

IRRADIACIÓN UVC Y TIEMPO DE ALMACENAMIENTO EN CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS, RECUENTO DE MOHOS Y LEVADURAS EN *Ananas comosus* VAR. CAYENA LISA, MÍNIMAMENTE PROCESADA.

UVC IRRADIATION STORAGE AND TIME OF CHEMICAL AND PHYSICAL CHARACTERISTICS COUNT OF MOLD AND YEAST IN *Ananas comosus* VAR. CAYENA LISA, MINIMALLY PROCESSED.

Meliza Lindsay Rojas Silva

Exalumna de la escuela de Ingeniería Agroindustrial, mrojas@ucv.edu.pe
Universidad César Vallejo

Recibido: 30 marzo 2014 - Aceptado: 31 mayo 2014

RESUMEN

El presente trabajo de investigación es de tipo cuantitativo, experimental factorial, cuyo objetivo fue determinar el efecto de la dosis de irradiación UVC, y tiempo de almacenamiento a 6°C sobre *Ananas comosus* Var. Cayena Lisa, mínimamente procesada. Los frutos de piña fueron cosechados en el distrito de Poroto y trasladados al laboratorio donde se seleccionaron, lavaron y cortaron manualmente en medias rodajas de 1.2 cm. Inicialmente se realizó la caracterización fisicoquímica y microbiológica de las muestras, determinando sólidos solubles (°Brix), porcentaje de ácido cítrico, pH y recuento de mohos y levaduras. Posteriormente se trataron con dosis de 0 kJ/m², 2.696 KJ/m², 5.392 KJ/m² y 8.087 KJ/m², se colocaron en bandejas y cubrieron con film de PVC, luego se almacenaron a 6°C por 21 días. A 0, 7, 14 y 21 días de almacenamiento se evaluó el efecto de la radiación UVC sobre las características fisicoquímicas y microbiológicas. Las muestras de piña mínimamente procesada presentaron: 13±1.58 °Brix; 4.72±0.35 de pH; 0.6±0.07 por ciento de ácido cítrico y 1.26x10²±9.31x10⁰ UP/g. Después de la irradiación UVC se observaron diferencias significativas en los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos analizados a lo largo del almacenamiento (p<0.05); obteniendo que al aplicar la dosis mayor (8.087 kJ/m²), se obtuvo menor recuento de mohos y levaduras, pérdida de peso, variación de °Brix, porcentaje de ácido cítrico y pH durante los 21 días de almacenamiento.

Palabras clave: Irradiación UVC, productos mínimamente procesados, *Ananas comosus*, características fisicoquímicas, recuento de mohos y levaduras.

ABSTRACT

The aim of this study was to determine the effect of UVC irradiation dose and storage time at 6°C on *Ananas comosus* Var. Smooth Cayenne, minimally processed. The pineapple fruit were harvested in the district of Bean and transferred to the laboratory where they were selected, washed and cut manually into half slices of 1.2 cm. Initially the physicochemical and microbiological characterization of the samples was performed by determining soluble solids (°Brix), percentage of citric acid, pH and enumeration of molds and yeasts. Subsequently treated with doses of 0 kJ/m², 2.696 kJ/m², 5.392 kJ/m² and 8.087 kJ/m², were placed in trays and covered with PVC film, then stored at 6°C for 21 days. At 0, 7, 14 and 21 days of storage the effect of the UVC radiation on the physicochemical and microbiological characteristics were assessed. Samples of minimally processed pineapple presented: 13 ± 1.58 °Brix; PH 4.72 ± 0.35; 0.6 ± 0.07 percent citric acid and 1.26 ± 9.31 x100 x10² UP/g. After UVC irradiation significant differences in physicochemical and microbiological parameters analyzed during storage (p < 0.05); obtained when applying the higher dose (8,087 kJ/m²), the lower mold and yeast count, weight loss, change in °Brix, percent citric acid and pH was obtained during 21 days of storage.

Key words: UVC irradiation, minimally processed, *Ananas comosus*, physicochemical characteristics, yeast and mold counts.

I. INTRODUCCIÓN

En el presente estudio se evaluó el efecto de la dosis de irradiación ultravioleta de onda Corta (UV-C), sobre las características fisicoquímicas y el recuento de mohos y levaduras, aplicado en rodajas de piña mínimamente procesadas, durante 21 días de almacenamiento refrigerado a 6°C. Durante el almacenamiento se realizaron evaluaciones periódicas desde el día 0, luego a los 7, 14 y 21 días; periodos que coinciden con lo realizado por Andrade et al., (2010) quienes evaluaron la influencia del tratamiento UV-C (7, 10 y 13 kJ/m²) sobre la calidad de la carambola mínimamente procesada almacenada a 5°C en bandejas plásticas cubiertas con film PVC durante 21 días y a los 0, 7, 14 y 21 días se determinó la pérdida de peso, acidez, pH, sólidos solubles y se observó visualmente el avance de pardeamiento, decaimiento y firmeza al tacto. Las dosis de irradiación experimentadas fueron de 0; 2.696; 5.392 y 8.087 kJ/m², las cuales se encuentran en el rango trabajado por otros autores como Silveira et al., (2006) quienes evaluaron el efecto de la aplicación de radiación UV-C entre 1.2 y 4.8 y del envasado en sala blanca, en el crecimiento microbiano y en el mantenimiento de la firmeza del melón "Galia" procesado en fresco y conservado a 5°C hasta 10 días. Schenk (2010) evaluó la eficiencia de la aplicación única de luz UV-C (dosis 3.7 kJ/m²), o combinada con la utilización de peróxido de hidrógeno (H₂O₂ 3%; pH 3.0; 5 min) para inhibir y/o inactivar microorganismos patógenos y deteriorativos de derivados frutales en rodajas de pera y manzana con y sin piel, durante 7 días de almacenamiento en refrigeración (4°C); mientras Calderón et al., (2012) estudiaron el efecto de diferentes dosis de luz UV-C (0; 0.96; 2.88; 5.76 y 8.64), ácido málico (0, 0.5; 1.0 y 1.5%), lactato de calcio (1%) y ácido ascórbico (0.5%) sobre *Rhodotorula glutinis* (flora deteriorativa predominante) en trozos de papaya variedad "Maradol" inoculadas. Según Domínguez y Parzanese (2011), la técnica

de irradiación UV-C se emplea para desinfectar aire, agua y superficies de materiales con posible contaminación biológica (virus, bacterias, esporas, mohos, levaduras). En la industria de alimentos se utiliza para desinfectar por ejemplo cintas transportadoras, láminas y tapas de cierre, y envases. También las superficies de algunos alimentos sólidos entre los que se pueden mencionar frutas, verduras, pescados y líquidos como jugos y agua. Según Bolton (1999), citado por Domínguez y Parzanese (2011).

El rango de longitud de onda utilizado para el procesamiento de alimentos varía entre 200 y 280 nm rango conocido como UV-C o germicida ya que es capaz de inactivar bacterias y virus alterando las estructuras de ADN, donde la máxima eficiencia para la desinfección se sitúa en los 254 nm. Por ello en este estudio se usaron dos lámparas germicidas UV-C, marca General Electric modelo G30T8, de 30 Watts de potencia, con 90.88 cm. de largo y con un pico de emisión de 254 nm. La radiación UV produce cambios fotoquímicos, cuyos efectos pueden variar según la especie de microorganismo que se trate.

El mecanismo de acción letal depende de su absorción por el ADN, pudiendo detener el crecimiento celular y provocar la muerte. La radiación absorbida por los nucleótidos produce cambios físicos de electrones, formando uniones cruzadas entre tiamina y citocina, (nucleótidos de bases pirimídicas) pertenecientes a la misma cadena, lo que provoca la formación de dímeros ciclobutil pirimidina. Los efectos en los enlaces cruzados son proporcionales al tiempo de exposición e intensidad de la luz UV (Sastry et al., 2000).

La radiación emitida se mide en Watts (W) y la intensidad de la radiación en W/m². Para una desinfección eficaz es importante conocer la dosis de radiación necesaria para reducir la carga del microorganismo, la cual es el producto entre la intensidad de la radiación (I), expresada como energía por unidad de

área, y el tiempo de residencia o contacto con la luz UV (t) en segundos. La dosis (D) se mide en J/m^2 (1 Joule = 1 Watt x segundo), según se muestra en la ecuación 1.

$$D \left(\frac{J}{m^2} \right) = I \left(\frac{W}{m^2} \right) \cdot t(s) \quad (1)$$

También suele expresarse en mJ/cm^2
 $=uWs/cm^2$

En esta investigación la intensidad de irradiación en el equipo UV-C con la que se trabajó fue de $I=1,4975 \text{ Mw/cm}^2$, la cual se midió a 12 cm de las lámparas, distancia a la que fue colocado el producto. En los estudios realizados para determinar el efecto de la irradiación UV-C en microorganismos, Stevens *et al.* (1996), citado por Cote (2011), hallaron que la aplicación de tratamientos UV-C ($0,75 - 4 \text{ kJ/m}^2$) en manzanas inoculadas con *Colletotrichum gloeosporioides* (microorganismo responsable de la antracnosis) disminuyó en forma significativa la tasa de infecciones, el tamaño de las lesiones desarrolladas y la esporulación del hongo. Por otro lado, Andrade *et al.*, (2010) encontró que la exposición a rayos UV-C tiene una acción germicida la misma que aletarga el crecimiento de los mohos e incrementa el tiempo de vida útil de la carambola mínimamente procesada, donde inmediatamente después del tratamiento se produjo una reducción de 1.5 a 1 log₁₀ UPM (número de unidades propagadoras de mohos) con respecto a los frutos control. A lo largo del almacenamiento los frutos tratados no mostraron cambios en la población de mohos hasta el día 20. Resultados similares en cuanto a la tendencia del crecimiento de la población de mohos han sido reportados por Silveira *et al.*, (2006) en estudios del melón mínimamente procesado tratado con dosis de 1.2 y 4.8 kJ/m^2 de radiación UV-C, en donde la radiación más baja (1.2 kJ/m^2) combinada con "sala blanca" redujo en 0.5 log UFC/g la población

inicial de psicrótrofos, mientras que el crecimiento fúngico se vio principalmente reducido por la dosis más elevada.

A su vez Calderón *et al.*, (2012) experimentó con diferentes dosis de radiación UV-C, aplicada sobre papayas frescas cortadas inoculadas superficialmente con un cultivo puro de *R.glutinis* (10^7 UFC/g), tratadas o no con sustancias estabilizantes de la calidad y/o ácido málico, donde la dosis mínima aplicada de 0.96 kJ/m^2 logró reducciones microbianas alrededor de 5 log.

Estos resultados demuestran la alta sensibilidad de la levadura a la irradiación ultravioleta, sin embargo las máximas reducciones alcanzadas (>6.3 log) fueron alcanzadas con la combinación de una dosis de 8.64 kJ/m^2 y ácido málico al 1.5%.

Por su parte Beltrán (2010) investigó el efecto de la radiación UV-C en la calidad de la fresa (*Fragaria vesca*) almacenada en refrigeración a una temperatura de 5°C . Los factores de estudio en esta investigación fueron Factor A: Distancia de las lámparas a las fresas, $A_0=30$ cm, $A_1=40$ cm, $A_2=50$ cm y Factor B: Tiempo de exposición a la radiación UV-C, $B_0=5$ min, $B_1=7,5$ min, $B_2=10$ min; encontrando que los tratamientos (40 cm; 5 min) tiene 2.2×10^2 UFC/g de fresa; (40 cm; 7.5 min) posee $2,4 \times 10^2$ UFC/g de fresa y (40 cm; 10 min): 2.2×10^2 UFC/g de fresa, son los mejores. Estos valores son menores con respecto a las fresas sin tratamiento UV-C, en la que se obtuvo (9.8×10^2 UFC/g fresa). Estos estudios demuestran la susceptibilidad de los microorganismos a la irradiación UV-C, con excepción de las bacterias fotosintéticas la mayoría de los microorganismos muestran susceptibilidad al daño ultravioleta (López y Palou, 2005). En cuanto al efecto de la radiación UV-C sobre las características fisicoquímicas de los alimentos, diferentes autores como Andrade *et al.*, (2010); cote (2011); Calderón, *et al.*, (2012) y Beltrán (2010) coinciden en que la radiación UV-C, no tiene efectos significativos en la variación de las

características como color, firmeza, aroma, pH, Acidez, Sólidos solubles, y también encontraron que existe reducción de la actividad respiratoria, por ende un retraso en la maduración y a su vez los productos tratados experimentan una menor pérdida de agua con respecto a los tratamientos control, lo que permite al producto conservar sus características iniciales e incrementar su vida útil.

Para esta investigación se utilizó como materia prima la piña (*Ananas comosus*), según Guido et al. (1983) la piña (*Ananas comosus*) es una planta tropical de la familia de las bromeliáceas que contiene alrededor de 1400 especies en todo el mundo. Todas las Bromeliáceas son originarias de América, específicamente de América del Sur en regiones tropicales como Mato Grosso, Goiás, Sao Paulo.

Las piñas son frutas no climatéricas, por lo que se deben cosechar cuando estén listas para consumirse, ya que no maduran después de su recolección.

El contenido mínimo de sólidos solubles totales en la pulpa del fruto deberá ser, como mínimo, de 12°Brix. Por lo general, los grados Brix son mayores (aproximadamente 2%) en la base del fruto que en la parte unida a la corona. Normalmente, piñas con más de 12 grados Brix, tienen un buen contenido de azúcar y sabor. La acidez titulable de la piña es del orden de 0,5 a 1,6 g ácido cítrico/100 g jugo de la fruta (Calderón y Cerdas, 2005). Las variedades que principalmente se cultivan en el Perú son las variedades: Cambray (Milagreña), Cayena Lisa (hawaiana), Champaka F-153 y la variedad MD2 (AMPEX, 2006).

Entre el potencial agroindustrial, el fruto de la piña tiene diferentes usos, por ejemplo: producto enlatado; jugos y concentrados; jaleas y mermeladas; otros productos como la semita de piña; vinagre que es elaborado de la cáscara de la piña (Alfaro, 2011). Pero también puede ser usada para producir productos mínimamente procesados como piña en trozos o en rodajas.

Según Martín (2007) y Rodríguez et al. (2008), los productos mínimamente

procesados o vegetales mínimamente procesados (VMP), son aquellas hortalizas y frutas frescas, limpias, peladas enteras y/o cortadas de diferentes maneras conocidos como productos de IV Gama o listos para consumir, cuyo mínimo procesamiento permite mantener sus propiedades naturales y tornarlas fáciles de utilizar por el consumidor ya sea para consumo directo crudo o para preparaciones culinarias, estos productos se presentan envasados al vacío o en atmósferas modificadas con o sin utilización de gases, almacenados en refrigeración de 2 a 4°C, obteniendo una vida útil de 7 a 14 días, debido a las alteraciones fisiológicas, físicas, químicas y microbiológicas que se desencadenan principalmente por las operaciones mecánicas de cortado y pelado.

Frente a las alteraciones físicas, fisiológicas, químicas y microbiológicas que se producen en los VMP, impidiéndoles tener no más de 14 días de vida útil, se están centrando investigaciones sobre los distintos y posibles métodos de conservación de este tipo de alimentos durante su almacenamiento, idealmente, aplicando técnicas que impidan alteraciones microbiológicas y mantengan la calidad del producto. La eficacia de estos métodos depende principalmente de la higiene durante el proceso productivo, siendo su objetivo disminuir la carga microbiana y evitar su desarrollo. Para tal fin muchos productos son tratados térmicamente, sin embargo esta técnica modifica las características, tanto sensoriales (textura, sabor y color), como nutricionales (pérdidas de vitaminas, principalmente) de este tipo de alimentos, por lo que no es recomendable. Debido a estos efectos adversos del tratamiento a altas temperaturas, se encuentran en desarrollo procesos no térmicos de conservación, también denominados tecnologías suaves. Son poco agresivos y tienen la ventaja de ofrecer productos semejantes a los frescos -por lo tanto,

acordes con las demandas actuales del mercado- pero sin perder sus garantías en materia de inocuidad (Domínguez y Parzanese, 2011). Este estudio demuestra la aplicabilidad de la radiación ultravioleta de longitud de onda corta (UV-C) en productos tropicales mínimamente procesados, como un método que reemplaza a los tratamientos a altas temperaturas y a los tratamientos con conservantes químicos, ya que la limitación principal de estos productos es su corta vida útil, debido a la actividad metabólica relacionada con los procesos de deterioro, que se acentúa luego de la cosecha y se va incrementando durante el procesamiento, principalmente debido a la ruptura del tejido vegetal durante las operaciones de pelado y cortado, incrementando la tasa a la cual ocurren los procesos fisiológicos naturales.

Dicha ruptura desencadena procesos bioquímicos y físicos, que pueden dar por resultado la degradación del color, textura, sabor y aroma del producto, así como también desencadena alteración microbiológica por acción de diversas especies de hongos, levaduras y bacterias, ocasionando incluso un 15% de las pérdidas poscosecha (Gómez et al, 2007), limitando la oferta de productos variados y de calidad al consumidor, por lo que encontrar métodos que ayuden a frenar el deterioro o inactivar los procesos fisiológicos de estos productos, constituye uno de los principales objetivos de la industria de VMP.

En la actualidad, el consumidor es más consciente de la importancia de una buena alimentación, y busca nuevas alternativas en comidas saludables, según se ve reflejado en la gran cantidad de productos frescos y naturales enriquecidos con vitaminas y otros nutrientes, que se encuentran en el mercado. El estilo de vida también ha cambiado y cada vez se cuenta con menos tiempo para preparar y comer los alimentos, por lo que se busca productos alternativos de calidad, nutritivos, sabrosos, variados y fáciles de preparar; frente a ello los vegetales mínimamente

procesados (VMP), están destinados a satisfacer la demanda actual del consumidor (Montero et al., 2009).

El uso de irradiación UV-C en piña mínimamente procesada se convertiría en una alternativa de transformación para esta fruta en aquellas provincias o distritos que presentan sobre producción en épocas del año mejorando el aprovechamiento de este producto y los ingresos de los pobladores y/o agricultores interesados en utilizar esta tecnología de conservación, con la presentación de un producto de calidad y libre de sustancias químicas.

La piña (*Ananas comosus*) utilizada se obtuvo en el distrito de Poroto ubicado en el Valle Santa Catalina, Poroto cuenta con una prospera producción de cultivos frutales entre ellos la Piña (*Ananas comosus*), siendo en La Libertad, la principal zona productora de piña.

La Libertad a nivel nacional se encuentra en tercer lugar de las regiones de mayor producción de piña después de Junín y Loreto (ver anexo 3), las variedades que se cultivan es la variedad Cayena Lisa conocida como variedad blanca y la variedad roja. A partir del año 1998 el cultivo de esta fruta se intensificó (MEF, 2006), y en la actualidad existen más de 800 hectáreas de terreno destinadas al cultivo de piña con más de 450 productores, la mayoría de ellos venden su producto en chacra a S/. 0.78 (*Portal Agrario Regional*, 2012), obteniendo muy poca ganancia en comparación a vender un producto con valor agregado, tal es el caso de producir piña mínimamente procesada donde las ganancias se triplicarían, según el INEI (2012) la producción de piña se incrementará en un 10.80%, la producción promedio de piña en todo el año es de 1,737 toneladas/mes, existiendo sobreproducción en los meses de enero-marzo donde la producción supera las 2.5 toneladas/mes (*Portal Agrario Regional*, 2012).

En este contexto se planteó el siguiente problema: ¿Cuál es el efecto de la dosis de irradiación UV-C y tiempo de

almacenamiento a 6°C sobre las características fisicoquímicas, recuento de mohos y levaduras en *Ananas comosus* variedad Cayena lisa (Piña), mínimamente procesada?

El objetivo principal fue evaluar el efecto de la dosis de irradiación UV-C, y tiempo de almacenamiento a 6°C sobre las características fisicoquímicas, recuento de mohos y levaduras en *Ananas comosus* variedad Cayena lisa (Piña), mínimamente procesada. Entre los objetivos específicos tenemos: determinar las características físicas, químicas y microbiológicas iniciales de la piña variedad Cayena lisa; aplicar diferentes dosis de irradiación UV-C con valores de 0, 2.696, 5.392 y 8.087 kJ/m², y variar el tiempo de almacenamiento a 6°C en 0, 7, 14 y 21 días; analizar los cambios producidos por los tratamientos propuestos en las características fisicoquímicas (pérdida de peso, sólidos solubles, pH y acidez titulable), en el recuento de mohos y levaduras, y finalmente identificar la dosis de irradiación UV-C, y del tiempo de almacenamiento a 6°C en el cual se mantenga las características fisicoquímicas iniciales y se obtenga un menor recuento de mohos y levaduras en la piña variedad Cayena lisa mínimamente procesada.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

Población – muestra

Se trabajó con 13 kg de piña variedad Cayena Lisa proveniente de la localidad de Poroto-Trujillo, posteriormente se realizó un muestreo no probabilístico por conveniencia teniendo en cuenta los criterios de selección, estos estuvieron basados en los requisitos de calidad (ausencia de golpes ni daños ocasionados por enfermedades o por insectos) y los requisitos de madurez (en base a la coloración del fruto entre un 80 a 95% de coloración, aroma perceptible y aspecto seco de las brácteas).

Procedimiento experimental

A continuación se realiza la descripción de cada operación a tener en cuenta:

➤ Recepción/ selección: las piñas fueron

adquiridas en chacras de productores de piña del distrito de Poroto, teniendo en cuenta los criterios de selección.

- Lavado y desinfectado: se lavó la fruta fresca entera con una solución de agua potable y cloro (150 ppm) y se dejó escurrir.
- Pelado y cortado: se realizó el pelado utilizando una peladora manual de piña y se cortó en rodajas de 1,2 cm de espesor (CODEX STAN 42, 1981) y se dividió en dos partes.
- Pesado: se pesó en una balanza analítica (AND, GR-200, Capacidad: máxima 210g mínimo 10 mg, sensibilidad 0,1 mg), se pesó aproximadamente 140 g para cada tratamiento, después se determinó las características fisicoquímicas (°Brix, porcentaje de ácido cítrico y pH), así como también se realizó el recuento de mohos y levaduras.
- Tratamiento UV-C: para la aplicación de los tratamientos con irradiación UV-C se utilizó un equipo que consta de una cámara de vidrio: 92 cm de largo x 25 cm de ancho x 40.5 cm de alto y dos lámparas ultravioleta marca G.E., de 30 watts. Las muestras se colocaron a una distancia de 12 cm de las lámparas. La dosis a la que fueron expuestas las muestras para cada tratamiento se determinó utilizando la ecuación (1).
- Envasado: se envasó las muestras tratadas en bandejas cerradas con plástico PVC envolvente, con su respectivo rotulado indicando: dosis a la que ha sido tratada y tiempo de almacenamiento a 6 °C a la cual fue sometida.
- Almacenado a 6°C: el almacenamiento de la piña se realizó a una humedad relativa de 90-95% durante 21 días, fueron evaluadas periódicamente en el día 0, 7, 14 y 21 días, y se determinó sus características fisicoquímicas (porcentaje de pérdida de peso, °Brix, porcentaje de ácido cítrico y pH). También se determinó el recuento de mohos y levaduras.

Procedimiento para la determinación de características fisicoquímicas

- Determinación de porcentaje de pérdida

de peso

Se determinó por diferencia de pesos (Godoy, 2004).

- Determinación de °Brix

Se determinó por lectura directa con un refractómetro GIARDINO ITALY (0-32 °Brix, +/- 0,20%, calibrado a 20 °C) según el CODEX STAN 182-1993.

- Determinación de porcentaje de ácido cítrico

La determinación de acidez se realizó de acuerdo al método AOAC (1980).

- Determinación de pH

Se determinó por lectura directa con pHmetro SARTORIUS (0-15 pH, +/- 0,005), (Godoy, 2004).

Procedimiento para el recuento de mohos y levaduras

Técnica de enumeración de las colonias a 25 °C de la norma ISO 7954.

Métodos de análisis de datos

Los experimentos realizados presentan un diseño factorial 4x4 con 3 repeticiones, siendo los factores (variables independientes) la dosis de irradiación con cuatro niveles de 0 kJ/m², 2.696 kJ/m², 5.392 kJ/m² y 8.087 kJ/m² y el tiempo de almacenamiento a 6 °C con cuatro valores de 0, 7, 14 y 21 días.

Los resultados obtenidos sobre las características fisicoquímicas y recuento de mohos y levaduras se analizaron estadísticamente aplicando un análisis de varianza (ANOVA) bifactorial empleando el software Statgraphics. En caso de significancia estadística (p<0.05), para determinar el mejor tratamiento, se empleó el test de comparaciones múltiples (Test de Tukey) generada por el software IBM SPSS Statistics 21, todo a un nivel de confianza del 95%.

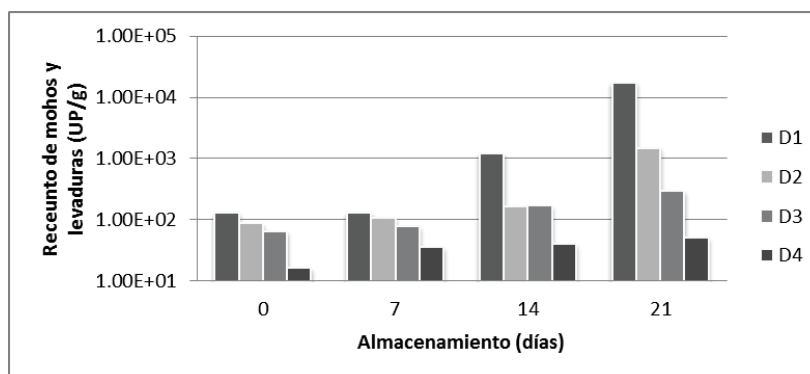
Se determinó según la directiva general

III. RESULTADOS

Tabla 1. Caracterización inicial de la materia prima (piña variedad. Cayena lisa)

Parámetro	Valor mínimo	Valor máximo	Promedio
°Brix	11	15	13±1.58
% Ac. Cítrico	0.544	0.72	0.6±0.07
Ph	4.3	5.21	4.72±0.35
Rec. de mohos y levaduras (UP/g)	1.18E+02	1.40E+02	1.26E+02±9.31

Fuente: Elaboración propia



Legenda:

D1: dosis de irradiación de 0 kJ/m² y tiempo de almacenamiento a 6 °C.

D2: dosis de irradiación de 2.696 kJ/m² y tiempo de almacenamiento a 6 °C

D3: dosis de irradiación de 5.392 kJ/m² y tiempo de almacenamiento a 6 °C

D4: dosis de irradiación de 8.087 kJ/m² y tiempo de almacenamiento a 6 °C

Figura 1. Recuento de mohos y levaduras en el tiempo de almacenamiento.

En la figura 2 se grafica el logaritmo natural de la fase exponencial de crecimiento de los mohos y levaduras, para cada dosis trabajada, comprendido a partir del día 7 hasta el día 21 de almacenamiento a 6°C.

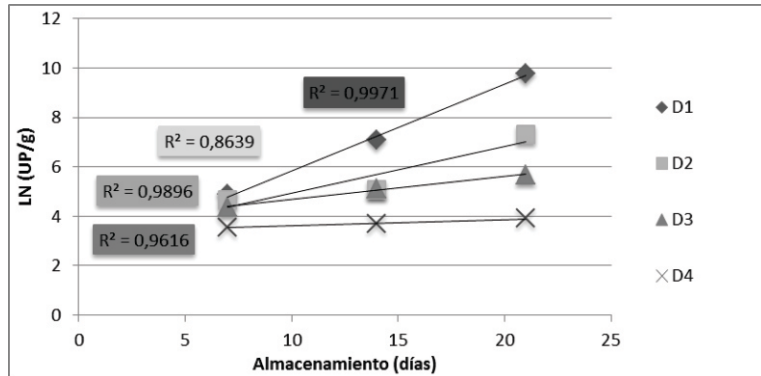
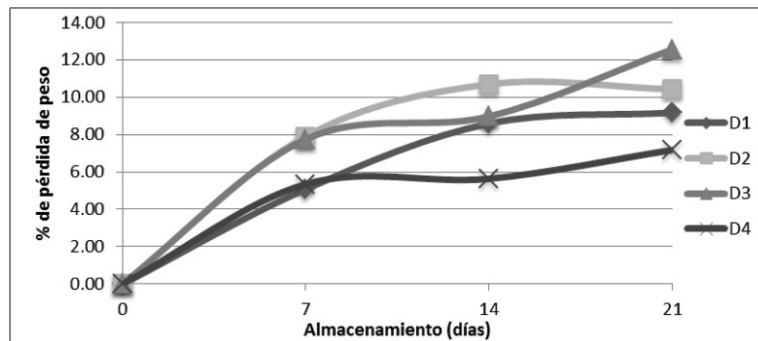


Figura 2. Cinética de crecimiento de mohos y levaduras, durante el almacenamiento.



Leyenda:

D1: dosis de irradiación de 0 KJ/m^2 y tiempo de almacenamiento a 6 °C.

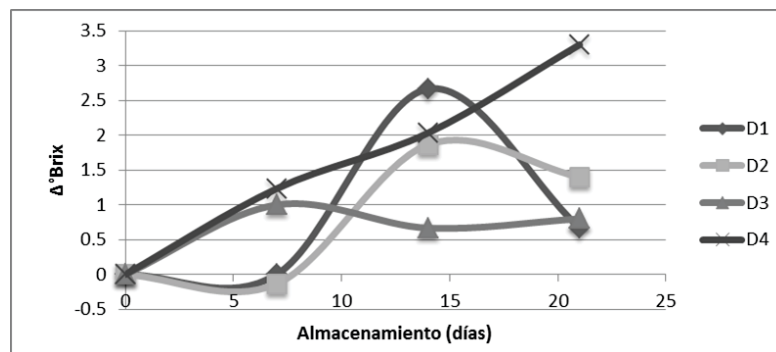
D2: dosis de irradiación de 2,696 KJ/m^2

D3: dosis de irradiación de 5,392 KJ/m^2 y tiempo de almacenamiento a 6 °C

D4: dosis de irradiación de 8,087 KJ/m^2 y tiempo de almacenamiento a 6 °C

Figura 3. Porcentaje de pérdida de peso durante el tiempo de almacenamiento.

En la figura 4 se muestra la variación de °Brix a través del tiempo de almacenamiento a 6°C.



Leyenda:

D1: dosis de irradiación de 0 KJ/m^2 y tiempo de almacenamiento a 6 °C.

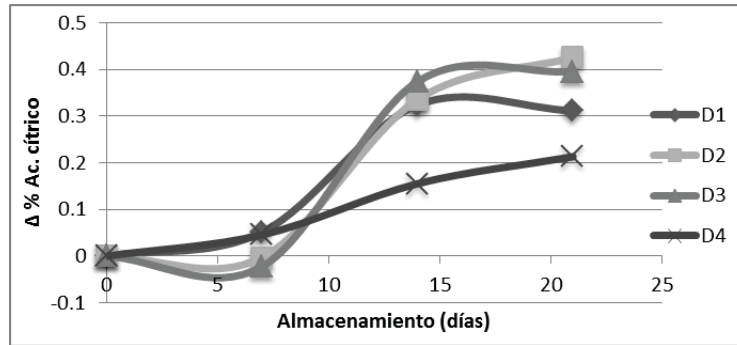
D2: dosis de irradiación de 2,696 KJ/m^2

D3: dosis de irradiación de 5,392 KJ/m^2 y tiempo de almacenamiento a 6 °C

D4: dosis de irradiación de 8,087 KJ/m^2 y tiempo de almacenamiento a 6 °C

Figura 4. Variación de °Brix durante el tiempo de almacenamiento.

En la figura 5, se muestra la variación del porcentaje de ácido con respecto al tiempo de almacenamiento.



Leyenda:

D1: dosis de irradiación de 0 KJ/m² y tiempo de almacenamiento a 6 °C.

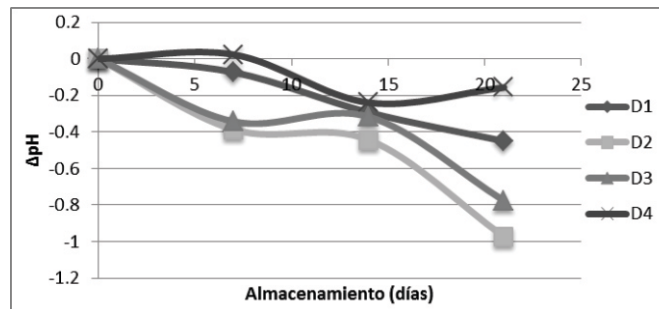
D2: dosis de irradiación de 2,696 KJ/m²

D3: dosis de irradiación de 5,392 KJ/m² y tiempo de almacenamiento a 6 °C

D4: dosis de irradiación de 8,087 KJ/m² y tiempo de almacenamiento a 6 °C

Figura 5. Variación del porcentaje de ácido cítrico durante el tiempo de almacenamiento.

En la figura 6 se muestra la variación del pH durante el tiempo de almacenamiento.



Leyenda:

D1: dosis de irradiación de 0 KJ/m² y tiempo de almacenamiento a 6 °C.

D2: dosis de irradiación de 2,696 KJ/m²

D3: dosis de irradiación de 5,392 KJ/m² y tiempo de almacenamiento a 6 °C

D4: dosis de irradiación de 8,087 KJ/m² y tiempo de almacenamiento a 6 °C

Figura 6. Efecto del tiempo de almacenamiento a 6 °C, y la dosis en el pH

IV. DISCUSIÓN

Caracterización inicial de la piña mínimamente procesada variedad Cayena Lisa.

En la Tabla 1 se observa los valores iniciales de las características fisicoquímicas (°Brix, pH, % de ácido cítrico) y microbiológicas (recuento de mohos y levaduras) de las muestras de piña mínimamente procesadas antes de ser irradiadas.

Tal como se observa, las muestras de piña

mínimamente procesadas presentan un promedio de 13 °Brix, valor similar a los reportados por la AMPEX (2007), quien indica que la piña debe cosecharse con un mínimo de 12 °Brix, y la FAO (2006), que reporta que las piñas con más de 12 °Brix tienen un buen contenido de azúcar y sabor. La acidez fue expresada en función del ácido predominante en la fruta, por ello se expresó como porcentaje de ácido cítrico obteniéndose un valor de 0.6%;

este valor se encuentra entre el rango establecido por Calderón y Cerdas (2005) quienes afirman que la acidez titulable de la piña se encuentra entre 0.5 a 1.6 g ácido cítrico/100 g jugo de la fruta.

Por otro lado el pH promedio obtenido fue de 4.72; valor relacionado con la acidez de la fruta, pues a mayor porcentaje de ácido cítrico, se obtendrá un menor pH.

En frutas y hortalizas, el sabor se expresa normalmente en términos de la combinación de principios dulces y ácidos, la que es un indicador de la madurez y de la calidad gustativa (López, 2003); entonces con los valores obtenidos de la materia prima con la que se trabajó, se asegurará un sabor aceptable para los consumidores. El parámetro microbiológico de la piña mínimamente procesada se evaluó a través del recuento de mohos y levaduras. Factores intrínsecos de la piña: elevado contenido de humedad cerca del 90%, contenido de azúcar y $\text{pH} < 5$ favorecen el crecimiento de estos microorganismos (Carrillo, 2003). El recuento de mohos y levaduras obtenido fue de 1.26×10^2 UP/g, valor que se encuentra cercano al límite máximo permisible de 10^3 UP/g establecidos por la NTS N° 071-MINSA/DIGESA (2008) para frutas y verduras frescas. La carga microbiana presente en la superficie de la fruta de manera natural, proviene de la flora existente en el suelo y el ambiente, pues según Lacey (1989) los hongos adquiridos en el campo son *Alternaria*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Epicoccum*, *Fusarium*, *Verticillium*, *Penicillium* además de otros fitopatógenos, y las especies difieren según el vegetal, el clima y la región geográfica y según Carrillo (2003) las levaduras comúnmente asociadas con el deterioro de las frutas incluyen: *Z. rouxii* y especies de *Hanseniaspora*, *Candida*, *Debaryomyces* y *Pichia*.

Debido a que se trabajó durante el almacenamiento con temperaturas de 6°C , aquellos microorganismos que se desarrollan con mayor facilidad en tales condiciones ambientales son los psicrótrofos. En esta investigación

mediante observaciones microscópicas y de acuerdo a las características morfológicas establecidas por Carrillo (2003), se logró identificar los géneros de mohos predominantes en el producto, estos fueron *Penicillium sp.* y *Alternaria sp.* Estos resultados coinciden con lo establecido por Carrillo (2003), quien afirma que los mohos psicrótrofos pertenecen a los géneros *Penicillium* y *Alternaria* entre otros, y las levaduras psicrótrofas pertenecen a los géneros de *Candida*, *Cryptococcus*, *Torulopsis* y *Rhodotorula*.

Efecto de la dosis de irradiación UV-C y tiempo de almacenamiento sobre el recuento de mohos y levaduras.

En la donde se observa que el recuento de mohos y levaduras es directamente proporcional al tiempo de almacenamiento, también se puede apreciar que desde el día 0 hasta el día 7, los niveles de recuento se mantienen casi constantes, esta fase de siete días comprendería a la fase de adaptación de los microorganismos a las nuevas condiciones de almacenamiento refrigerado, ya que la velocidad de crecimiento puede verse afectada por los cambios de temperatura y el tiempo de generación puede incrementarse (Carrillo, 2003); también puede deberse al proceso de reparación celular de los daños provocados por la irradiación UV-C (Domínguez y Parzanese, 2011).

A partir del séptimo día se observa que las muestras no irradiadas (0 KJ/m^2) presentaron incremento en el recuento de mohos y levaduras al igual que las irradiadas con D2 (2.696 KJ/m^2) y D3 (5.392 KJ/m^2), en las cuales el recuento también se incrementó pero en menor medida; sin embargo al aplicar la dosis D4 (8.087 KJ/m^2) se obtuvo un recuento menor manteniéndose casi constante a partir del día 7, esto demuestra la susceptibilidad de los mohos y levaduras a la irradiación UV-C (López y Palou, 2005).

Según Koutchma (2009); Sastry et al., (2000) y Chang et al., (1985) el mecanismo de acción letal de la

irradiación UV-C se debe a su absorción por el ADN microbiano provocando entrecruzamiento de tiamina y citosina de una misma cadena de ADN impidiendo su posterior síntesis, pudiendo de esta manera detener el crecimiento celular y provocar la muerte.

En la Tabla 2 se observa la fase exponencial de crecimiento de mohos y levaduras en muestras irradiadas con UV-C (Comprendida desde el día 7 hasta el día 21), en la cual se pudo determinar la velocidad específica de crecimiento, la velocidad de crecimiento de los mohos y levaduras disminuye desde 0.349 hasta 0.025 para la dosis D4 (8.087 kJ/m^2), es decir, que el tiempo de generación de los mohos y levaduras en aquellas muestras tratadas con una dosis más intensa de irradiación UV-C, es mayor.

Esto evidencia que la irradiación UV-C inhibe el crecimiento de los mohos y levaduras. Autores como Calderón et al. (2012) obtuvieron en papayas frescas cortadas inoculadas superficialmente con un cultivo puro de *R. glutinis* (107 UFC/g), una reducción logarítmica mayor a 6.3 UFC/g a una dosis de 8.64 kJ/m^2 , pero además de irradiación UV-C aplicaron ácido málico al 1.5% para mejorar el efecto.

Es importante mencionar que cada microorganismo requiere de una dosis específica para ser inactivados, y la sensibilidad a la irradiación UV-C depende de la habilidad que posea el microorganismo para reparar el daño causado, además del tipo y la composición del alimento constituye un factor importante. Por otro lado Silveira, et al. (2006) en estudios de melón mínimamente procesado tratado con la radiación UV-C más baja de (1.2 kJ/m^2) combinada con envasado en "sala blanca" redujo en 0.5 log UFC/g la población inicial de psicrótrofos, mientras que el crecimiento fúngico se vio principalmente reducido por la dosis más elevada de 4.8 kJ/m^2 . Al igual que estos autores Andrade et al. (2010) concluyen que la aplicación de irradiación UV-C disminuyó en forma significativa el número de

microorganismos presentes en las muestras control.

Efecto de la dosis de irradiación UV-C y tiempo de almacenamiento sobre la pérdida de peso.

En la Figura 3 se muestra el porcentaje de pérdida de peso durante el tiempo de almacenamiento a 6°C para cada dosis, observándose que la pérdida de peso se incrementa a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento. A los 7 días de almacenamiento se obtuvo 5.07; 7.90; 7.75; 5.34% de pérdida de peso para las dosis D1, D2, D3 y D4 respectivamente. Resultados similares fueron obtenidos por Andrade et al., (2010), quienes obtuvieron 3.8; 8.4; 9.8 y 4.7% al aplicar dosis de 0, 6, 10 y 13 kJ/m^2 respectivamente, donde se observa que el estrés provocado por las dosis D2 y D3 aplicadas, generan una respuesta negativa en los tejidos de la piña mínimamente procesada provocando mayor pérdida de agua lo se traduce en una pérdida de firmeza en el producto. Según Cisneros (2003), la sobreestimulación a dosis bajas de irradiación UV-C induce respuestas positivas o negativas frente al estrés, por lo que estas dosis (D2 y D3) no fueron suficientes para lograr la inactivación de las enzimas de degradación de la pared celular.

Sin embargo la dosis D4 (8.087 kJ/m^2) mantuvo los niveles de pérdida de peso inferiores al tratamiento sin irradiación UV-C (D1). Según indica Charles et al., (2009), citado por Cote (2011), la menor pérdida de peso en los tratamientos de mayor dosis, posiblemente se deba a que la radiación a tiempos largos favorece procesos de cicatrización o acumulación de componentes hidrofóbicos, también es factible que el menor deterioro por ataque microbiano contribuya a explicar la menor pérdida de peso en los frutos tratados con alta intensidad de UV-C.

La irradiación UV-C actúa directamente sobre la pared y membrana celular, ya que los componentes de membrana (fosfolípidos y glicolípidos) y de pared (proteínas y ligninas), absorben energía en el rango ultravioleta; al mismo tiempo,

la irradiación UV-C genera especies reactivas de oxígeno que causan estrés oxidativo que afecta la estabilidad de la pared y de la membrana celular.

Una respuesta de defensa a este efecto involucra el aumento o activación de compuestos antioxidantes y la inactivación de enzimas en algunos sistemas vegetales (Foyer et al., 1994). Esta inactivación de enzimas por la acción de la irradiación UV-C fue estudiada por autores como Barka et al. (2000) quienes encontraron cambios en la firmeza y maduración de tomates por reducción en la actividad de enzimas de degradación de la pared celular, como: poligalacturonasa (EC 3.2.1.15), pectin metilesterasa (EC 3.1.1.11), celulasa (EC 3.2.1.4), xilanas (EC 3.2.1.8) y β -D-galactosidasa (EC 3.2.1.23), con una dosis baja de irradiación UV-C (3.7×10^3 kgf/s²). Según Barka et al. (2000), la exposición a UV-C reduce la degradación enzimática de la pared celular, lo que explica el retraso en el proceso de maduración y senescencia. Estudios realizados en trozos de melón procesados bajo irradiación UV-C retienen mejor la firmeza que los frutos testigos y tratados después del corte, al parecer por un mecanismo similar al encontrado en tomate, y relacionado con la inactivación de enzimas de degradación de pared celular (Lamikanra et al., 2005). Los resultados del test de comparaciones múltiples DHS de Tukey realizado para cada uno de los tratamientos, donde se observa que el tratamiento con el que se obtuvo menor porcentaje de pérdida de peso (5.08%) durante el almacenamiento a 6°C, fue el tratamiento con una dosis de 8.087 kJ/m² y 21 días de almacenamiento.

Efecto de la dosis de irradiación UV-C y tiempo de almacenamiento sobre los sólidos solubles (°Brix).

En la figura 4 se observa la variación de los sólidos solubles (Δ °Brix) durante el tiempo de almacenamiento a 6°C. Durante 14 días de almacenamiento, en las muestras sin irradiar (D1) y con la aplicación de la dosis D2, existió un incremento de los °Brix; dicho

incremento fue de 11.67 a 14.33 °Brix y de 12.27 a 14.13 °Brix respectivamente, pero a partir del día 14 hasta el día 21 los °Brix disminuyeron hasta valores de 12.33 °Brix para las muestras no irradiadas (D1) y 13.67 °Brix para la dosis D2.

La aplicación de la dosis D3 (5.392 kJ/m²) provocó a los 7 días de almacenamiento incremento de los °Brix de 13.53 a 14.53 °Brix, manteniéndose a partir del día 7 hasta el día 21 niveles casi constantes de °Brix; mientras que con la aplicación de la dosis mayor de irradiación UV-C D4 (8.087 kJ/m²) existió un incremento progresivo de los °Brix durante los 21 días de almacenamiento (figura 5).

Según Gómez et al. (2007) los cambios químicos en los PMP después del envasado se deben a la creciente deshidratación y por último a la muerte celular; donde los azúcares, ácidos orgánicos, lípidos y otros substratos son utilizados por los tejidos como fuente primaria de energía química se ha observado que el nivel de azúcares cae y el nitrógeno soluble se incrementa, asociado a una mayor síntesis de enzimas relacionados con la degradación.

Resultados similares fueron obtenidos por Beltrán (2010) quien evaluó el efecto de la distancia y tiempo de exposición a la irradiación UV-C aplicados sobre fresa (*Fragaria vesca* L), sobre los °Brix. Obtuvo una tendencia ascendente de los °Brix conforme el tratamiento UV-C es más severo, así por ejemplo en el tratamiento 50 cm y 10 min, se obtuvo un promedio de 9.68 °Brix, lo contrario sucede en el tratamiento 30 cm y 7.5 min donde se obtuvieron 8.94 °Brix.

Andrade et al. (2010) después del tratamiento UV-C en la carambola (*Averrhoa carambola*) mínimamente procesada, no observaron diferencias entre los frutos tratados y controles en cuanto a sólidos solubles.

La concentración de sólidos solubles en frutos tratados disminuyó un 7.6% el día 7 manteniéndose prácticamente constante a lo largo del periodo de almacenamiento, a diferencia de los

frutos control en los que la concentración de sólidos solubles disminuyó en un 11% en el día 14 manteniéndose constante hasta el día 21.

Efecto de la dosis de irradiación UV-C y tiempo de almacenamiento sobre el porcentaje de ácido cítrico.

En la figura 5 se observa para cada tratamiento, la variación del porcentaje de ácido cítrico (Δ % Ac. cítrico) través del tiempo de almacenamiento. Las dosis con mayor incremento de la acidez a través del tiempo corresponden a las muestras sin irradiar (D1) y a las dosis D2 (2.696 KJ/m^2) y D3 (5.392 KJ/m^2).

El comportamiento de los niveles de acidez para cada una de las dosis, coincide con el comportamiento de los resultados de la pérdida de peso mostrados en la figura 3, donde a mayor pérdida de peso, existe mayor acidez en las muestras analizadas; según Olivas y Barbosa (2005), la pérdida de agua durante el almacenamiento debe ser considerado para la interpretación de los valores de acidez titulable. La pérdida de agua provoca aumento aparente de la concentración de ácido, que puede ser malinterpretado como un verdadero cambio en la cantidad de ácidos presentes en frutas frescas y mínimamente procesadas. Beltrán (2010), en fresas tratadas con UV-C, reportó que el porcentaje de ácido cítrico disminuyó con la aplicación de dosis más intensas de irradiación UV-C. Sin embargo esto no fue

estadísticamente significativo.

Andrade et al. (2010) determinaron una reducción de la acidez en carambola mínimamente procesada irradiada con UV-C del 56% al día 28 de almacenamiento, a diferencia de los frutos tratados donde la acidez se mantuvo constante hasta el día 7, a partir del cual disminuyó un 50% hasta el día 21 manteniéndose constante hasta el final del almacenamiento.

Efecto de la dosis de irradiación UV-C y tiempo de almacenamiento sobre el pH.

El pH está relacionado con el porcentaje de acidez mostrado en la figura 6, es decir que a mayor porcentaje de ácidos presentes en el producto, el pH es menor. Estos valores concuerdan con lo reportado por Andrade et al. (2010), quienes determinaron que en la carambola mínimamente procesada, tratada con irradiación UV-C, el pH disminuyó en 57% hacia el séptimo día de almacenamiento a partir del cual se produjo una ligera reducción en los valores del pH tanto en frutos control como en tratados, alcanzándose en los frutos tratados un valor de pH de 2.8 al final del almacenamiento (21 días) y en el control un pH de 2.6. Mientras que Beltrán (2010) encontró que el pH de las fresas tratadas fue entre 3.70 y 3.81 y no se encontraron cambios significativos durante el proceso de tratamiento con radiación UV-C.

V. CONCLUSIONES

1. Las dosis D1 (0 KJ/m^2), D2 (2.696 KJ/m^2 , D3 (5.392 KJ/m^2) y D4 (8.087 KJ/m^2) de irradiación ultravioleta UV-C y el tiempo de almacenamiento a 6°C durante 0, 7, 14 y 21 días, presenta efecto significativo ($p < 0.05$) sobre las características fisicoquímicas (pérdida de peso, sólidos solubles, pH y acidez titulable), recuento de mohos y levaduras en *Ananas comosus* variedad Cayena lisa (Piña) mínimamente procesada.
2. Las características fisicoquímicas y microbiológicas iniciales evaluadas en

la piña variedad Cayena lisa mínimamente procesada, correspondieron a 13 ± 1.58 °Brix; 4.72 ± 0.35 de pH; 0.6 ± 0.07 g de ácido cítrico/100g de piña y el recuento de mohos y levaduras obtenido fue de $1.26 \times 10^2 \pm 9.31 \times 10^0$ UP/g.

3. La irradiación UV-C influyó significativamente sobre el recuento de mohos y levaduras (UP/g), existiendo una relación directa entre la dosis de irradiación UV-C y su letalidad sobre los microorganismos, determinándose que a mayor dosis aplicada en piña

mínimamente procesada, el recuento de mohos y levaduras fue menor, encontrándose una reducción de 0.92 log UP/g en muestras de piña irradiadas con dosis de 8.087 KJ/m². El tiempo de almacenamiento también influyó sobre la carga microbiana, obteniéndose que a mayor tiempo existe incremento de las UP/g, aunque la velocidad específica de crecimiento de los mohos y levaduras durante el almacenamiento varía, disminuyendo con la aplicación de una dosis mayor.

- Las dosis de irradiación UV-C y tiempo de almacenamiento influyeron significativamente sobre las características fisicoquímicas de las muestras de piña, obteniendo que el porcentaje de pérdida de peso se incrementó durante el tiempo de almacenamiento para todas las dosis, siendo inferior con la aplicación de la

mayor dosis de irradiación UV-C (D4). Los sólidos solubles (°Brix), la acidez (% Ac. Cítrico) y el pH variaron durante el tiempo de almacenamiento para todas las dosis aplicadas, encontrándose relacionados con la pérdida de agua.

- El tratamiento D₄t₄ (dosis 8.087 KJ/m² y tiempo de almacenamiento a 6°C de 21 días), presentó menor recuento de mohos y levaduras, siendo este, incluso en el día 21 de almacenamiento, inferior a los límites máximos permisibles establecidos por la NTS N°071-MINSA/DIGESA, 2008, también se obtuvo menor pérdida de peso, menor variación de °Brix, de % Ac. Cítrico y pH durante los 21 días de almacenamiento.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALFARO, G. Piña *Ananas comosus*. Ficha de mercado N°4. Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), 2011.
2. AMPEX (Asociación Macroregional de Productores Para la Exportación). Perfil de mercado de la Piña (*Ananas comosus* L.). Septiembre 2006.
3. ANDRADE [et al.]. Influencia de la radiación UV-C como tratamiento postcosecha sobre carambola (*Averrhoa carambola* L.) mínimamente procesada almacenada en refrigeración. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha* [en línea]. 2010, Vol. 11, no.1. 2010. [fecha consulta: 22 abril 2013]. 18-27 pp. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81315093004>
ISSN (Versión impresa): 1665-0204
4. BARKA [et al.]. Impact of UV-C irradiation on the cell wall-degrading enzymes during ripening of tomato (*Lycopersicon esculentum* L) fruit. *J. Agric. Food Chem.* 48: 667-671, 2000.
5. BELTRÁN, J. Estudio de la vida útil de fresas (*fragaria vesca*) mediante tratamiento con luz ultravioleta de onda corta UV-C. (Tesis de Grado previa la obtención del título de Ingeniero en Alimentos). Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato, 2010. 143 pp.
6. BOLTON, J. Ultraviolet application handbook. Bolton Photosciences, 2001.
7. CALDERÓN [et al.]. Radiación UV-C y envasado en sala blanca, alternativas a la desinfección con cloro de melón "Galia" mínimamente procesado en fresco. *Bioagro*, 24 (2): 103-114, 2012. ISSN 1316-3361
8. CALDERÓN, M. Y CERDAS, M. Guías técnicas del manejo poscosecha para el mercado fresco: Piña (*Ananas comosus*). San José, C.R.: MAG, 2005. 46 pp.
9. CARRILLO, L. Los hongos de los alimentos y forrajes. *Revista de la Universidad Nacional de Salta Argentina*, (7): 81-86, 2003.
10. CHANG [et al.]. UV inactivation of pathogenic and indicator microorganisms. *Applied and Environmental Microbiology*, 49: 1361-1365, 1985.
11. CISNEROS, L. The use of controlled postharvest abiotic stresses as a tool for enhancing the nutraceutical content and adding- value of fresh fruits and vegetables. *J. Food Sci*, 68:1560-1565, 2003.
12. CODEX Alimentarius. CODEX STAN 182-1993: Norma del Codex para la piña. 1999. 5 p.
13. CODEX Alimentarius. CODEX STAN 42-1981: Norma del Codex para la piña en conserva. 9p.
14. COTE, S. Efecto de la intensidad de la radiación UV-C sobre la calidad sensorial, microbiológica y nutricional de frutos. (Tesis para optar el grado de Magister en tecnología e higiene de los alimentos). La Plata, Argentina: Universidad Nacional de la Plata, 2011. 99 pp.
ISBN 9968-877-17-4
15. DOMÍNGUEZ, L. Y PARZANESE, M. Luz ultravioleta en la conservación de alimentos, 2011.

16. FOYER [et al]. Protection against oxygen radicals: an important defense mechanism studied in transgenic plant. *Plant Cell Env*, (17): 507-523, 1994.
17. GODOY, A. Conservación de dos variedades de arándano alto en condiciones de frío convencional. Buenos Aires: Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar de Plata, 2004.
18. GÓMEZ [et al.]. Problemática de los alimentos vegetales mínimamente procesados en fresco: 17º Symposium Internacional. *Phytoma*, (189): 124-128, 2007.
19. GUIDO [et al.]. Guía técnica para el cultivo de la piña Ananas comosus, (L) Merr. Estación Experimental "Dean Padgett B". Managua: ministerio de desarrollo agropecuario y reforma agraria. IICA. Fondo Simón Bolívar, 1983.
20. KOUTCHMA, T. Advances in ultraviolet light technology for non-thermal processing of liquid foods. *Food and Bioprocess Technology*. 2: 138-155, 2009.
21. LACEY, J. Pre-and post-harvest ecology of fungi causing spoilage of foods and other stored products. *Journal of Applied Bacteriology Symposium Supplement*: 11-25, 1989
22. LAMIKANRA [et al]. Effect of processing under ultraviolet light on the shelf life of fresh-cut cantaloupe melon. *J. Food Sci.* (70): 534-539, 2005.
23. LÓPEZ, M. Y PALOU, E. Ultraviolet Light and Food Preservation. En: *Novel Food Processing Technologies*. Londres, 2005.
24. MARTÍN, O., SOLIVA, R. Y OMS, G. Avances en la mejora de la calidad comercial de los frutos frescos cortados: aspectos fisicoquímicos y microbiológicos. En: Congreso iberoamericano de tecnología postcosecha y agroexportaciones (V: 2007: Universidad de Lleida, España). 2007. 7p
25. Ministerio de Salud (Perú). NTS N° 071. 08: Norma Sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano. Lima: MINSA, 2008. 24p.
26. Ministerio de Economía y Finanzas (MEF). Mejoramiento del canal de riego poroto alto en 2.3 Kms Distrito de Poroto, 2006.
27. MONTERO [et al.]. Tendencias en el procesado mínimo de frutas y hortalizas frescas. *Horticultura internacional*, (69): 48-51, 2009.
28. OLIVAS, G. y BARBOSA, C. Edible coatings for fresh-cut fruits. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* [en línea]. 2005, vol. 45, no. 7. [fecha consulta: 22 octubre 2013].
29. RODRÍGUEZ [et al.]. Bases de la Alimentación Humana. España: Netbiblo, S.L, 2008. ISBN: 9788497452151
30. SASTRY [et al.]. Ultraviolet light. *Journal of Food Science Supplement: Kinetics of Microbial Inactivation for Alternative Food Processing Technologies*, 2000. pp. 90-92.
31. SILVEIRA [et al.]. Radiación UV-C y envasado en sala blanca, alternativas a la desinfección con cloro de melón "Galia" mínimamente procesado en fresco, 2006.
32. Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). Informe Técnico N°3, Producción Nacional: Enero 2012, 2012.
33. ISO. Norma 7954: Microbiology- General Guidance for enumeration of yeasts and moulds- Colony count technique at 25°C, 1987