

Los tratamientos térmicos suaves pueden alargar la vida útil de frutas y hortalizas, los efectos que se le atribuyen son una inactivación de la degradación de la clorofila y una disminución de la población microbiana (Zapata et al. s.f.).

Se considera que la flor de loroco es altamente perecedera, con una vida de anaquel no mayor a dos días a temperatura ambiente. El método más efectivo de conservación de la vida útil del loroco para exportación es la congelación, que permite conservar condiciones aceptables hasta por tres meses, sin embargo en estas condiciones de almacenamiento ocurren pérdidas en la calidad organoléptica y nutricional. La aplicación de tratamientos térmicos suaves evita en productos hortofrutícolas alteraciones poscosecha.

En tal sentido, surge la siguiente interrogante ¿Si la aplicación del tratamiento hidrotérmico en loroco (*Fernaldia pandurata* W.) incide en el mantenimiento de la calidad, vida útil y daño por frío?

III. Objetivos

3.1 Objetivo general.

- Evaluar el efecto de temperaturas de 40°C y 50°C como tratamiento hidrotérmico suave, y tiempos de inmersión de 2 y 3 min, en la flor de loroco (*Fernaldia pandurata W.*), con el fin de determinar su efecto sobre el mantenimiento de las características de calidad, daño por frío y vida útil.

3.2 Objetivos específicos.

- Determinar estadísticamente cuál de las temperaturas y tiempo de aplicación en estudio produce mejores efectos sobre la vida en anaquel, de la flor de loroco en su posterior almacenamiento refrigerado.
- Determinar mediante evaluaciones de los parámetros fisicoquímicos, cuál de las temperaturas y tiempo de inmersión, produce mejores efectos en el mantenimiento de la calidad en la flor de loroco.
- Determinar mediante la observación el daño por frío en la flor de loroco almacenada bajo condiciones de refrigeración.

IV. Antecedentes.

El Salvador es un productor de flor de loroco pero no existen estudios sobre la aplicación de tratamientos hidrotérmicos, y su efecto en el mantenimiento de la calidad y vida útil debido a que su almacenamiento es complicado al tratarse de una flor; sin embargo, hay antecedentes de aplicación de tratamientos hidrotérmicos en frutas y hortalizas a nivel internacional.

Estudios realizados por Escobar *et al.* (2014), sobre la aplicación de tratamiento térmico, recubrimiento comestible y baño químico como tratamientos poscosecha para la conservación de brócoli (*Brassica oleracea* var. Itálica), coliflor (*Brassica oleracea* var. Botrytis), zucchini (*Cucurbita pepo* L.), apio (*Apium graveolens*), zanahoria (*Daucus carota*) y güisquil (*Sechium edule*), mínimamente procesadas. Evaluaron el efecto de los tratamientos sobre la intensidad de respiración y la calidad sensorial. En el caso del tratamiento térmico se aplicó a 60 °C durante 2 min, con adición de ácido ascórbico (0.25%), ácido cítrico (0.5%) y cloruro de calcio (0.025%). El tratamiento térmico disminuyó la actividad de la respiración en: apio 68%, zanahoria 44%, coliflor 26%, chayote 26%, brócoli 16%, en comparación con la no aplicación de tratamiento térmico. Es de mencionar que la evaluación sensorial de los descriptores sensoriales de aroma y textura en brócoli y coliflor fue afectada, contribuyendo a la pérdida de la calidad sensorial general de ambos vegetales; las demás hortalizas no presentaron diferencias significativas con respecto a la muestra control durante el periodo de almacenamiento, y conservaron su calidad general.

Estudios similares realizados por Ruiz *et al.* (2015), en donde aplicaron tratamientos térmicos suaves en alcachofa, las inflorescencias fueron tratadas con agua caliente a 40 °C durante 5, 10 y 15 minutos. Como muestra control se utilizó agua destilada a 20 °C. Los tratamientos se realizaron en 10 pétalos florales, y se dejaron a temperatura ambiente en posición de escurrido. Diariamente se pesaron, para determinar las pérdidas de peso, así mismo se midió el color en las brácteas externas y se determinó la tasa de respiración. La aplicación del tratamiento térmico durante 10 minutos fue el único que no incrementó actividad respiratoria con respecto al control, mostrando valores significativamente distintos con respecto a las alcachofas que habían sido bañadas con agua a temperaturas superiores. La aplicación del tratamiento a 40 °C durante 10 minutos disminuyó los valores de

luminosidad (L^*) y por el contrario incremento los valores en la coordenada de color de a^* (de rojo a amarillo) con respecto a las alcachofas control y a las tratadas con tiempos diferentes.

En concordancia, Guevara y Ramos (2013), estudiaron el efecto del tratamiento hidrotérmico a 40, 45 y 50 °C por 2, 3, 4 minutos, en la conservación poscosecha del tomate cv. 'Nabateo' y un testigo, en el estado de madurez verde maduro, almacenados a $8\pm 0,5$ °C y 90 % H.R. Se evaluaron: pérdida de peso (%), color, textura, pH y sólidos solubles y se tomaron muestras semanales por 35 días. Se determinó que el tratamiento hidrotérmico reduce la actividad de la poligalacturonasa (enzima que está asociada al ablandamiento de tejidos vegetales) y evidencia el efecto que tiene el tratamiento con agua caliente para retardar la acción de esta enzima, prolongando el tiempo de vida útil hasta 34 días.

Por otra parte, Castellano *et al.* (2005), evaluaron el comportamiento poscosecha de frutos de guayaba (*Psidium guajava* L.); sometidas a inmersiones de Cloruro de Calcio al 2%, y agua caliente a 45°C por 5 minutos, almacenados a temperatura de 10°C y 22°C durante 12 días. Los resultados mostraron que hubo diferencias significativas en pérdida de peso presentando los valores más altos el tratamiento control e inmersiones en agua caliente, los frutos que obtuvieron menor pérdida de peso fueron los inmersos en solución de CaCl_2 al 2% en combinación con temperaturas de 45°C. En cuanto a valores de firmeza los valores más altos lo alcanzaron los tratamientos CaCl_2 y CaCl_2 +Temp, las variables referidas a sólidos solubles totales y pH presentaron poca variación, en cuanto al contenido de ácido ascórbico y la acidez titulable los valores más altos se presentaron en frutos almacenados a 22°C. Los resultados indican que el Cl_2Ca solo o combinado ayuda a la firmeza de la cáscara y evita la pérdida de peso en frutas de guayaba durante el almacenamiento poscosecha.

V. Revisión bibliográfica.

5.1 Cultivo de Loroco (*Fernaldia pandurata* W)

5.1.1 Origen y distribución.

Es una planta de gran arraigo a nuestra cultura, nuestros antepasados ya la conocían con el nombre de “Quilite”, nombre con el que también se le conoce actualmente en algunos lugares del país. Esta palabra significa en náhuatl “Cohollo”, “Hierba comestible” (OIRSA 2002). Flores, citado por Asencio *et al.* (2014) aseguran que la planta de loroco está distribuida en varios países de Centro América y algunos estados de México, pero la única parte donde se ha consumido desde sus orígenes, ha sido en El Salvador. Se distribuye desde el nivel del mar hasta los 1200 metros de altitud, especialmente en la zona occidental del país, en lugares conocidos como sabana tropical caliente o tierras calientes (entre los 20 a 800 msnm), en suelos desde franco a franco arcillosos.

5.1.2 Descripción botánica de la flor de loroco.

La flor es de color blanco (Figura 1), y la corola en su interior tiene muchos vellos finos observables cuando la flor está fresca. La inflorescencia se da en racimos y cada uno de ellos posee de 3 a 10 flores, dando un promedio de 25 por racimo. La época en que la planta produce flores es de Mayo a Octubre, aunque si existe riego produce flores durante 10 meses al año, entrando la planta en receso en enero y febrero (Arce 2007).



Figura 1. Flor de loroco.

5.1.3 Variedades de loroco.

Las variedades observadas en el campo son propias de El Salvador, se estima que puede haber de 8 a 10 variedades criollas, las cuales se diferencian por características como forma, color, ancho y longitud de las hojas, hábito de crecimiento, ramificación y altura de la planta, color y tamaño de las flores, tiempo a floración y producción. Es importante mencionar que a la fecha las variedades no se encuentran caracterizadas (MAG 2014).

5.2 Comercialización interna y exportación de flor de loroco.

El loroco es un producto que se comercializa a nivel nacional principalmente para la elaboración de pupusas, adicionado en productos lácteos, mercados municipales y supermercados, de donde se abastecen las amas de casa y otros consumidores (MAG 2014). Es un condimento natural y, sobre todo, aromático, en la cocina salvadoreña, en la que es muy apreciado en la preparación de las pupusas; en sopas ya sea de gallina o pollo; en pizzas, en la preparación de salsas para carnes y pastas. Por su sabor exótico, es un ingrediente ideal para mezclar con queso, y de esta manera se aprovecha como relleno de vegetales tales como patata, berenjena, güisquil, pipián y otros. También se utiliza en la preparación de gratinados de vegetales o pastas, ya que combina a la perfección con leche, crema y quesos. Su sabor es muy rico, con suaves tonos. Es un ingrediente que se puede mezclar con cebolla, ajo y hierbas aromáticas; y no pierde su aroma y sabor (Fernández 2013).

Según Quintanilla (2007), las políticas del sector agropecuario se orientan a la diversificación agrícola de El Salvador y a la promoción de exportación de cultivos no tradicionales, dentro de éstos, el cultivo de loroco representa una nueva alternativa que genera ingresos; solventa gran parte del problema económico de los agricultores.

A nivel del mercado internacional el loroco básicamente se exporta de forma congelada, debido a la facilidad para transportarlo y almacenarlo por largo tiempo, lo cual se refleja en precios relativamente bajos, porque normalmente las empresas exportadoras se abastecen del producto en épocas pico del invierno. El principal destino de las exportaciones de loroco es el mercado de los Estados Unidos de

América y Canadá, dada la alta concentración de salvadoreños que residen en esos países, quienes añoran y demandan este producto nostálgico (MAG 2014).

La flor identifica el sabor salvadoreño del loroco, que es el principal atributo en el mercado nacional, para el mercado de la exportación, la mejor forma de exportar el loroco es en botón floral. La madurez hortícola para cosecha es que la flor este semiabierto o cerrado (botón). El loroco, de la categoría de vegetales, es el producto étnico más buscado en cada una de sus presentaciones (Fagoaga 2003).

5.3 Propiedades físicas y químicas del loroco.

El loroco, es una planta de enredadera (bejuco) (Figura 2), que florece de manera permanente, y su flor es comestible y rica en nutrientes. La flor de loroco contiene vitaminas A, B, C, además de calcio y hierro. Es baja en calorías y gracias a su alto contenido de fibra posee propiedades espasmódicas (Villagrán 2020).



Figura 2. Planta de loroco.

Según FUNDESYRAM (2020) con el tallo y sus hojas se elabora la conocida sopa de “Quilite” es muy nutritiva y proporciona grandes cantidades de fibra y significativas dosis de vitaminas y minerales: hierro, fibra, omega-3, antioxidantes, vitaminas A, C, D y potasio (Cuadro 1). Además, gracias a este alto contenido de nutrientes, es excelente para fortalecer el sistema inmune, ayuda a la buena cicatrización y fortalecer los vasos sanguíneos.

Cuadro 1. Contenido nutricional de flor de loroco por cada 100 gr.

Muestra	Contenido
Valor energético	32 calorías
Humedad	89.20 gr
Proteínas	2.6 gr
Grasa	0.2 gr
H de C	1.4 gr
Fibra	1.4 gr
Cenizas	1.2 gr
Calcio	58 gr
Fósforo	46 mg
Hierro	1.1 mg
Vitamina A activada	55 mg
Tiamina	0.64 mg
Riboflavina	0.11 mg
Niacina	2.3 mg
Ácido ascórbico	12 mg
Valor energético	32 cal

Fuente: Elaboración propia, a partir de “Guía Técnica del Cultivo del Loroco”
(CENTA, Ministerio de Agricultura de El Salvador).

5.4 Índice de cosecha.

La flor de loroco es altamente perecedera, se cosecha cuando ha alcanzado su máximo desarrollo, pero antes de abrirse (botón floral). Este se caracteriza porque el botón floral toma coloración verde claro (Figura 3) o tiene una flor próxima a abrirse. Se recomienda cosechar en horas frescas, protegiendo el producto del sol para evitar pérdida de humedad y calidad (CENTA 2018).



Figura 3. Botón floral con coloración verde claro.

5.5 Tasa respiratoria de la flor de loroco

La respiración (oxidación biológica) es la descomposición por oxidación de moléculas de sustratos complejos presentes normalmente en las células de plantas, tales como almidón, azúcares y ácidos orgánicos a moléculas más simples como el CO_2 y H_2O . El propósito principal de la respiración es mantener un suministro adecuado de Adenosina trifosfato (ATP). El proceso global de la respiración aeróbica implica la regeneración de ATP a partir de ADP (adenosina difosfato) y Pi (fosfato inorgánico) con la liberación de CO_2 y H_2O (Blandón 2012).

La tasa de respiración de loroco a 5.0 °C fue de 33.89 mg de $\text{CO}_2/\text{Kg.h}$ y 117.79 mg de $\text{CO}_2/\text{Kg.h}$ a 25.0 °C lo que indica que requiere pre-enfriamiento rápido y manejo cuidadoso durante y después de la cosecha (FHIA 2005).

5.6 Efecto de los tratamientos térmicos leves.

El tratamiento térmico es un tratamiento físico no contaminante que se emplea para conservar la calidad en productos frescos (Akbuldak *et al.* 2007). Este tratamiento se aplica previo al almacenamiento a temperaturas bajas y consiste en sumergir los

frutos en agua caliente (43-53 °C) durante tiempos cortos de 1 hasta 15 minutos (Fallik, 2004).

Los tratamientos hidrotérmicos originalmente fueron implementados con el objetivo de la desinfección y para el control de enfermedades (Alam *et al.* 2013); sin embargo, desde hace años se ha observado que, aparte de otorgar beneficios fitosanitarios a las frutas, tienen efectos en otros parámetros fisicoquímicos que ayudan al fruto a mantener su calidad poscosecha y nutrimental (Kepler 2005).

Además, el estrés hídrico que se genera por la implementación de los tratamientos hidrotérmicos en los tejidos vegetales, desarrolla una acumulación activa de solutos para asegurar la sobrevivencia de las plantas (Attipalli *et al.* 2004), uno de los principales solutos es la prolina y los azúcares solubles, cuya síntesis se ha asociado con el mantenimiento de la turgencia de los tejidos para continuar con la función celular (Ramanjulu y Sudhakar 2000). Nayer y Reza (2008) mencionan que la disminución del almidón con la inducción de plasmólisis puede reducir el volumen del citoplasma pero la acumulación de azúcares solubles puede contrarrestar el estrés.

Se ha demostrado que la aplicación moderada de un estrés por calor produce un incremento en el sistema de defensa antioxidante no enzimático, donde se promueve la síntesis de numerosos metabolitos secundarios como los fenólicos, carotenoides y vitaminas (Yamaguchi-Shinozaki y Shinozaki 2006), activando enzimas encargadas de la eliminación de radicales libres entre las que se incluyen la peroxidasa (POD) la cual convierte el peróxido de hidrogeno (H_2O_2) a agua, ascorbato peroxidasa (APX), y fenilalanina amonioliasa (PAL) que cataliza la conversión de L-fenilalanina a ácido transcinámico con liberación de amonio; esta reacción es un punto clave en la síntesis de polifenoles (Rodríguez-Pedroso *et al.* 2009; Ghasemzad *et al.* 2008).

Herrera *et al.* (2014) mencionan que al estar los tejidos de las plantas expuestos a estrés, se desencadenan la activación y síntesis de algunas enzimas antioxidantes para contrarrestar el daño causado por las especies reactivas de oxígeno: superóxido dismutasa, ascorbato peroxidasa, catalasa y antioxidantes no enzimáticos como pigmentos, como carotenoides y ácido ascórbico. Por otra parte, durante las condiciones de estrés generada por los tratamientos térmicos la

actividad de los antioxidantes está relacionada con bajos niveles de peroxidación de lípidos (Bowler *et al.* 1992).

A pesar de los efectos positivos de los tratamientos hidrotérmicos, se debe tener mucho cuidado al aplicarlos ya que si este se realiza de forma inapropiada pueden tener efectos adversos en la calidad de los frutos que se manifiestan como alteraciones en la actividad enzimática, aumento en la velocidad de la respiración, hundimiento de la pulpa en la zona peduncular y otros efectos no deseables en los parámetros físicos, químicos y sensoriales (González *et al.* 2000).

5.7 Conservación por frío.

La refrigeración consiste en la conservación de los productos a bajas temperaturas, pero por encima de su temperatura de congelación. De manera general, la refrigeración se enmarca entre -1° C y 8° C. De esta forma se consigue que el valor nutricional y las características organolépticas no se diferencien de las de los productos al inicio de su almacenaje. Es por esta razón que los productos frescos refrigerados son considerados por los consumidores como alimentos saludables. La refrigeración evita el crecimiento de los microorganismos termófilos que crecen a una temperatura arriba 45°C como *Bacillus* y *Clostridium* además de algunas algas y hongos y de muchos mesófilos que crecen en temperaturas de entre -5 a -7 °C como bacterias (FUSADES 2011).

5.8 Daño por frío.

El loroco se prefiere fresco en el mercado local y externo, porque en este estado conserva sus características organolépticas, los métodos de conservación más utilizados son la refrigeración y el congelamiento. Mediante refrigeración de uso doméstico (10°C/50°F), es posible conservar el loroco por un período de 8 días, en bolsas plásticas y dosificado en libras, se coloca en estibas hasta de 3 bolsas para evitar daño provocado por el peso (FUSADES 2011).

Según Mazliak citado por UPTC (2002), el efecto de las bajas temperaturas no congelantes, se manifiesta inmediatamente sobre la estructura y composición de las biomembranas vegetales, aumentando la micro viscosidad de la matriz lipídica y la rigidez de las membranas, que adquieren una estructura gel-cristalina, y se

redistribuyen las proteínas integradas, que son expulsadas de las zonas lipídicas rígidas. Los cambios en la temperatura del medio afectan también al funcionamiento de las enzimas y de los transportadores incluidos en la matriz lipídica de las membranas y con esto a los intercambios a través de ella, lo que altera la permeabilidad y perturba las funciones celulares, que , en los casos más graves, produce un trasvase de electrolitos y metabolitos entre los diversos compartimientos celulares y entre las células y el medio, llegando incluso a la ruptura de las membranas, necrosis y muerte del órgano o de la planta.

Estas enfermedades o desordenes fisiológicos se denominan daños por el frío (DF) y suceden tras una cierta permanencia de los productos entre -0.5°C y unos 15°C , comúnmente la acción del frío moderado produce unos efectos directos y rápidos sobre las membranas, con la alteración de la célula, cuya gravedad depende de la intensidad y duración de la baja temperatura (UPTC 2002)

Para Vela et al. (s.f) en la calidad general y la inacceptabilidad de los productos en el mercado, uno de los inconvenientes del almacenamiento refrigerado es el daño por frío (DF) que causa la liberación de metabolitos como aminoácidos, azúcares, minerales, terpenos y compuestos fenólicos del interior de las células, así como que la degradación de la estructura celular. Los disturbios provocados por el DF traen como consecuencia una reducción los síntomas más importantes es el pardeamiento enzimático debido a la actividad de la polifenoloxidasas (PPO).

VI. Materiales y métodos.

6.1 Localización del estudio.

El estudio se llevó a cabo en la Planta de Procesamiento de Frutas y Hortalizas de la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas, de la Universidad de El Salvador, localizada en el Cantón Tecualuya, municipio de San Luis Talpa, geográficamente localizada en una Latitud de 13° 28' 03" Norte. Longitud 89° 05' 08" Oeste; a 36 m.s.n.m.

6.2 Material vegetal.

La flor de loroco utilizada para el ensayo, es reconocida por los productores como variedad "Veraneña", se obtuvo de parcelas productivas de la Asociación Agropecuaria "Loroqueros" de San Pedro Masahuat de R.L (ASALOSPM de R.L), ubicada en el cantón El Achiotal, del municipio de San Pedro Masahuat. La cosecha se realizó a las 8 a.m., el 29 de junio del 2022, seleccionando botones florales, cortados a mano, y depositados en sacos de nylon. Se transportaron en automóvil, a temperatura ambiente, desde la parcela hacia la Planta Procesadora de Frutas y Hortalizas de la Estación Experimental y de Prácticas. Las flores de loroco cosechadas presentaron una coloración verde claro, sin antesis (pétalos abiertos) en los botones florales (Figura 4) y de apariencia fresca.



Figura 4. Apariencia de racimos de flor de Loroco cosechada en parcelas de ASALOSPM de R.L.

6.3 Tratamientos y diseño experimental.

Se evaluaron 4 tratamientos, resultantes de la combinación de los factores bajo estudio: factor A (temperatura), factor B (tiempo de inmersión). Entre los tratamientos hidrotérmicos se considerara como tratamiento testigo (T0), a agua a temperatura ambiente con un tiempo de inmersión de 2 minutos. La unidad experimental correspondió a una bolsa de polietileno de alta densidad, conteniendo 100 gr de flor de loroco.

Se utilizó un diseño completamente al azar, bajo un arreglo factorial de 2x2, con 3 repeticiones por tratamiento (cuadro 2); los factores bajo estudio fueron la aplicación del tratamiento hidrotérmico leve (40 y 50 °C) y tiempo de inmersión (2 y 3 min).

Cuadro 2.Distribución de los tratamientos.

Tratamiento.	Temperatura (°C)	Tiempo de inmersión (min)
T0	Ambiente(30°C)	2
T1	40	2
T2	40	3
T3	50	2
T4	50	3

Los datos obtenidos fueron analizados a través de un análisis de varianza (ANOVA), con prueba estadística de Tukey, con una significancia del 5%, utilizando el software estadístico Infostat versión **2020e**.

Con los datos obtenidos de las pruebas afectivas se elaboró una base de datos en Microsoft Excel y se ingresaron en una matriz simple conformada por tres tratamientos, dentro de la base de datos del software estadístico Infostat versión estudiantil, con la función “R” para análisis sensorial, y el método multivariado de componentes principales, con un nivel de significancia del 5%; a fin de realizar un análisis exploratorio sobre el comportamiento de los panelistas, con respecto a los atributos evaluados.

6.4 Montaje del ensayo

La aplicación de los tratamientos hidrotérmicos, se realizó siguiendo el flujograma de proceso realizado (Figura 5). Cada una de las etapas se describe a continuación:

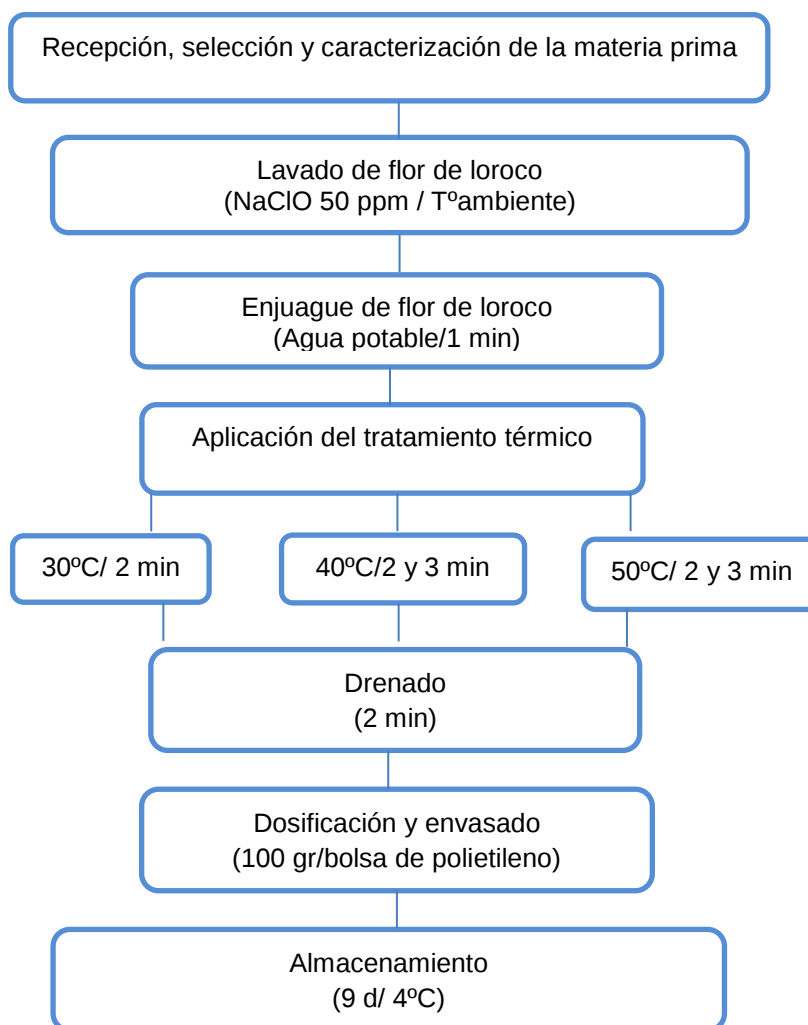


Figura 5. Flujograma del proceso para aplicación de tratamientos térmicos en flores de lorocos.

Selección y caracterización de la materia prima.

Previo al procesamiento se seleccionaron solo racimos con botones florales de coloración verde claro, y flores a punto de abrirse, desechando aquellas completamente abiertas (Figura 6); se realizó una caracterización tomando una muestra representativa de 15 gr de flor de loroco al azar, a la cual se le determinó las variables de pH, % acidez titulable, % de sólidos solubles totales.



Figura 6. Selección y caracterización de la flor de loroco.

Lavado y drenado

Las flores de loroco cosechadas y seleccionadas, se lavaron en una tina de acero inoxidable, durante dos minutos en una solución, con 60 lt de agua a temperatura ambiente, y 60 ml de hipoclorito de sodio (NaClO), obteniendo una concentración de 50 ppm de cloro (Figura 7). Posteriormente se enjuagaron con agua potable por 1 minuto, para eliminar el exceso de sanitizante, y se drenaron sobre una mesa de acero inoxidable con malla, para eliminar el exceso de agua sobre las flores de loroco. Se drenaron por un tiempo de 10 minutos, sobre una mesa de acero inoxidable.



Figura 7. Lavado y drenado de flor de loroco

Aplicación del tratamiento hidrotérmico y drenado.

Para la aplicación de los tratamientos hidrotérmicos (40°C, 50°C), se procedió a calentar e incrementar la temperatura del agua potable, depositada dentro de un recipiente de acero inoxidable de 30L, mediante una cocina de gas propano, y monitoreada a través de un termómetro digital (MEXTECH ST-9269).

Seguidamente al alcanzar las temperaturas deseadas, las flores de loroco, se sumergieron en cada uno de los tratamientos hidrotérmicos, haciendo uso un bowl colador de plástico. El tiempo de inmersión fue durante 2 y 3 minutos, que fueron monitoreados a través de cronometro digital.

Terminado el tiempo de inmersión de las flores de loroco en cada uno de las 3 temperaturas del tratamiento hidrotérmico, se escurrieron sobre coladores de cocina de plástico para drenar el exceso de agua, y se colocaron sobre una mesa de drenaje por 20 minutos (Figura 8).



Figura 8. Aplicación de tratamientos hidrotérmicos y drenado en flor de loroco.

Envasado y pesado de unidades experimentales.

Se empacaron las flores de loroco en bolsas de polietileno de alta densidad, completamente selladas, con dimensiones de 25.5 x 15 cm. (Figura 9) con 100 gramos de flor de loroco, pesadas mediante una báscula digital (ADAM GBK 70a).



Figura 9. Pesaje de unidad experimental de flor de loroco.

Almacenamiento.

Las bolsas se almacenaron en una refrigeradora convencional (CETRON CC2AW1ABA) (Figura 10) a una temperatura de 4°C, durante 9 días.



Figura 10. Almacenamiento de flor de loroco a 4°C.

6.5 Determinación de características físico químicas.

Pérdida de peso: la determinación de pérdida de peso, se realizó utilizando una balanza digital (ADAM GBK 70a), cada 3 días, a partir del día de aplicación del tratamiento, los resultados están expresados en gramos (gr).

pH: se midió a través de un pHmetro (digital AZ PH Pen); introduciendo el sensor del pHmetro, sobre la extracción de un macerado de 20 gr de loroco por cada tratamiento. Los resultados están expresados en escala de pH (1-14)

Acidez titulable: la acidez titulable se determinó sobre 10 ml de muestra, obtenidos de un macerado de 20 gr de loroco por tratamiento, en un beaker, y aforada hasta 50 ml con agua destilada, añadiendo 3 gotas de fenolftaleína como indicador de viraje. Esta solución se valoró con hidróxido de sodio (NaOH) al 0.1% de normalidad. Los resultados están expresados en porcentaje de ácido cítrico

Sólidos solubles totales: se determinaron por medio de un brixometro digital (ATAGO PAL-BX/ACID 181), sobre 1 ml jugo provenientes del macerado de loroco. Previamente a la medición, se calibro el refractómetro con agua destilada. Los resultados están expresados como porcentaje de sólidos solubles totales (%SST)

Análisis sensorial.

El análisis sensorial se desarrolló en las instalaciones de la Estación experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas a los 3, 6 y 9 días de almacenamiento, utilizando tres grupos, **integrados por 15 panelistas** no entrenados. Para la selección de los participantes, se tomó en cuenta que consumieran habitualmente flor de loroco o productos derivados de ella.

El desarrollo del análisis, se realizó con una prueba afectiva de aceptación por atributos **con ayuda de 45 panelistas**. Para esto se usó una ficha de catación (Anexo 1) con una escala de 10 puntos por atributo. Los atributos evaluados fueron: apariencia general, olor, color de pedúnculo, cicatrices, con el objetivo de determinar si los panelistas encuentran diferencias significativas entre los tratamientos y tiempo de inmersión.

Con los datos obtenidos de las pruebas afectivas se elaboró una base de datos en Microsoft Excel y se ingresaron en una matriz simple conformada por tres

tratamientos, dentro de la base de datos del software estadístico Infostat versión estudiantil, con la función “R” para análisis sensorial, y el método multivariado de componentes principales, con un nivel de significancia del 5%; a fin de realizar un análisis exploratorio sobre el comportamiento de los panelistas, con respecto a los atributos evaluados.

6.6 Determinación de daño por frío.

La intensidad de los daños por frío se calculó a partir de valores asignados en la evaluación visual de la flor de loroco, de acuerdo con una escala establecida para valorar la extensión de la superficie afectada

El grado de severidad de cada desorden o fisiopatía se clasifica de acuerdo a una escala de 5 puntos en el que 0 representa ausencia (A); 1, muy leve (ML); 2, leve (L); 3, moderada (M); 4, Grave (G). esta escala estará acompañada de una descripción cualitativa y cuantitativa del tipo de daño por frío que se trate. Con esta escala se elaborará un índice por el que se determinará el daño por frío.

Índice de DF: $\frac{(0 \cdot P_A + 1 \cdot P_{ML} + 2 \cdot P_L + 3 \cdot P_M + 4 \cdot P_G)}{4}$

VII. Resultados y discusión.

7.1 Caracterización de materia prima.

Las flores de loroco, presentaron valores iniciales en escala pH de 6.3, acidez titulable 0.053%, y solidos solubles totales de 1.1° brix, que son representativos de flores recién cosechadas.

7.2 Pérdida de peso.

De acuerdo a los resultados obtenidos (anexo 2), al realizar el análisis de varianza de la variable pérdida de peso (anexo 3), no se encontraron diferencias significativas en ninguno de los tratamientos evaluados. Analizando el resultado se puede mencionar que independientemente los tratamientos, se evidencio una pérdida de peso de forma general (Figura 11) y es de considerar que la aplicación del tratamiento hidrotérmico de 40°C, con un tiempo de inmersión de 2 min, presentó el promedio de menor pérdida de peso en flores de loroco, siendo de 0.9 gr, durante 9 días de almacenamiento el periodo de almacenamiento.

Los resultados para la variable pérdida de peso no fueron significativos, debido a que la flor de loroco se almacenó en bolsas de polietileno sin perforaciones, por lo que actuó como una barrera en la perdida de agua, en ese sentido para Martínez (2016) menciona que el uso de bolsas cerradas protege mucho más el producto vegetal, contra la pérdida de humedad, porque el gradiente de presiones de vapor entre la parte del vegetal y el espacio de cabeza dentro de los empaques es casi nulo (ambos casi al 95- 100 % HR), debido a que el aire dentro de los empaques se satura rápidamente. La migración de humedad del espacio de cabeza dentro de las bolsas cerradas hacia el exterior, es regulada por la permeabilidad de los empaques.

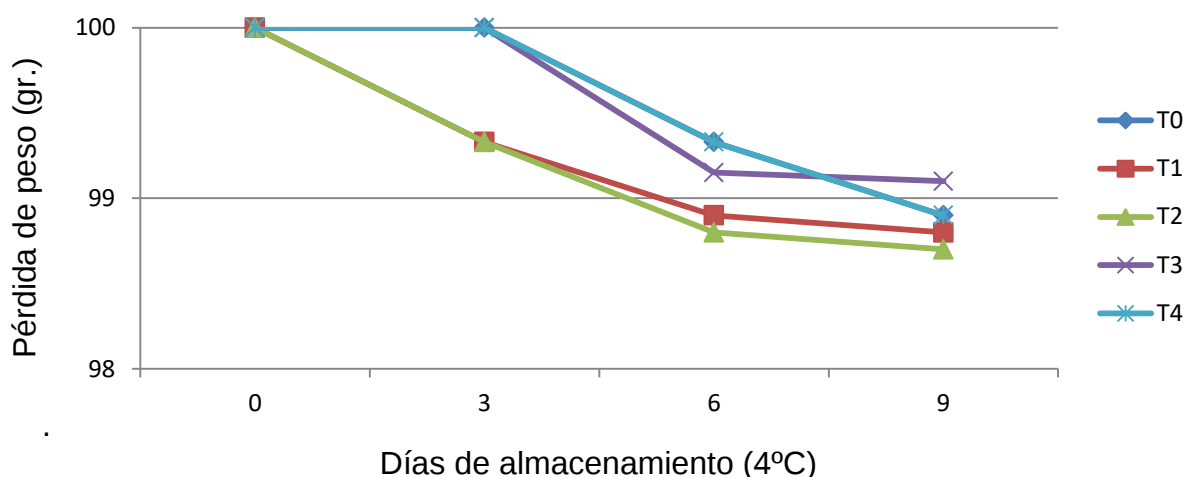


Figura 11. Evolución de la variable pérdida de peso (gr) en flor de loroco.

7.3 Medición de pH

De acuerdo a los resultados obtenidos (anexo 4), al realizar el análisis de varianza de la variable pH (anexo 5), no se encontraron diferencias significativas en ninguno de los tratamientos evaluados. Mencionar que independientemente de los tratamientos, se evidenció una disminución en el pH de flores de loroco, almacenada durante 9 días a 4°C. Siendo el tratamiento testigo (T0) a temperatura ambiente (30°C) y 2 min de inmersión, el que presentó el mayor promedio de PH, con un valor de 6.73 en un periodo de 9 días de almacenamiento, el tratamiento que menor promedio presentó fue el tratamiento T3 (Figura 12) a temperatura de 50°C y un tiempo de inmersión de 2 minutos.

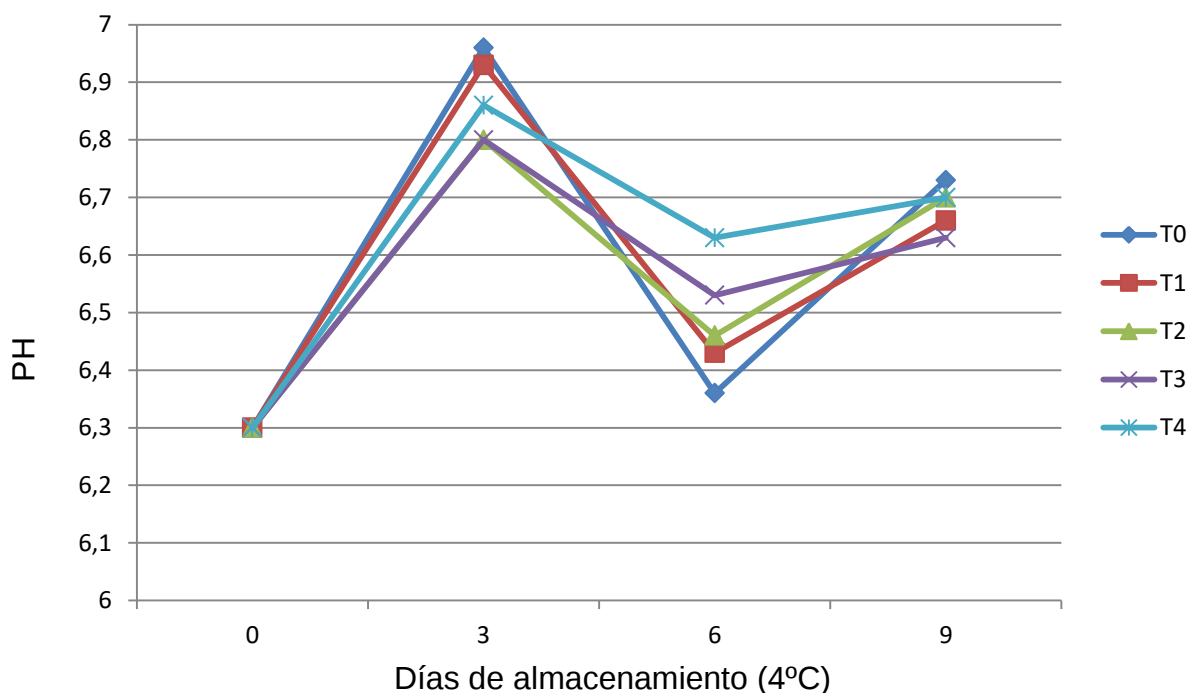


Figura 12. Evolución de la variable pH, en flores de loroco sometidas a tratamientos hidrotérmicos, almacenadas durante 9 días a 4°C.

7.4 Acidez titulable.

De acuerdo a los resultados obtenidos (anexo 6), al realizar el análisis de varianza de la variable acidez titulable (anexo 7), no se encontraron diferencias significativas en ninguno de los tratamientos evaluados. Es importante mencionar que al finalizar el almacenamiento en el día 9, la combinación de 50°C / 2 min (T3), presenta el valor promedio más alto de acidez, siendo 0.063% (Figura 13).

La variación mínima de este parámetro puede deberse, a que el material experimental no posee reservas de ácidos por tratarse de la flor. Según López (s.f) en los frutos los ácidos orgánicos disminuyen durante la maduración debido a la respiración o su conversión en azúcar, proceso que no se da en las flores.

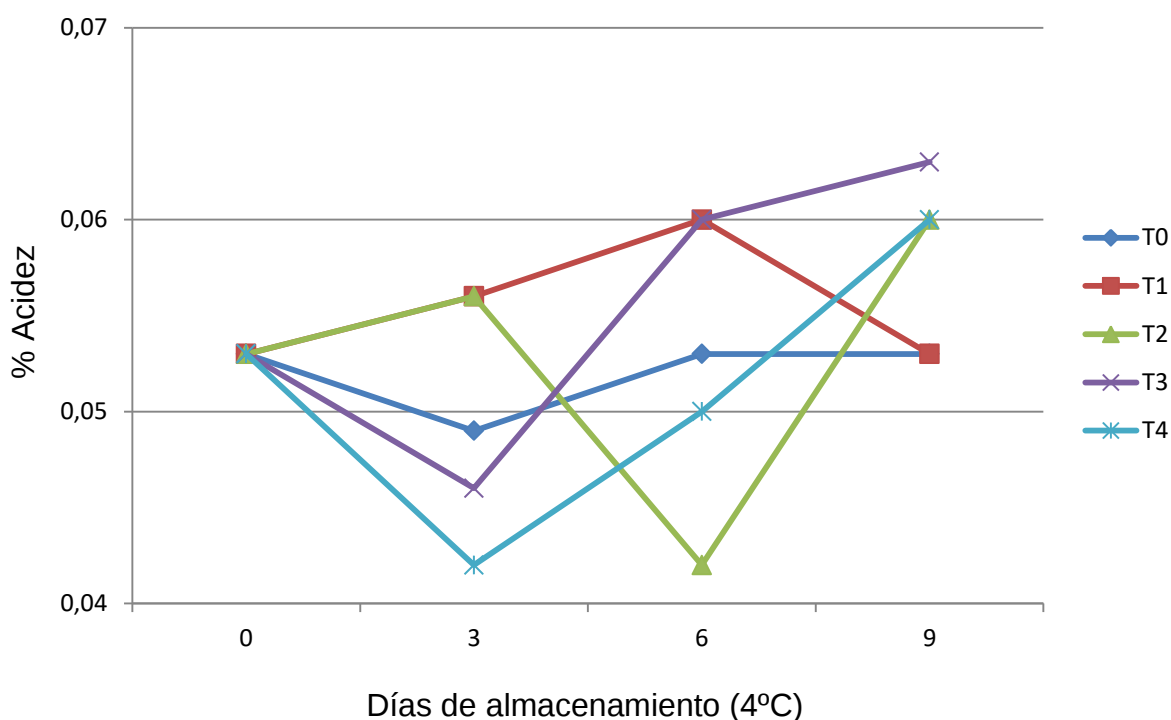


Figura 13. Evolución de la variable acidez titulable (% de ácido cítrico), en flores de loroco sometidas a tratamientos hidrotérmicos, almacenadas durante 9 días a 4°C.

7.5 Sólidos solubles totales

De acuerdo a los resultados obtenidos (anexo 8), al realizar el análisis de varianza de la variable Sólidos Solubles Totales (Anexo 9), no se encontraron diferencias significativas en ninguno de los tratamientos evaluados, sobre los sólidos solubles totales de la flor de loroco. Es de mencionar que al finalizar el almacenamiento, se evidenció una disminución de sólidos solubles de manera general con respecto al día 0.

Posterior a 9 días de almacenamiento, el tratamiento hidrotérmico de 40°C con 2 minutos de inmersión (T1) presento el valor promedio más alto con 0.5 °Brix, en contraste a la combinación de 50°C con 2 minutos de inmersión, que obtuvo un valor de 0.36 °Brix (Figura 14).

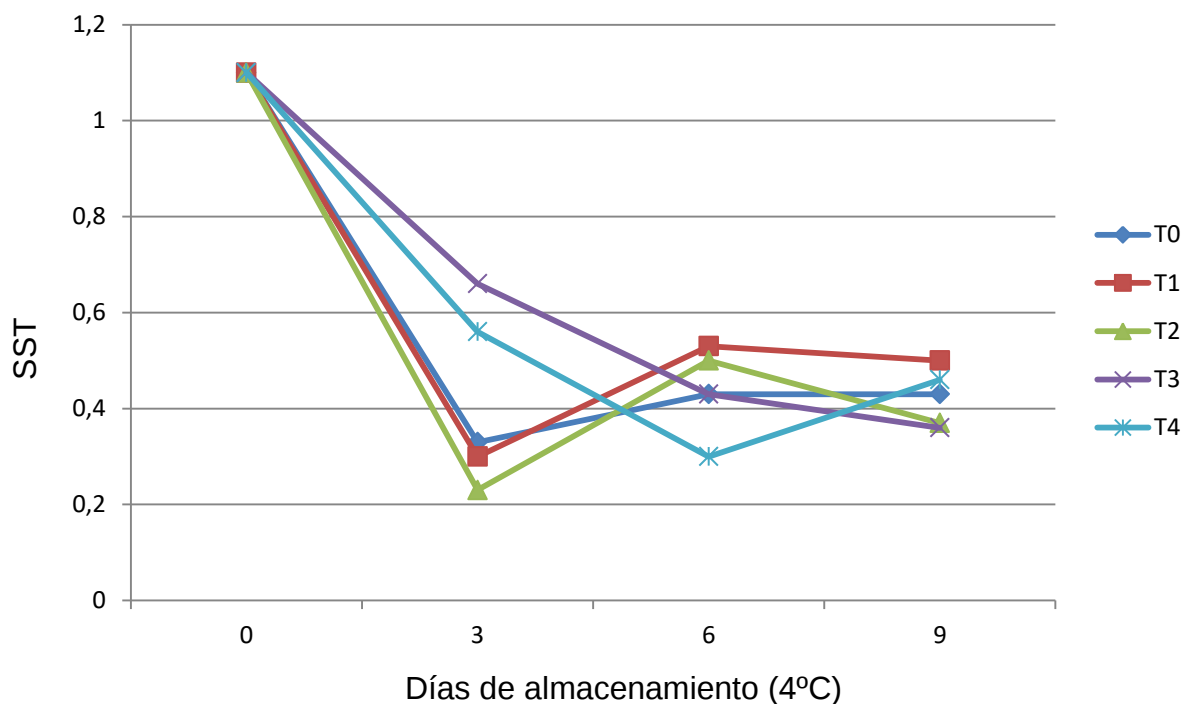


Figura 14. Evolución de la variable Sólidos Solubles Totales, en flores de loroco sometidas a tratamientos hidrotérmicos, almacenadas durante 9 días a 4°C.

7.6 Análisis sensorial

Utilizando el software estadístico Infostat versión estudiantil, se evaluaron los parámetros de los resultados de los análisis sensoriales (Anexo 11), a fin de conocer el comportamiento de los panelistas con respecto a los atributos, bajo un análisis de componentes principales (ACP)

El componente principal 1 (CP1) está explicando el 50% de la variación total de los datos, mientras que el componente principal 2 (CP2), explica el 27.3%. El CP1 está integrado por los atributos olor y apariencia general, y el CP2 lo integran los atributos, color de pedúnculo y cicatrices. El 77% de la variación producida está siendo explicada por la CP1 y CP2.

Según los panelistas los atributos mejor evaluados en el CP1 fueron el olor (0.69) y apariencia general (0.31), y en el CP2 el mejor evaluado fue el color de pedúnculo (0.74) (anexo 10).

En el CP1, el tratamiento hidrotérmico de 50°C y 2 minutos de inmersión (T3), se caracteriza por tener el mejor perfil sensorial, presentando los valores más altos en

las variables olor y apariencia general (Figura 15). La formulación 50°C y 3 minutos de inmersión (T4), se caracteriza por tener un porcentaje mayor de cicatrices, y poco olor a loroco, determinado mediante el efecto espejo. El tratamiento testigo (T0, 30°C/2min) y la formulación de 40°C y 2 minutos de inmersión(T1), tienen características similares, debido a su cercanía en el plano a el origen, es por ello que se caracterizan por tener una apariencia general, olor, y visualización de cicatrices relativamente opuestos a los vectores de los perfiles sensoriales (anexo 10). Se puede inferir que a mayor temperatura de 50°C del tratamiento hidrotérmico , y mayor tiempo de exposición, la flor de loroco va a presentar características no deseables para el consumidor.

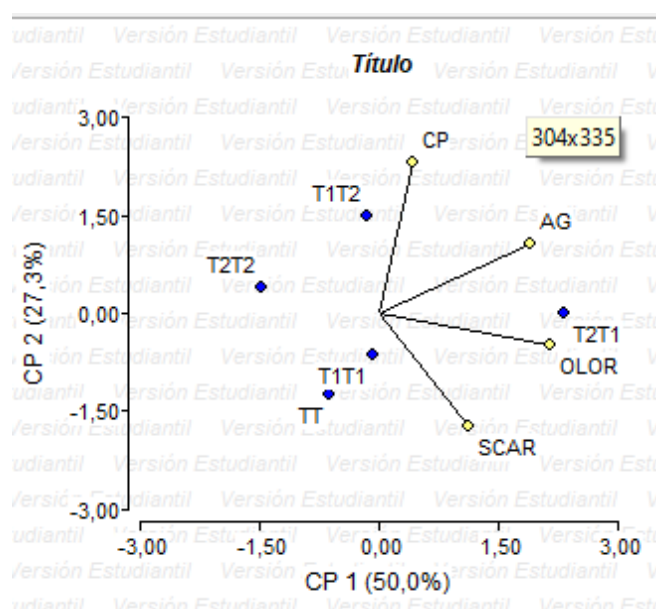


Figura 15. Representación gráfica del ACP y auto vectores para atributos y tratamientos.

7.7 Daño por frío.

La flor de loroco conservada de 4°C, no presento síntomas visibles de daño por frío, los primeros síntomas visibles se detectaron en el día 9, en el tratamiento testigo (T0), donde alcanzó un nivel de daño por frío del 10 %, presentando síntomas de pardeamiento y tejidos blandos (Figura 16). El almacenamiento en bolsas completamente selladas influyo en la preservación del loroco, debido al bajo o nulo

gradiente de presiones de vapor, protegiendo mucho más al producto vegetal, al daño por frío.

Tratamiento.	Día de almacenamiento		
	3	6	9
T0 Temperatura:30°C Tiempo:2 min.			
T1 Temperatura:40°C Tiempo:2 min.			
T2 Temperatura:40°C Tiempo:3 min.			
T3 Temperatura:50°C Tiempo:2 min.			
T4 Temperatura:50°C Tiempo:3 min.			

Figura 16. Evolución de la flor de loroco, en la variable daño por frío.

VIII. Conclusiones.

Estadísticamente ninguna variable físico química bajo estudio, fue afectada por los tratamientos hidrotérmicos y tiempo de inmersión, ni su interacción, por lo que no existen efectos significativos sobre los parámetros de calidad fisicoquímica de la flor de loroco en 9 días de almacenamiento, en comparación al tratamiento testigo (T0)

En la evaluación de los parámetros sensoriales, mediante el análisis de componentes principales (ACP), la formulación de 50°C con 2 minutos de inmersión (T3), presento una asociación fuerte con respecto a olor, apariencia general y en menor proporción a presencia de cicatrices y color de pedúnculo, por lo tanto, el tratamiento hidrotérmico (T3) favoreció en el mantenimiento de los atributos sensoriales de la flor de loroco.

La apreciación visual de las flores de loroco tratadas hidrotérmicamente, retrasan la percepción de daño por frio, en comparación con la no tratada, en almacenamiento refrigerado durante 9 días a 4°C.

IX. Bibliografía.

1. Alam, M; Kaur, B; Gupta K; Kumar, S. 2013. Studies on refrigerated storage of minimally processed papaya (*Carica papaya* L.) (en línea). Punjab, India. Consultado 7 Dic. 2021. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/265251840_Studies_on_refrigerated_storage_of_minimally_processed_papaya_Carica_papaya_L
2. Akbudak, B; Akbudak, N; Sniz,V; Eris, A. 2007. Sequential treatments of hot water and modified atmosphere packaging in cherry tomatoes (en línea). Bursa, Turquía. Consultado 5 DIC. 2021. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/229725247_Sequential_treatments_of_hot_water_and_modified_atmosphere_packaging_in_cherry_tomatoes
3. Attipalli, RR; Kolluru, VC; Munusamy, V. 2004. Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. *Journal of Plant Physiology* 161:1189-1202.
4. Arce Castro, RA; Castellón Navarrete, ME; Martínez Ramírez, JJ. 2007. Identificación e incidencia del agallador del botón floral, (Díptera cecidomyiidae) de loroco (*Fernaldia pandurata* Woodson.) en zonas productivas de los departamentos de La Libertad, Chalatenango y San Vicente. Tesis PhD. San Salvador, El Salvador, UES. 120 p.
5. Blandon Navarro, S. 2012. Fisiología de poscosecha (en línea). Managua, Nicaragua. 24 p. Consultado 3 DIC. 2021. Disponible en <https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Fisiologiaposcocsecha.pdf>
6. Bowler C; Montague, MV; Inze, D. 1992. Superoxide dismutase and stress tolerance. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 43:83-116.
7. Castellano, G; Quijada, O; Ramirez, R; Sayago, E. 2005. COMPORTAMIENTO POSCOSECHA DE FRUTAS DE GUAYABA(*Psidium guajava* L.) TRATADOS CON CLORURO DE CALCIO Y AGUA CALIENTE A DOS TEMPERATURAS DE ALMACENAMIENTO. Hermosillo, México. 6 o.
8. CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal). 2018. Cultivo de loroco (*Fernaldia pandurata*). Ciudad Arce, El Salvador. 34 p.

9. Escobar Hernández, A; Márquez Cardozo, CJ; Restrepo Flores, CE; Cano Salazar, JA; Patiño Gómez, JH. 2014. Aplicación de tratamiento térmico, recubrimiento comestible y baño químico como tratamientos poscosecha para la conservación de hortalizas mínimamente procesadas. Medellín, Colombia. 10 p.
10. Fagoaga, EF. 2003. Estudio de mercado de productos étnicos en Estados Unidos. Estudio de caso: loroco y jocote salvadoreño. San Salvador, El Salvador. s.p.
11. Falik, E. 2004. Prestorage hot water treatments (immersion, rinsing and brushing)(en línea). Nueva Jersey, Estados Unidos. Consultado 3 DIC. 2021. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925521403002114>
12. Fernández Pérez, A. 2013. Guía básica para la exportación de la flor de loroco, desde El Salvador hacia España, a través de las escuelas de hostelería del país Vasco. San Salvador, El Salvador. 124 p.
13. FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola). 2005. Programa de diversificación. Cortes, Honduras. 62 p.
14. FUNDESYRAM (Fundación para el Desarrollo Socioeconómico y Restauración Medioambiental). 2020. Volvamos la mirada a los alimentos de nuestro territorio. San Salvador, El Salvador. 52 p.
15. FUSADES (Fundación Salvadoreña para el Desarrollo Económico y Social) . 2011. Conservación de alimentos por frío. San Salvador, El Salvador. 2353 p.
16. Ghasemnezhad, M; Marsh, K; Shilton, R; Babalar, M; Woolf , A. 2008. Effect of hot water treatments on chilling injury and heat damage in “Satsuma” mandarins: antioxidant enzymes and vacuolar ATPase, and pyrophosphatase. Postharvest Biology and Technology 48: 364-371.
17. Guevara, A; Ramos, M.E. 2013. Efecto del tratamiento hidrotérmico en la conservación del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cv. “Nabateo” en estado de madurez verde maduro. Lima, Perú. 10 p.
18. González Aguilar, G; Fortiz, J; Cruz, R; Baez, R; Wang, C. 2000. Methyl jasmonate reduces chilling injury and maintains postharvest quality of mango fruit. Journal of Agricultural and Food Chemistry 48: 515-519.

19. Herrera Flores, TS; Ortíz Cereceres, J; Delgado Alvarado, A; Acosta Gallegos, JA. 2014. Contenido de osmoprotectores, ácido ascórbico y ascorbato peroxidasa en hojas de frijol sometidas a estrés por sequía. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 5: 859-870
20. Kepler, PK. 2005. Calcium: A Central Regulator of Plant Growth and Development (en línea). Consultado 7 DIC. 2021. Disponible en <https://academic.oup.com/plcell/article/17/8/2142/6114599?login=true>
21. López, A. S.f. Química en la fruta. (en línea). Consultado 5 Mayo 2024. Quilicura, Chile. Disponible en <https://hannachile.com/2024/02/29/quimica-en-la-fruta/>
22. MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). 2002. El Cultivo de Loroco (*Fernaldia pandurata*) en El Salvador. Santa Tecla, El Salvador. 29 p.
23. MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). 2014. PERFIL DEL CULTIVO Y NEGOCIOS DEL LOROCO (*Fernaldia pandurata*). Santa Tecla, El Salvador. 6 p.
24. MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). 2020. Anuario de estadísticas agropecuarias 2019-2020. Santa Tecla, El Salvador. 78 p.
25. Martínez-Tellez, M.A; Ramos Clamont, M.G; Gardea, A.A; Vargas-Arispuro, I. 2002. Effect of infiltrated polyamines on polygalacturonase activity and chilling injury responses in zucchini (*Cucurbita pepo* L.). *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 295 p.
26. Nayer, M; Reza, H. 2008. Drought-induced accumulation of soluble sugars and proline in two maize varieties. *World Applied Sciences Journal* 3: 448-453.
27. OIRSA (Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria). 2002. EL CULTIVO DEL LOROCO (*Fernaldia pandurata*) EN EL SALVADOR. San Salvador, El Salvador. 27 p.
28. Quintanilla Moreno, KM. 2007. Establecimiento in vitro de loroco (*Fernaldia pandurata* Woodson). Alajuela, Costa Rica. 11 p.
29. Quiroz Martínez, JA. 2016. Dinámica de la pérdida de peso en hortalizas de hoja durante el almacenamiento. (en línea). San Jose, Costa Rica. Consultado 16 Mar 2023. Disponible en https://www.ingbiosistemas.ucr.ac.cr/wp-content/uploads/2016/09/Tesis_Dinamica_perdida_peso_hojas.pdf

30. Ramanjulu, S; Sudhakar. C. 2000. Proline metabolism during dehydration in two mulberry genotypes with contrasting drought tolerance. *Journal of Plant Physiology* 157:81-85.
31. Rodríguez Pedroso, A; Ramírez Arrebato, M; Rivero González, D; Bosques Molina, E; Barrera Necha, L; Bautista Baños, S. 2009. Propiedades químico-estructurales y actividad biológica de la quitosanas en microorganismos Fitopatógenos. *Revista Chapingo. Serie Horticultura* 89: 2007-4034.
32. Rovira Quezada, MD; Alfaro Santos, CV; Chichique Martinez, V. 2019. Empaques de Atmosfera modificada para alimentos salvadoreños (en línea). San Salvador, El Salvador. 6 p. Consultado 29 Nov. 2021. Disponible en <http://repositorio.uca.edu.sv/jspui/bitstream/11674/2705/1/35-investigacion-uca-empaques-atmosfera-modificada.pdf>
33. Ruiz Jimenez, JM; Zapata, PJ; Barba Teodoro, A; Guillen, F. 2015. Aplicación de tratamientos suaves en alcachofa. Orihuela, España. 4 p.
34. Ruiz Mejía, H. 2019. Efecto de la combinación del tratamiento hidrotérmico y de atmósferas en la calidad y vida útil del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) mínimamente procesado. Tesis Ms. Santiago, Chile. Universidad de Chile. 76 p.
35. UPTC (Universidad Politécnica de Cartagena). 2002. DAÑOS POR FRÍO EN LA RECOLECCIÓN DE FRUTAS Y HORTALIZAS. Murcia, España. 14 p.
36. Vela Guitierrez, G; Leon, G; Garcia Galindo, H. S.f. Estrés por frío y actividad de la polifenoloxidasas en mango (*Mangifera indica* cv. Manila). Mexico DF, Mexico.
37. Villagrán Paiz, AE. 2020. Estudio de cinco técnicas de industrialización de la flor de loroco (*Fernaldia pandurata* Woodson) para conservar sus propiedades sensoriales. Zacapa, Guatemala. 79 p.
38. Yamaguchi Shinozaki K, Shinozaki K. 2006. Transcriptional regulatory networks cellular responses and tolerance to dehydration and cold stresses: Annual. *Review Plant Biology* 57: 781-803.
39. Zapata, PJ; Ruiz-Jiménez, JM; Barba-Teodoro, A; Guillen, F. s.f. Aplicación de tratamientos suaves en alcachofa. Alicante, España. 4 p.

X. ANEXOS

Anexo 1. Ficha de evaluación sensorial

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS
INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL

Nº muestra: _____

Indicaciones: califique la intensidad en la que se presentan los atributos sobre las muestras de flor de loroco que se le proporcione, colocando un punto sobre la línea, según su criterio

Apariencia general	Muy Mala 1 _____ Muy buena 10
olor	Poco intenso 1 _____ Intenso 10
Color de pedúnculo	Verde oscuro 1 _____ Verde claro 10
Presencia de cicatrices	Muchas cicatrices 1 _____ Pocas cicatrices 10

Comentarios _____

¡Muchas gracias!

Anexo 2. Valores promedios de la variable pérdida de peso.

Pérdida de peso (%)				
Tratamiento Hidrotérmico	Tiempo	Días de almacenamiento		
		3	6	9
30°C	2 min	0 a ¹	0.67 a	1.1 a
40°C	2 min	0.67 a	1.1 a	1.2 a
40°C	3 min	0.67 a	1.2 a	1.3 a
50°C	2 min	0 a	0.85 a	0.9 a
50°C	3 min	0 a	0.67 a	1.1 a

¹ Letras minúsculas iguales en sentido vertical en cada día de almacenamiento indican que no hay diferencias significativas en la variable pérdida de peso, según la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$).

Anexo 3. Análisis de la Varianza de la variable pérdida de peso

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,39	4	0,10	1,07	0,4216
FA	0,35	2	0,18	1,91	0,1985
FB	0,02	1	0,02	0,23	0,6438
FA*FB	0,02	1	0,02	0,23	0,6438
Error	0,92	10	0,09		
Total	1,31	14			

Anexo 4. Valores promedio de la variable PH

PH				
TH	Tiempo	Días de almacenamiento		
		3	6	9
30°C	2 min	6.96 a	6.36 a	6.73 a
40°C	2 min	6.93 a	6.43 a	6.66 a
40°C	3 min	6.8 a	6.46 a	6.7 a
50°C	2 min	6.8 a	6.53 a	6.7 a
50°C	3 min	6.86 a	6.63 a	6.7 a

¹ Letras minúsculas iguales en sentido vertical en cada día de almacenamiento indican que no hay diferencias significativas en la variable PH, según la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$).

Anexo 5. Análisis de la Varianza de la variable PH

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,01	4	3,1E-03	1,63	0,2423
FA	0,01	2	3,9E-03	2,04	0,1808
FB	4,5E-03	1	4,5E-03	2,38	0,1537
FA*FB	9,3E-05	1	9,3E-05	0,05	0,8299
Error	0,02	10	1,9E-03		
Total	0,03	14			

Anexo 6. Valores promedios de la variable Acidez Titulable.

Acidez titulable (%)				
TH	Tiempo	Días de almacenamiento		
		3	6	9
30°C	2 min	0.049 a ¹	0.053 a	0.053 a
40°C	2 min	0.056 a	0.060 a	0.053 a
40°C	3 min	0.056 a	0.042 a	0.060 a
50°C	2 min	0.046 a	0.060 a	0.063 a
50°C	3 min	0.042 a	0.050 a	0.060 a

¹ Letras minúsculas iguales en sentido vertical en cada día de almacenamiento indican que no hay diferencias significativas en la variable acidez titulable, según la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$).

Anexo 7. Análisis de la Varianza de la variable acidez titulable

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	8,4E-05	4	2,1E-05	0,39	0,8114
FA	1,6E-05	2	8,0E-06	0,15	0,8640
FB	6,5E-05	1	6,5E-05	1,21	0,2977
FA*FB	3,0E-06	1	3,0E-06	0,06	0,8186
Error	5,4E-04	10	5,4E-05		
Total	6,3E-04	14			

Anexo 8. Valores promedios de la variable Sólidos Solubles Totales.

Sólidos solubles totales (%)				
TH	Tiempo	Días de almacenamiento		
		3	6	9
30°C	2 min	0.33 a ¹	0.43 a	0.43 a
40°C	2 min	0.30 a	0.53 a	0.5 a
40°C	3 min	0.23 a	0.5 a	0.37 a
50°C	2 min	0.66 a	0.43 a	0.36 a
50°C	3 min	0.56 a	0.3 a	0.46 a

¹ Letras minúsculas iguales en sentido vertical en cada día de almacenamiento indican que no hay diferencias significativas en la variable sólidos solubles totales, según la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$).

Anexo 9. Análisis de la Varianza de la variable Sólidos Solubles Totales

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,01	4	3,4E-03	1,19	0,3737
FA	0,01	2	3,7E-03	1,32	0,3101
FB	4,8E-03	1	4,8E-03	1,69	0,2227
FA*FB	1,2E-03	1	1,2E-03	0,42	0,5303
Error	0,03	10	2,8E-03		
Total	0,04	14			

Anexo 10. Autovectores del análisis sensorial de la flor de loroco.

Variables	e1	e2
AG	0,61	0,34
CP	0,14	0,74
OLOR	0,69	-0,16
SCAR	0,36	-0,56

Anexo 11.Valores promedio a los 9 días de almacenamiento de atributos sensoriales.

TRATAMIENTO	AG	CP	OLOR	CICATRIZ
T0	7.04	7.50	6.82	7.40
T1	7.26	8.00	7.02	7.59
T2	7.82	8.75	6.55	6.91
T3	9.04	7.89	9.27	7.30
T4	7.48	7.60	6.04	2.33