

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS**



**EFFECTO DE LA DOSIS DE IRRADIACIÓN DE LUZ UV-C Y TIEMPO DE
ALMACENAMIENTO SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS,
RECUENTO DE MOHOS Y LEVADURAS Y APARIENCIA GENERAL EN
TROZOS DE ZAPALLO (Cucurbita máxima Dutch) MACRE**

TESIS para optar el título de:

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

ANDRÉS ALFREDO PAREDES SALAZAR

TRUJILLO, PERÚ

2016

La presente tesis ha sido revisada y aprobada por el siguiente Jurado:

Ing. Dr. Fredy Pérez Azahuanche

PRESIDENTE

Ing. Ms. Luis Márquez Villacorta

SECRETARIO

Ing. Ms. Ana Ferradas Horna

VOCAL

Ing. Ms. Carla Pretell Vásquez

ASESOR

DEDICATORIA

Esta investigación se la dedico a mi hijo, Lucas Paredes Domínguez, por ser mi mayor motivo de superación, amor y esfuerzo.

A mis padres Rafael Paredes y Fabiola Salazar por su apoyo y cariño incondicional, al igual que mis queridos hermanos Sarita y Rafael por su aliento de seguir adelante siempre.

A mi gran amor Josselin Domínguez, por sus ánimos y apoyo constante, durante toda la elaboración de esta investigación; y a mis buenos amigos Edinsson, Carlos y Gonzalo.

AGRADECIMIENTO

Mi sincero agradecimiento a mi madre por sus consejos, confianza, amor y compañía. A mi padre por el apoyo brindado y consejos. Ambos hicieron posible mi realización profesional. A ellos mi más sincero agradecimiento.

A mi familia en general y mis hermanos que de alguna manera me apoyaron y ayudaron a recorrer este largo camino y salir exitoso.

A mi enamorada que junto a mi hijo me acompañaron siempre y me ayudaron sin reparo en todo sentido a la realización de esta investigación y amigos de la universidad que también tuvieron mucho que ver en la realización de este proyecto.

A mi asesora, la Ing. Ms. Carla Pretell, quien amablemente puso su confianza en mí, me brindo sus consejos, experiencia y enseñanzas para realizar este trabajo.

A mis jurados y al mismo tiempo excelentes profesionales como lo son el Ing. Dr. Fredy Pérez, Ing. Ms. Luis Márquez y la Ing. Ms. Ana Ferradas, por apoyarme en todo este largo proceso brindándome sus conocimientos y experiencia.

A mi amigo Ing. Jesús Obregón por el apoyo en la realización del análisis estadístico de esta investigación.

ÍNDICE

	Pág.
Carátula.....	i
Aprobación por el jurado de Tesis.....	ii
Dedicatoria.....	iii
Agradecimiento.....	iv
Índice.....	v
Índice de Cuadros.....	viii
Índice de Figuras.....	x
Anexos.....	xi
Resumen.....	xii
Abstract.....	xiii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA.....	3
2.1. Zapallo macre.....	3
2.1.1. Generalidades.....	3
2.1.2. Taxonomía.....	3
2.1.3. Composición nutricional.....	5
2.1.4. Propiedades funcionales.....	6
2.1.5. Cambios durante el almacenaje.....	7
2.2. Productos mínimamente procesados.....	8
2.3. Irradiación UV-C en alimentos mínimamente procesados..	10
2.3.1. Propiedades de la irradiación UV.....	10
2.3.2. Procesamiento con irradiación UV-C.....	14

2.3.3. Parámetros claves en el procesamiento de alimentos mínimamente procesados con irradiación UV-C.....	15
2.3.4. Efecto de la irradiación UV-C en la conservación de frutas y hortalizas mínimamente procesadas.....	17
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
3.1. Lugar de ejecución.....	19
3.2. Materiales y equipos.....	19
3.2.1. Materia prima.....	19
3.2.2. Material de empaque.....	19
3.2.3. Equipos e instrumentos de laboratorio.....	19
3.2.4. Insumos.....	20
3.3. Esquema experimental.....	20
3.4. Procedimiento experimental para la obtención de los trozos de zapallo tratados con irradiación UV-C.....	21
3.5. Método de análisis.....	25
3.5.1. Pérdida de peso.....	25
3.5.2. Firmeza.....	25
3.5.3. Color.....	25
3.5.4. Recuento de mohos y levaduras.....	25
3.5.5. Apariencia general.....	26
3.6. Método estadístico.....	28
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	29
4.1. Pérdida de peso.....	29
4.2. Firmeza.....	34
4.3. Color.....	38

4.4. Recuento de mohos y levaduras.....	47
4.5. Apariencia general.....	53
V. CONCLUSIONES.....	57
VI. RECOMENDACIONES.....	58
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	59
VIII. ANEXOS.....	66

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Composición química del zapallo por cada 100 g de porción comestible.....	5
Cuadro 2. Prueba de Levene para pérdida de peso en trozos de zapallo macre irradiados con UV-C en función a los días de almacenamiento.....	32
Cuadro 3. Análisis de varianza para pérdida de peso en trozos de zapallo macre irradiados con UV-C en función a los días de almacenamiento.....	32
Cuadro 4. Prueba de Duncan para pérdida de peso en trozos de zapallo macre irradiados con UV-C en función a los días de almacenamiento.....	33
Cuadro 5. Prueba de Levene para firmeza en trozos de zapallo macre irradiados con UV-C en función a los días de almacenamiento.....	36
Cuadro 6. Análisis de varianza para firmeza en trozos de zapallo macre irradiados con UV-C en función a los días de almacenamiento.....	36
Cuadro 7. Prueba de Duncan para firmeza en trozos de zapallo macre irradiados con UV-C en función a los días de almacenamiento.....	37
Cuadro 8. Prueba de Levene para L*, a* y b* en trozos de zapallo macre irradiados con UV-C en función a los días de almacenamiento.....	43

Cuadro 9. Análisis de varianza para L^* , a^* y b^* en trozos de zapallo macre irradiados con UV-C en función a los días de almacenamiento.....	44
Cuadro 10. Prueba de Duncan para L^* en trozos de zapallo macre irradiados con UV-C en función a los días de almacenamiento.....	45
Cuadro 11. Prueba de Duncan para a^* en trozos de zapallo macre irradiados con UV-C en función a los días de almacenamiento.....	46
Cuadro 12. Prueba de Duncan para b^* en trozos de zapallo macre irradiados con UV-C en función a los días de almacenamiento.....	47
Cuadro 13. Prueba de Levene para recuento de mohos y levaduras en trozos de zapallo macre irradiados con UV-C en función a los días de almacenamiento.....	50
Cuadro 14. Análisis de varianza para recuento de mohos y levaduras en trozos de zapallo macre irradiados con UV-C en función a los días de almacenamiento.....	51
Cuadro 15. Prueba de Duncan para recuento de mohos y levaduras en trozos de zapallo macre irradiados con UV-C en función a los días de almacenamiento.....	52
Cuadro 16. Prueba de Friedman para apariencia general en trozos de zapallo macre irradiados con UV-C en función a los días de almacenamiento.....	55
Cuadro 17. Prueba de Wilcoxon para apariencia general en trozos de zapallo macre irradiados con UV-C en función a los días de almacenamiento.....	56

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Esquema experimental para la evaluación de los trozos de zapallo macre tratados con irradiación UV-C.....	21
Figura 2. Diagrama de flujo para la elaboración de trozos de zapallo macre tratados con irradiación UV-C.....	22
Figura 3. Cartilla para la evaluación de la apariencia general trozos de zapallo macre mínimamente procesados con irradiación UV-C.....	27
Figura 4. Pérdida de peso en trozos de zapallo macre irradiados con UV-C en función a los días de almacenamiento.....	29
Figura 5. Firmeza en trozos de zapallo macre irradiados con UV-C en función a los días de almacenamiento.....	34
Figura 6. L* en trozos de zapallo macre irradiados con UV-C en función a los días de almacenamiento.....	38
Figura 7. Valores de a* en trozos de zapallo macre irradiados con UV-C en función a los días de almacenamiento.....	40
Figura 8. Valores de b* en trozos de zapallo macre irradiados con UV-C en función a los días de almacenamiento.....	41
Figura 9. Recuento de mohos y levaduras en trozos de zapallo macre irradiados con UV-C en función a los días de almacenamiento.....	48
Figura 10. Apariencia general en trozos de zapallo macre irradiados con UV-C en función a los días de almacenamiento.....	54

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Resultados fisicoquímicos y microbiológicos en trozos de zapallo macre.....	66
Anexo 2. Calificaciones de apariencia general en trozos de zapallo macre.....	68
Anexo 3. Vistas fotográficas del desarrollo experimental.....	69

RESUMEN

Se evaluó el efecto de la dosis de irradiación UV-C (0, 3 y 5 kJ/m²) y tiempo de almacenamiento (0, 5, 7 y 14 días) a 5 °C sobre las características fisicoquímicas, recuento de mohos y levaduras y apariencia general en trozos de zapallo macre (*Cucurbita máxima* Dutch). El análisis estadístico para las variables en estudio fue efectuado con un nivel de confianza al 95%. La prueba de Levene determinó homogeneidad de varianzas ($p > 0.05$) para todas las variables paramétricas en estudio. El análisis de varianza demostró que la dosis de irradiación y tiempo de almacenamiento presentaron efecto significativo ($p < 0.05$) sobre la pérdida de peso, color (L^* , a^* y b^*), firmeza, recuento de mohos y levaduras en trozos de zapallo macre. La prueba de Duncan determinó que la dosis de irradiación UV-C de 3 kJ/m² permitió obtener valores adecuados de L^* (78.19), a^* (-3.50) y b^* (51.75), menor pérdida de peso (3.73%) y mayor firmeza (36.85 N); mientras que la dosis de irradiación de 5 kJ/m² permitió obtener menor recuento de mohos y levaduras (1.59 log ufc/g) a los 14 días de almacenamiento. Para la apariencia general la prueba de Friedman indicó diferencia significativa ($p < 0.05$) entre las muestras evaluadas a los 7, 11 y 14 días de almacenamiento. La prueba de Wilcoxon determinó que la dosis de irradiación UV-C de 3 kJ/m² permitió obtener la mayor apariencia general con promedio 7.23 correspondiente a la percepción de “Me agrada mucho” en trozos de zapallo macre almacenados a 5 °C durante 14 días.

ABSTRACT

The effect of the irradiation dose of UV-C (0, 3 y 5 kJ/m²) and storage time (0, 5, 7 y 14 days) at 5 °C on physicochemical characteristics, count molds and yeasts and general appearance was evaluated in macre pieces of pumpkin (*Cucurbita máxima* Dutch). The statistical analysis for the study variables was performed with a confidence level of 95%. Modified Levene test determined homogeneity of variance ($p>0.05$) for all parametric variables under study. Analysis of variance showed that the irradiation dose and storage time had significant effect ($p<0.05$) on weight loss, color (L^* , a^* and b^*), firmness, count of molds and yeasts in pieces of pumpkin macre. Duncan test determined that the irradiation dose of UV-C light of 3 kJ/m² allowed to obtain suitable values of L^* (78.19), a^* (-3.50) and b^* (51.75), the lowest weight loss (3.73%) and got the greatest firmness (36.85 N), while the irradiation dose of 5 kJ/m² lowest molds and yeast count (1.59 log ufc/g) at 14 days of storage. For general appearance Friedman test indicated significant difference ($p<0.05$) between the samples evaluated at 7, 11 and 14 days of storage. Wilcoxon test determined that the irradiation dose of UV-C light 3 kJ/m² allowed to obtain the greatest overall appearance with average 7.23 corresponding to the perception of "I like it alot" chunks of pumpkin macre stored at 5 °C for 14 days.

I. INTRODUCCIÓN

El zapallo es una hortaliza originaria del Perú, que se consume en forma de guisos, compotas, purés, encurtidos y mermeladas, así mismo, las semillas del fruto también son consumidas en forma tostada. Los principales productores en el Perú son: Lima, Chincha, Cañete, Chancay, Pisco, Huaral, Casma, Chimbote, Huacho, Ica y Arequipa, el rendimiento varía entre 20 a 50 t/ha, y a pesar de encontrarse en abundancia no ha sido verdaderamente industrializado, por lo que no se le ha dado un valor agregado (Merino y Otiniano, 2014; INIA, 2014).

El mercado de frutas y hortalizas mínimamente procesadas está creciendo sostenidamente desde los años 90, sin embargo, el procesamiento de hortalizas en muchas regiones es muy limitado, debido al carácter perecedero de estos productos, que se agrava cuando son transformados a productos cortados (Villarroel y otros, 2015).

El procesamiento mínimo describe tecnologías para procesar alimentos a manera de garantizar la seguridad y conservación de estos, así como, el mantener todo lo posible la fresca característica de las frutas y hortalizas (Promyou y Supapvanich, 2016).

El presente siglo ha sido testigo de las innovaciones y técnicas que se han introducido explorando en el campo de la conservación de los alimentos. Estas innovaciones son el resultado de la creciente demanda de los consumidores de todo el mundo por alimentos de alta calidad, con mayor énfasis puesto en los atributos de calidad y seguridad. Una de las principales demandas que los consumidores hacen es por un mínimo proceso, alta nutrición y baja energía en los alimentos naturales, con

conservantes químicos mínimos o nulos (Allothman y otros, 2009; Villarroel y otros, 2015).

Existe una amplia gama de investigaciones sobre el efecto de la dosis de irradiación UV-C en vegetales, siendo una buena perspectiva aplicar este tipo de tratamiento para reducir la carga microbiana, minimizando los cambios en las características fisicoquímicas y sensoriales durante el almacenamiento, manteniendo así la calidad y alargando la vida útil del producto, brindando valor agregado a esta materia prima y perspectivas para la industria.

El problema planteado para esta investigación fue:

¿Cuál es el efecto de la dosis de irradiación UV-C (0, 3 y 5 kJ/m²) y tiempo de almacenamiento (0, 5, 7 y 14 días) sobre las características fisicoquímicas (pérdida de peso, firmeza y color), recuento de mohos y levaduras y apariencia general en trozos de zapallo macre almacenados a 5 °C?

Los objetivos propuestos fueron:

Evaluar el efecto de la dosis de irradiación UV-C y tiempo de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas, recuento de mohos y levaduras y apariencia general en trozos de zapallo macre almacenados a 5 °C.

Determinar la dosis de irradiación de luz UV-C y tiempo de almacenamiento que permita obtener valores adecuados de color, menor porcentaje de pérdida de peso y recuento de mohos y levaduras, mayor firmeza y apariencia general en trozos de zapallo macre almacenados a 5 °C.

II. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA

2.1. Zapallo macre

2.1.1. Generalidades

El zapallo macre (*Cucurbita máxima* Dutch) es una planta originaria de América. Estudios revelan que, junto con el maíz y el poroto, el zapallo, fue la base de la alimentación de los incas, aztecas y mayas, antes de la colonización española. La derivación de la palabra zapallo, proviene del quechua "sapallu". Esta hortaliza es ampliamente cultivada en el Perú, se prepara en purés, sopas, guisos, repostería y en dulces. Es rico en nutrientes y sustancias bioactivas y su oferta como hortaliza fresca representa una alternativa para la economía nacional (Vargas, 2012).

El fruto y la flor del zapallo se consumen como hortaliza; el fruto se conserva, en condiciones adecuadas de luz, temperatura, humedad y presión, hasta seis meses en buenas condiciones. Es rico en -caroteno y glucosa logrando así un sabor dulce suave. El fruto contiene numerosas semillas, las cuales presentan una pulpa blanca comestible, con ellas se elaboran las tradicionales pepitas (o semillas como en algunas partes de México se les conoce y "pipas" en España) (Sgroppo y Sosa, 2009).

2.1.2. Taxonomía

Según Vargas (2012) el zapallo es una planta rústica anual, rastrera (de ramas que se arrastran por el suelo criando raíces con mucha facilidad). Tiene dos grupos de flores que se abren por la mañana: las masculinas, portadoras de polen, en mayor número; y las femeninas, con ovario bien salientes, insinuando los frutos que van a nacer. La taxonomía del zapallo se detalla:

Nombre común o vulgar: zapallo, calabaza, calabazas y calabacera

Nombre científico: *Cucurbita máxima*

Familia: *Cucurbitáceas*

Variedades de zapallo:

- Macre
- Zapallos italianos (Zucchini y Cocozelle)
- Avianca
- Loche
- Chancho
- Calabaza común
- Zapallo pepo
- Zapallon
- Pepinillo

Los frutos de zapallo son, por lo general, esferoidales, aplanados, nunca claviformes, curvos o estrangulados y carecen de excrecencias cerosas; la superficie del fruto puede ser lisa o rugosa, de color externo generalmente verde o verde grisáceo y la pulpa es anaranjada. Los frutos son de tamaño variable, desde calabacitas hasta zapallos de 20 kg ("calabaza gigante") (Vargas, 2012).

Los zapallos y calabazas se consumen en diversos estados de madurez fisiológica pero se les define como frutos inmaduros dentro de la amplia familia de las *Cucurbitáceas*. El fruto completo es comestible ya sea crudo o cocinado, sin la eliminación de las semillas ni del tejido de la cavidad que las aloja. Los frutos jóvenes y pequeños son más tiernos y tienen por lo general un sabor ligeramente dulce (Trevor y Cantwell, 2012).

2.1.3. Composición nutricional

Sgroppo y Sosa (2009) mencionan que el zapallo posee menos de un 10% de carbohidratos, bajo contenido en lípidos de 0.20%, 0.6% de proteína y 0.5% de fibra. Es valioso además por el contenido en carotenoides (-

caroteno, β -caroteno y luteína), potasio, vitaminas A y E y tiene un reducido contenido calórico. En el Cuadro 1, se presenta la composición nutricional del zapallo.

Cuadro 1. Composición química del zapallo por cada 100 g de porción comestible

Componente	Cantidad
Agua	96.03 (g)
Proteína	0.60 (g)
Carbohidratos	2.20 (g)
Lípidos	0.20 (g)
Fibra	0.50 (g)
Vitamina A	90.00 (mg)
Vitamina C	22.00 (mg)
Potasio	300.00 (mg)
Fosforo	28.00 (mg)
Sodio	3.00 (mg)
Calcio	24.00 (mg)

Fuente: Sgroppo y Sosa (2009).

Vargas (2012) menciona, además, la composición química de las semillas, las cuales constan de: proteínas (25-30%): cucurbitina (0.5-2%), ácido cucúrbico. leucina, tirosina, lípidos (35%): ácidos grasos insaturados: oléico, linoléico; insaponificable fitosteroles, tocoferoles (vitamina E), sales minerales: selenio, manganeso, zinc y cobre, pectina (30%), carotenoides. Las semillas de calabaza, también contienen hasta un 35% de aceite; próticos ricos en aminoácidos esenciales y cucurbitacina.

2.1.4. Propiedades funcionales

Contiene altos niveles de sales minerales, como el calcio y fósforo. También presenta potasio, vitamina E y vitamina B₁. Presenta acción

antioxidante, que neutralizan los radicales libres e impiden la degeneración de las células del cuerpo, previene la aparición de enfermedades como el cáncer, puesto que contiene β -caroteno, aporta vitamina C, buena para prevenir la oxidación del colesterol, funciona excelente en dietas de adelgazamiento, debido a su mínimo aporte de calorías, regula el sistema digestivo, específicamente el funcionamiento del intestino, el sistema nervioso y fortalece los huesos. Ayuda a aliviar problemas renales y de vejiga, regulando nuestro organismo. Es desintoxicante, se digiere de forma fácil. Es eficaz para combatir la anemia, si se come crudo. Además, el zapallo elimina la mucosidad de los pulmones, soluciona problemas bronquiales, fortalece el sistema inmune y, disminuye el riesgo de padecer enfermedades cardíacas. Contribuye con la eliminación de líquidos del cuerpo (Sgroppo y Sosa, 2009; Vargas, 2012).

Las semillas, como uso medicinal poseen propiedades antiparasitarias, vermífugas y tenífugas, es usada para eliminar las lombrices intestinales y durante mucho tiempo para eliminar la tenia. Aquí influye el aminoácido cucurbitina, pueden comerse las semillas sin cáscara a voluntad. La ingestión de semillas, por su contenido en ácido salicílico, ayuda a prevenir la aparición de enfermedades reumáticas (Martínez, 2010).

Anti-prostática, muy útil para el tratamiento de la hipertrofia prostática benigna. Al poseer un componente denominado cucurbitacina que influye en la dihidrotestosterona evitando que esta produzca el aumento de la próstata. Al mismo tiempo, al tratarse de una planta con propiedades diuréticas, permite vaciar la vejiga urinaria, paliando los efectos desagradables de esta patología (Sgroppo y Sosa, 2009; Martínez, 2010).

2.1.5. Cambios durante el almacenamiento

Estos ocurren en su mayoría cuando hay rotura o corte del tejido, el cual provoca cambios bioquímicos que conducen a un rápido deterioro del

producto, con la posible pérdida de sus características sensoriales y nutricionales, además del acortamiento de su vida de almacenamiento. Cuando la superficie del tejido es expuesta se produce liberación del material celular, implicando esto un incremento en el riesgo de desarrollo microbiológico y en la ocurrencia de reacciones de deterioro (Trevor y Cantwell, 2012).

a. Daño por frío

El zapallo es susceptible al daño por frío a temperaturas inferiores a 5 °C si se les mantiene en estas condiciones por más de 1 ó 2 semanas. Las variedades difieren en su sensibilidad al daño por frío. Los síntomas del daño por frío son picado de aspecto acuoso, manchado y pudrición acelerada (Trevor y Cantwell, 2012).

b. Efecto del etileno

Las calabacitas y zapallos son poco o moderadamente sensibles al etileno. El amarilleamiento acelerado de los tipos verdes ocurre en presencia de bajas concentraciones de etileno durante la distribución y el almacenamiento de corto plazo (Trevor y Cantwell, 2012).

c. Pudriciones en los frutos

Según Auger y otros (2006) las pudriciones de los frutos del zapallo durante el almacenaje son causadas principalmente por hongos presentes en el campo que penetran en el fruto a medida que este madura o al ocurrir algún daño mecánico como el cortado o trozado. Este problema es conocido como “picada negra” y es producido por el hongo *Ulocaldium cucurbitae*, los frutos desarrollan manchas secas, circulares, color verde oliva y con una depresión corchosa de 1.0 a 1.5 cm de profundidad.

d. Pérdida de carotenoides y cambio de color

Cuando el fruto del zapallo ha sido cortado o trozado, existe contacto de la pulpa con el oxígeno y los carotenoides se oxidan fácilmente debido al gran número de dobles enlaces conjugados que contienen, tales reacciones producen pérdida de color. La estabilidad de un pigmento particular a la oxidación depende muchísimo del medio en que se encuentra (Auger y otros, 2006).

e. Pérdida de peso

Trevor y Cantwell (2012) mencionan que la pérdida de peso está reflejada a la pérdida de agua en los zapallos, esto es un problema serio y común en postcosecha. Una vez cosechadas de la planta, la pérdida de firmeza y el marchitamiento progresan rápidamente. La pérdida de peso se ve favorecida por la temperatura y tiempo de almacenamiento. El agua supone generalmente el 80 - 90% del peso fresco en las plantas jugosas. Las pérdidas de agua provocan el marchitamiento y la pérdida de peso y además, el balance hídrico puede originar cambios fisiológicos deseables o indeseables en algunos frutos.

2.2. Productos mínimamente procesados

Los productos mínimamente procesados son definidos como cualquier fruta u hortaliza que ha sido alterada físicamente (selección, lavado, pelado, deshuesado y/o cortado) a partir de su forma original pero que mantiene su estado fresco, sin procesamiento riguroso, tratados con agentes desinfectantes, estabilizadores de color, retenedores de firmeza y

envasados en bolsas o bandejas creando una atmósfera modificada en su interior (Robles-Sánchez y otros, 2007; Bierhals y otros, 2011).

El consumo de frutas y hortalizas se ha incrementado continuamente en los últimos años. De esta manera se las puede considerar como una alternativa a la comida rápida y otros productos listos para el consumo, atendiendo la demanda de alimentos sanos y nutritivos; y también permite una mejor utilización de materias primas, además de la posibilidad de aumentar el valor del producto (Villalobos, 2013).

La producción de frutas de mínimo procesamiento listas para comer representa un gran reto, ya que se deterioran rápidamente que su contraparte intacta, debido al daño causado a las células y los tejidos por el corte que se realiza y la eliminación de su piel protectora natural; el tejido responde con una fuerte alza en la tasa de respiración, causando el consumo acelerado de azúcares, lípidos y ácidos orgánicos, y aumenta la producción de etileno, que induce la maduración y causa la senescencia, incluyendo el pardeamiento enzimático, la pérdida de la textura, la pérdida de agua, mayor susceptibilidad al deterioro microbiano, y la producción de olores y sabores indeseables, así pues estos productos son conservados, distribuidos y comercializados bajo refrigeración (2 - 5 °C, siendo susceptibles al daño por frío) y están listos para ser consumidos durante 7 a 14 días según el producto y técnica de conservación utilizada (Robles-Sánchez y otros, 2007), periodo mucho más corto que el de un producto entero que va de 4 - 12 semanas (Villarroel y otros, 2015).

El primer aspecto a considerar para el procesado mínimo en fresco de un fruto u hortaliza consiste en una adecuada selección del cultivar y, posteriormente, de la variedad idónea. Una vez seleccionada la variedad, es necesario conocer el comportamiento fisiológico del producto cortado, y que a su vez, va de la mano con el tipo de corte, dependiendo de un mayor grado y superficie de corte, habrá una mayor exposición del producto y por ende, aumentará la intensidad respiratoria lo que generará

su posterior deterioro (Artés-Hernández y otros, 2009; Villarroel y otros, 2015).

2.3. Irradiación UV-C en alimentos mínimamente procesados

2.3.1. Propiedades de la irradiación UV

La luz ultravioleta es una irradiación no ionizante con una longitud de onda de 100 a 400 nm; se clasifica en tres tipos: UV-A (315 - 400 nm), UV-B (280 - 315 nm) y UV-C (200 - 280 nm). La irradiación UV-C tiene su máximo pico de emisión a 254 nm y se ha comprobado que es en esta longitud de onda donde presenta su mayor acción germicida, por lo que ha sido ampliamente estudiada en varios tejidos vegetales. Esta luz UV se produce como resultado de la corriente de electrones al través del vapor ionizado de mercurio entre los electrodos de la lámpara (el resplandor azulado dado por la lámpara UV se debe al gas dentro de la lámpara y no tiene acción germicida por sí mismo). Las lámparas UV típicamente se fabrican con cristal duro de cuarzo, este cuarzo permite una transmisión de energía radiada UV de 90%, también contienen un revestimiento delgado de fósforo que convierte el UV a la luz visible (Rico y otros, 2007; Rivera y otros, 2007; Jay y otros, 2009; Morata. 2010; Promyou y Supapvanich, 2016).

Los tratamientos con irradiación UV-C tienen efectos directos en bacterias esporuladas, vegetativas, hongos y levaduras. Se ha demostrado que la aplicación de luz ultravioleta de onda corta (UV-C) es una efectiva técnica de desinfección superficial que reduce la carga microbiana presente en las frutas y hortalizas (Rico y otros, 2007; Sgroppo y Sosa, 2009).

En función de la intensidad y longitud de onda, la irradiación UV puede inducir un estrés biológico en plantas y activar algunos mecanismos de defensa de los tejidos vegetales, con la consecuente producción de fitoalexinas. La acumulación de estos compuestos podría estar acompañada por otros sistemas de defensa inducidos, tales como

modificación de las paredes celulares, síntesis de enzimas de defensa e incluso la muerte de microorganismos. De este modo la irradiación UV-C puede incrementar los niveles de compuestos antioxidantes tales como carotenos, ácido ascórbico y polifenoles, así como, de la actividad antioxidante (Villarreal y otros, 2015; Promyou y Supapvanich, 2016).

Se atribuye un efecto hormético a las bajas dosis de irradiación UV-C sobre los vegetales, resultado de la inducción en la producción de compuestos antifúngicos (fenoles, flavonoides y poliamidas) y retardo de la maduración, además de un incremento en la actividad de enzimas que potencian la resistencia del vegetal frente a los microorganismos. Se sugiere que las dosis subletales de irradiación podrían estimular procesos vitales dentro de las células, produciendo cambios positivos en la homeostasis de las plantas, todo esto en función de la definición de hormesis (Sgroppo y Sosa, 2009; Beltrán y otros, 2010; Andrade-Cuvi y otros, 2010).

La hormesis es una respuesta adaptativa con características diferenciables por la relación dosis-respuesta, que es inducida por un proceso de acción directa o de sobre-estimulación a dosis bajas. En plantas equivale al efecto de la aplicación de dosis bajas de un tratamiento biótico o abiótico potencialmente dañino, que induce respuestas positivas o negativas en los tejidos contra varios tipos de estrés. Existen evidencias del efecto positivo del tratamiento de UV-C en aumentar las propiedades nutraceuticas de los alimentos y la síntesis de compuestos que actúan con los mecanismos de defensa natural de los vegetales expuestos a estrés (Rivera y otros, 2007; Turtoj, 2013).

La hormesis UV-C es un enfoque recientemente introducido en el manejo postcosecha, pues su aplicación puede inducir la producción de compuestos fungicidas como fitoalexinas, y retrasar procesos de

maduración y senescencia. En el sector hortofrutícola eso permite reducir las pérdidas postcosecha ocasionadas por desórdenes fisiológicos, como daño por frío, susceptibilidad al ataque de fitopatógenos, daños mecánicos, pérdida de firmeza y otros (Pongprasert y otros, 2011).

El tiempo de aplicación de UV-C oscila entre 1 y 5 minutos, periodo que no incrementa significativamente la temperatura del tejido (1 - 3 °C). Pero la sensibilidad de los tejidos al tratamiento con UV-C difiere en función del genotipo, y en ocasiones las dosis altas pueden favorecer la oxidación de compuestos bioactivos del fruto, como vitamina C, carotenos y fenoles, así como, el oscurecimiento superficial del tejido (Rivera y otros, 2007; Turtoi, 2013; Villarroel y otros, 2015).

La irradiación UV-C tiene una mayor energía que la luz visible y es considerada no ionizante, aunque bajo condiciones específicas puede ionizar determinado tipo de moléculas, como por ejemplo, la molécula de agua (Pombo, 2009; Turtoi, 2013).

El efecto germicida de la irradiación con UV-C es conocido desde hace mucho tiempo. Principalmente se ha utilizado para la esterilización de materiales de uso en medicina y en diferentes industrias donde la contaminación microbiológica es un problema (Rivera y otros, 2007; Pombo, 2009). Es importante tener en cuenta que el grado de destrucción o inactivación de los microorganismos es altamente dependiente de la dosis de UV-C utilizada. La misma se expresa en el Sistema Internacional (SI) de unidades en Joules por metro cuadrado (J/m^2), mientras que la irradiancia o intensidad de la irradiación UV se expresa en Watts por metro cuadrado (W/m^2) (Rico y otros, 2007; Pombo, 2009; Villarroel y otros, 2015).

En la práctica se ha utilizado una gran variedad de tratamientos en frutos y vegetales, pero en la mayoría de los casos las dosis usadas abarcan un rango desde los 0.2 hasta los 20 kJ/m^2 . La distancia entre el producto y las

lámparas también es variable (10 - 40 cm) y la dosis de irradiación se mide generalmente con un radiómetro (Pombo, 2009). En la mayoría de los estudios realizados, los productos son rotados manualmente para asegurarse que todas las superficies hayan sido expuestas a la irradiación; sin embargo (Rivera y otros, 2007; Pombo, 2009) indujeron una igual o levemente mejor resistencia al decaimiento postcosecha de manzana, durazno y mandarina irradiando solo el extremo del pedicelo del fruto. En todos los casos, la dosis necesaria debe ser optimizada para cada tipo de fruto u hortaliza y también para cada nueva variedad utilizada. Algunos estudios indican que la dosis requerida cambia con el estado de madurez del fruto y con la estación del año en la cual fueron cosechados, y que los resultados finales pueden ser afectados por la temperatura utilizada para el almacenamiento después del tratamiento (Rivera y otros, 2007; Villarroel y otros, 2015).

Cabe destacar que los tratamientos con UV-C poseen varias ventajas para su utilización en la postcosecha de las frutas y hortalizas. Entre ellas se encuentra la practicidad, ya que son tratamientos simples, limpios, se realizan a bajas temperaturas y sin humectación del producto, requieren menos espacio que otros métodos, poco mantenimiento y tienen un bajo costo. Estas características, sumado a que podrían ser incorporados fácilmente a una línea de procesamiento, que requieren una baja inversión para su implementación y que no existen, en general, restricciones legales para su aplicación, los convierten en una atractiva opción como tratamiento postcosecha para el mejoramiento de los productos mínimamente procesados (Casp y Abril, 2003; Pombo, 2009; Turtoi, 2013; Promyou y Supapvanich, 2016).

2.3.2. Procesamiento con irradiación UV-C

La luz UV-C también se aplica en frutas frescas, hortalizas y raíces antes de almacenarse para cumplir dos objetivos. Uno es el de reducir la carga microbiana inicial en la superficie del producto y el otro es el de inducir la resistencia del producto a los microorganismos (Morata, 2010).

La manera más simple de construir un sistema UV-C para tratar alimentos mínimamente procesados es usando un sistema de tubos concéntricos con una lámpara UV, contenedores para los alimentos, tubos de plástico o tuberías sanitarias, sistemas de refrigeración y bombas. Una lámpara ultravioleta recubierta con un revestimiento (o funda) hecha de cuarzo como en un intercambiador de calor, puede colocarse dentro de un sistema concéntrico. La lámpara UV-C que se encuentra en el centro del sistema proporcionará la cantidad de luz requerida para la desinfección. Como fuente UV se utilizan con frecuencia tubos de descarga de mercurio de baja presión, ya que más del 90% de la energía radiada se emite en la línea de 254 nm (Guerrero-Beltrán y Barbosa-Cánovas, 2009; Villarroel y otros, 2015).

Las lámparas UV, conocidas como germicidas, son similares en diseño a las fluorescentes. La luz UV es emitida como resultado de un flujo de corriente (arco fotovoltaico), a través de vapor de mercurio a baja presión, entre los electrodos de la lámpara, produciendo la mayor parte de su emisión a 254 nm. La lámpara germicida tiene un envoltorio de cuarzo puro. Ésta es la principal diferencia con una lámpara fluorescente corriente. Este cuarzo puro es altamente transmisible a la luz UV. En cambio, la lámpara fluorescente tiene un vidrio con una película interior de fósforo, la cual convierte la luz UV en luz visible. El tubo de cuarzo de la lámpara UV transmite $\pm 95\%$ de la energía UV, en cambio un vidrio emite no más de un 65% y se solariza rápidamente. El efecto destructivo de la luz UV sobre

bacterias, hongos, virus y otros organismos unicelulares está en función de la longitud de onda (Turtoi, 2013; Promyou y Supapvanich, 2016).

2.3.3. Parámetros claves en el procesamiento de alimentos mínimamente procesados con irradiación UV-C

La efectividad de la penetración de la luz UV en alimentos mínimamente procesados se ve afectada por factores como la fuente de la luz, composición del producto, perfil de flujo y configuración y disposición geométrica (Guerrero-Beltrán y Barbosa-Cánovas, 2009; Turtoi, 2013).

a. Fuente de luz UV-C

La fuente de luz UV se restringe a la radiación UV-C o, más específicamente, a 254 nm por su efecto germicida en microorganismos. Conforme la irradiación UV-C pasa a través del alimento, su intensidad se reduce. Por ejemplo, la irradiación UV-C pierde 30% de su intensidad a 40 y 10 cm por debajo de la superficie del agua destilada y agua de mar, respectivamente. Por esta razón, el tiempo de exposición, dosis y perfil de flujo son críticos para lograr el efecto requerido sobre la carga microbiana en frutas y/o hortalizas para generar alimentos microbiológicamente seguros (Morata, 2010; Villarroel y otros, 2015).

b. Composición del producto

Los alimentos que tienen alta transmitancia de luz se pueden tratar fácilmente con irradiación UV-C, pero los que poseen baja transmitancia, la cual se asocia con materiales particulados o

compuestos orgánicos, pueden presentar dificultades. La población microbiana inicial, partículas y materia orgánica son factores asociados con transmitancia baja de irradiación UV-C. Las levaduras son más grandes que las células bacterianas y esto puede causar turbidez del medio. Las pequeñas partículas en los alimentos pueden reducir la penetración de la luz UV-C y su efecto germicida puede reducirse enormemente. El color, contenido de sólidos solubles y composición de alimentos puede causar una reducción en la transmisividad de la luz UV-C (Cote, 2011; Villarroel y otros, 2015).

c. Configuración geométrica y disposición de fuentes de irradiación UV-C

La configuración geométrica y disposición de fluorescentes de luz UV-C, son esenciales para asegurar una desinfección adecuada en el alimento. Por esta razón, algunos investigadores han estado trabajando con diferentes configuraciones (rebanadas, rodajas, cubos, etc.) y disposiciones (diferentes alturas de exposición) con la finalidad de que el alimento tratado reciba la dosis exacta para llegar al efecto germicida deseado (Guerrero-Beltrán y Barbosa- Cánovas, 2009; Promyou y Supapvanich, 2016).

2.3.4. Efecto de la irradiación UV-C en la conservación de frutas y hortalizas mínimamente procesadas

a. Mejora de la calidad en los frutos

Los frutos son productos altamente perecederos, especialmente una vez que han sido cosechados. Existen varios factores que afectan al

mantenimiento de la calidad de los frutos durante su almacenamiento, distribución y comercialización. Los tratamientos con UV-C han demostrado su capacidad para modificar varios de estos aspectos en diferentes tipos de frutos, extendiendo su vida postcosecha y reduciendo las pérdidas, y también manteniendo, e inclusive en algunos casos mejorando, su calidad. Estos factores podrían ser agrupados en dos grupos principales que se encuentran estrechamente relacionados entre sí, como son aquellos procesos asociados a la maduración y a la senescencia y, por otro lado, al decaimiento provocado por diversos patógenos que atacan a los frutos (Rivera y otros, 2007; Pombo, 2009; Villarroel y otros, 2015).

b. Procesos asociados a la maduración y senescencia de frutos

Durante la maduración, los frutos se tornan más atractivos a través de cambios en su color, sabor, aroma y textura, pero por otro lado estas modificaciones conducen a la senescencia de los mismos y los tornan más susceptibles a las enfermedades postcosecha, ambos efectos no deseados por los consumidores y productores. Los tratamientos con UV-C han demostrado su utilidad para controlar distintos procesos asociados con la maduración (Pombo, 2009).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

Las pruebas experimentales y los análisis se realizaron en el Laboratorio de Tecnología de Alimentos de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Privada Antenor Orrego.

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Materia prima

Los frutos de zapallo macre procedieron de la provincia de Casma, departamento de Ancash.

3.2.2. Material de envasado

- Bandejas tipo clamshell de polipropileno, con 12 perforaciones de 0.5 mm de diámetro, capacidad 160 g.

3.2.3. Equipos e instrumentos de laboratorio

- Balanza analítica. Marca Mettler Toledo. Capacidad 0 – 210 g, sensibilidad aprox. 0.0001 mg.
- Refrigeradora. Marca Bosch. Modelo Frost 44. Rango 0 a 8 °C. Precisión + 2 °C.
- Colorímetro Konica-Minolta. Modelo CR – 400.
- Termómetro digital. Marca Multidigital. Rango de 50 a 200 °C. Precisión + 0.01 °C.
- Texturómetro. Marca Instron. Modelo 3342. Espacio de ensayo vertical de 651 mm.
- Equipo de irradiación pulsada de rayos ultravioleta de onda corta. Cuatro lámparas Philips, modelo TUV G30T8, 30 watts. Dimensiones

de la cámara de vidrio: 121 cm largo x 26.8 cm ancho x 91 cm alto.
Espesor: 1 cm.

3.2.4. Insumos

- Ácido ascórbico. Marca Linros Interinsumos.
- Cloruro de calcio. Marca Linros Interinsumos.
- Agua destilada

3.3. Esquema experimental

En la Figura 1, se muestra el esquema experimental, que tuvo como variables independientes a la dosis de irradiación UV-C y tiempo de almacenamiento; y como variables dependientes a las características fisicoquímicas (pérdida de peso, firmeza y color), recuento de mohos y levaduras y apariencia general en trozos de zapallo macre almacenados a 5 °C.

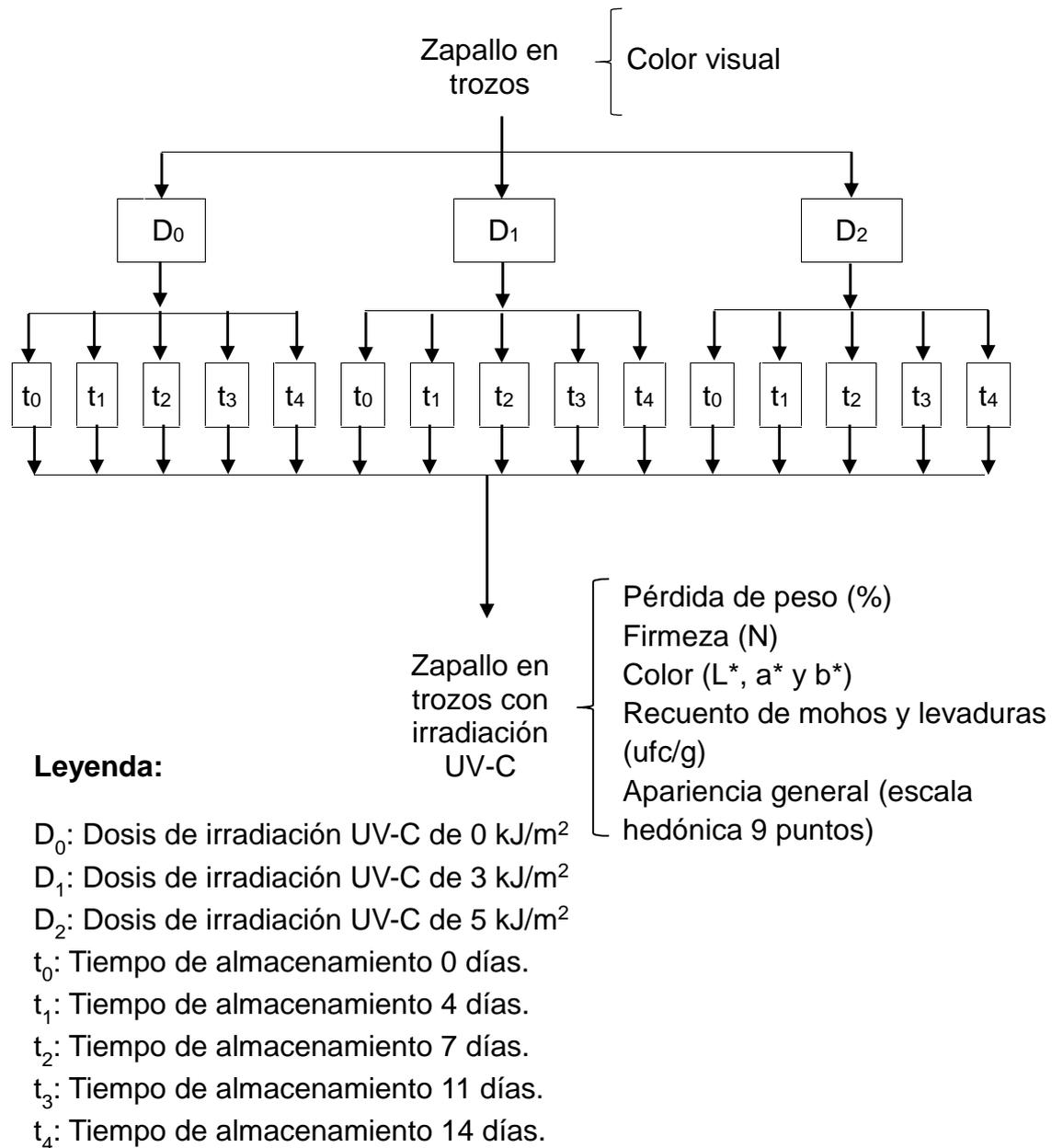


Figura 1. Esquema experimental para la evaluación de los trozos de zapallo macre tratados con irradiación UV-C

3.4. Procedimiento experimental para la obtención de los trozos de zapallo tratados con irradiación UV-C

En la Figura 2, se presenta el diagrama de flujo para la obtención de los trozos de zapallo macre tratados con irradiación UV-C.

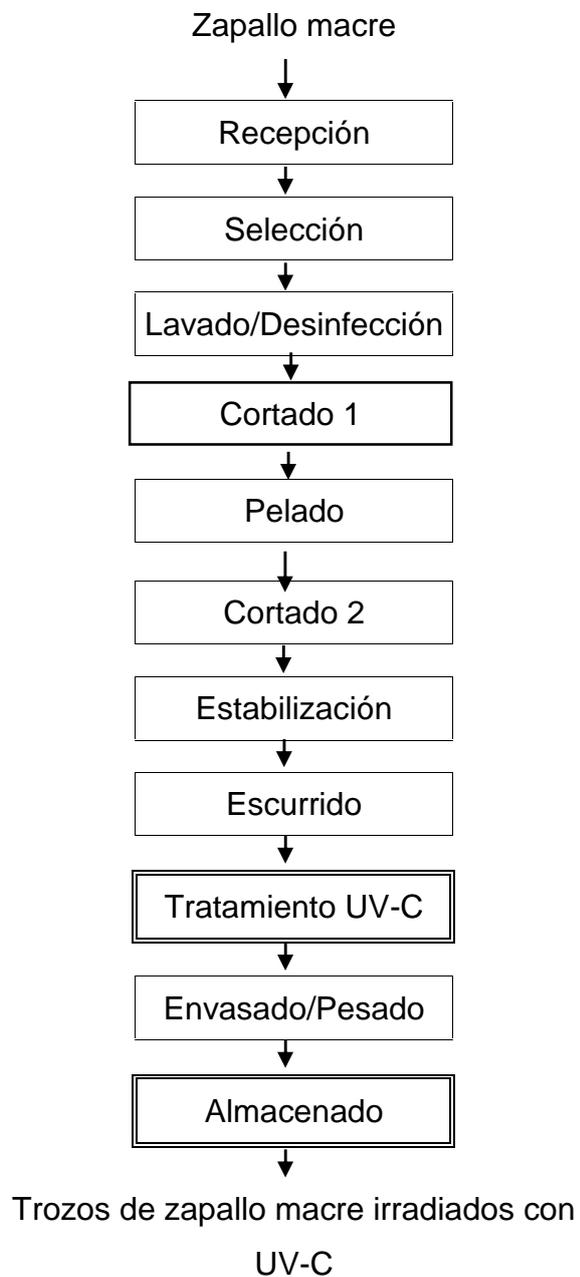


Figura 2. Diagrama de flujo para la elaboración de trozos de zapallo macre tratados con irradiación UV-C

A continuación se describe cada operación del diagrama de flujo de la Figura 2, del cual se obtuvo los trozos de zapallo macre tratados con irradiación UV-C.

Recepción

Los frutos de zapallo se recibieron teniendo en cuenta la presencia de color verde uniforme de la cáscara, además, estos fueron colocados en un lugar fresco y seco, sin contacto directo con la luz solar.

Selección

Se seleccionaron zapallos macre enteros que no mostraron daño físico (golpes, magulladuras, etc.), que estuvieron exentos de manchas necróticas y libres de cualquier olor extraño.

Lavado/Desinfección

Se realizó por inmersión con agua potable a fin de extraer la tierra impregnada. Luego se sumergieron en una solución de hipoclorito de sodio a 100 ppm durante 5 min y se secaron a temperatura ambiente (20 °C).

Cortado 1

El zapallo macre fue cortado en forma vertical y horizontal en 4 trozos iguales.

Pelado

Se quitó la cáscara con la ayuda de un cuchillo, teniendo cuidado de no lastimar la parte carnosa, además se retiraron las semillas presentes en el interior del fruto.

Cortado 2

El zapallo macre fue cortado en forma de trozos de 3 cm de largo, 1 cm de alto y 2 cm de ancho, se evaluó visualmente el color que el color sea amarillo uniforme.

Estabilización

Se sumergió los trozos de zapallo en una solución combinada de cloruro de calcio al 1%, como texturante y ácido ascórbico al 0.5% como antioxidante; durante 30 s.

Escurrido

El exceso de la solución en la superficie se eliminó mediante un escurrido durante 30 s con la ayuda de un colador.

Tratamiento UV-C

Para la aplicación de los tratamientos con irradiación UV-C se utilizó un banco de 4 lámparas germicidas UV-C de 254 nm (lámparas Philips, modelo TUV G30T8, 30 watts). Los trozos de zapallo se colocaron en una cámara de vidrio doble especialmente diseñada para tal fin con dimensiones: 121 cm largo x 36.8 cm ancho x 91 cm alto; a una distancia de 12.5 cm de las lámparas a diferentes tiempos de exposición que permitió obtener diferentes dosis de aplicación, mediante la siguiente fórmula:

$$D = \frac{I * t}{1000}$$

Donde:

D: dosis de irradiación aplicada (kJ/m²)

I: intensidad de irradiación bajo el área de emisión de luz UV-C (W/m²)

t: tiempo de exposición (s)

Envasado/Pesado

Los trozos de zapallo macre se envasaron en un número de 6 unidades en bandejas tipo clamshell de 160 g de capacidad cuyo peso neto fue de 72±0.1 g aproximadamente.

Almacenado

Las muestras se almacenaron en refrigeración (5 °C) durante 14 días, y fueron evaluadas a los 0, 4, 7, 11 y 14 días en sus características fisicoquímicas, recuento de mohos y levaduras y apariencia general.

3.5. Método de análisis

3.5.1. Pérdida de peso

Se determinó por diferencia de peso en diferentes tiempos de evaluación. Los datos se expresaron en porcentaje, respecto al peso inicial (Lara, 2014; Promyou y Supapvanich, 2016).

3.5.2. Firmeza

Se empleó el texturómetro marca Instron, modelo 3342, el cual midió la resistencia a la penetración en los trozos de zapallo (fuerza máxima presentada antes de la ruptura o flujo del material que fue expresado en N). La muestra de zapallo se colocó sobre una base sólida, con una perforación central que permitió el libre paso del punzón al momento de atravesarla (velocidad de 10 mm/s). El diámetro del punzón fue de 6 mm. Se trabajó con el promedio de tres muestras (Villalobos, 2013; Promyou y Supapvanich, 2016).

3.5.3. Color

Se determinó el color usando el sistema CIELAB, con el colorímetro Kónica-Minolta, modelo CR-400. Posteriormente se determinó la luminosidad L^* (0 para negro y 100 para blanco), valor a^* (verde [-] a rojo [+]) y valor b^* (azul [-] a amarillo [+]). El colorímetro fue calentado durante 20 minutos y calibrado con un blanco estándar previamente a su uso (Martínez-Romero y otros, 2007; Villalobos, 2013; Promyou y Supapvanich, 2016).

3.5.4. Recuento de mohos y levaduras

Se separaron asépticamente 10 g de muestra que se homogenizaron en 90 mL de cloruro de sodio al 0.9%. Se realizaron diluciones en 9 mL de cloruro de sodio al 0.9% con 1 mL de alícuota y se extendió en la superficie del agar. La numeración de mohos y levaduras se realizaron en agar

Sabouraud, se incubó a 21 °C por 2 días. Los resultados se reportaron en ufc/g (Sgroppo y Sosa, 2009).

3.5.5. Apariencia general

Los trozos de zapallo macre mínimamente procesados se sometieron a un análisis sensorial para evaluar la apariencia general, utilizando una escala hedónica de nueve puntos. Las muestras de trozos de zapallo macre con o sin irradiación UV-C se seleccionaron al azar y fueron presentadas a los jueces adjuntando una tarjeta de respuestas codificados con tres dígitos (Figura 3). Las muestras fueron evaluadas por 30 jueces no entrenados que calificaron la muestra de acuerdo al grado de satisfacción, siendo el valor de 1 de extremo desagrado, 5 puntos ni me gusta ni me disgusta, y 9 puntos me gusta extremadamente (Sgroppo y Sosa, 2009; Neeta y otros, 2013).

Nombre: _____ Fecha: _____

Producto: trozos de zapallo macre mínimamente procesados

Observe las muestras de trozos de zapallo macre mínimamente procesados que se le presentan e indique, según la escala, su opinión sobre ellas.
 Marque con un aspa el renglón que corresponda a la calificación para la muestra.

ESCALA 123	MUESTRAS 921 789
Me agrada extremadamente
Me agrada mucho
Me agrada moderadamente
Me agrada levemente
No me agrada ni me desagrada
Me desagrada levemente
Me desagrada moderadamente
Me desagrada mucho
Me desagrada extremadamente

Figura 3. Cartilla para la evaluación de la apariencia general trozos de zapallo macre mínimamente procesados con irradiación UV-C

3.6. Método estadístico

El método estadístico correspondió a un diseño bifactorial (dosis de irradiación y tiempo de almacenamiento), con 3 repeticiones. Para pérdida de peso, firmeza, color y recuento de mohos y levaduras, se empleó la prueba de Levene para determinar la homogeneidad de varianzas,

posteriormente se realizó un análisis de varianza (ANVA), y a continuación, al existir diferencias significativas ($p < 0.05$) se aplicó la prueba de comparaciones múltiples de Duncan la cual comparó los resultados mediante la formación de subgrupos y se determinó de esta manera el mejor tratamiento por cada variable. La apariencia general fue evaluada mediante las pruebas de Friedman y Wilcoxon.

Todos los análisis estadísticos se realizaron con un nivel de confianza del 95%. Para procesar los datos se utilizó el software especializado Statistical Package for the Social Science (SPSS) versión 22.0 y para la elaboración de los gráficos se usó el paquete estadístico Statistica versión 10.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Pérdida de peso

En la Figura 4, se presenta la pérdida de peso en trozos de zapallo macre irradiados con UV-C en función del almacenamiento refrigerado a 5 °C. Se observa que al transcurrir los días la pérdida de peso aumentó, siendo más notorio en los trozos de zapallo macre sin irradiar (control); al día 14 el control presentó pérdida de peso de 9.28% y las irradiadas con 3 y 5 kJ/m² tuvieron valores de 4.05 y 3.73%, respectivamente. Los resultados experimentales se encuentran en el Anexo 1.

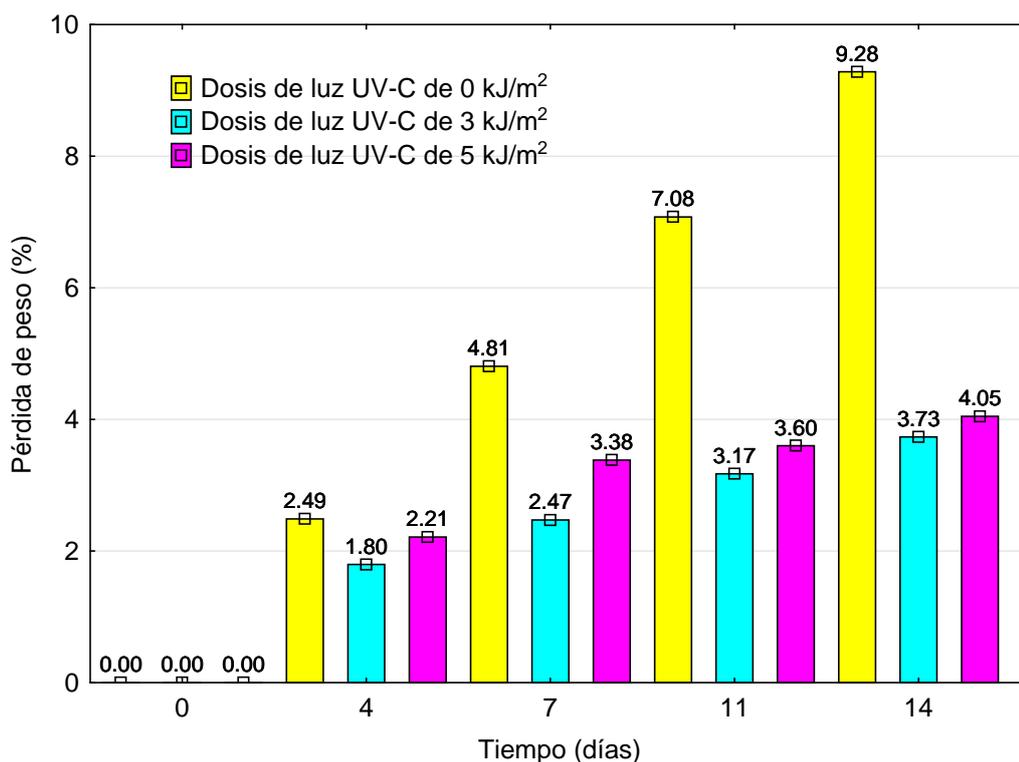


Figura 4. Pérdida de peso en trozos de zapallo macre irradiados con UV-C en función a los días de almacenamiento

Kasim y Kasim (2014) evaluaron el efecto de la dosis de irradiación UV-C (0, 0.43, 1.29 y 2.15 kJ/m²) y tiempo de almacenamiento durante 7 días a 5 °C sobre la pérdida de peso en melón cortado, donde observaron que esta aumentó al transcurrir los días de almacenamiento, siendo más pronunciado en el tratamiento control, llegando al último día de almacenamiento a 1.54%; los tratamientos con irradiación de 0.43, 1.29 y 2.15 kJ/m² permitieron mantener bajos los valores de pérdida de peso con 1.44, 1.39 y 1.32%, respectivamente.

Lara (2014) estudió el efecto de la dosis de irradiación UV-C (0.0, 3.0, 8.5 y 12 kJ/m²) y tiempo de almacenamiento (0, 4, 8, 12, 16, 20 y 24 días) a 5 °C sobre la pérdida de peso en cebolla de rama mínimamente procesada, envasadas en bolsas de polietileno de baja densidad y en bandejas de poliestireno espumado cubiertas con film PVC estirable de 20 µm de espesor. Donde observó un incremento de la pérdida de peso durante todo el almacenamiento, siendo menor en las muestras tratadas y envasadas en bolsas y bandejas. La dosis de irradiación UV-C de 8.5 kJ/m² presentó menor pérdida de peso de 0.55% y el control 0.78% al final del almacenamiento.

Promyou y Supapvanich (2016) evaluaron el efecto de las dosis de irradiación UV-C (0 y 6.6 kJ/m²), temperatura (12 y 25 °C) y tiempo de almacenamiento (0, 4, 8, 12, 16 días) en la pérdida de peso de mango variedad Kaew Kamin mínimamente procesado, donde observaron que al transcurrir los días de almacenamiento la pérdida de peso incrementó, siendo más notorio en el tratamiento control almacenado a 25 y 12 °C con 11.25 y 8.8%, respectivamente; y menor pérdida de peso en el tratamiento con irradiación UV-C a 6.6 kJ/m² almacenada a 12 °C (1.3%) a los 16 días de almacenamiento.

El resultado indica que la irradiación UV-C combinada con la refrigeración a 5 °C ayudó a reducir la tasa de respiración y la pérdida de agua de las

superficies cortadas, lo cual está estrechamente relacionado con la pérdida de peso (Lara, 2014).

El principal mecanismo de la pérdida de peso en las frutas y hortalizas mínimamente procesadas es la difusión de vapor de agua, producida por el gradiente de presión dentro y fuera del alimento, dando como resultado, la pérdida de peso y la degradación del producto, durante el período de almacenamiento, afectando a la apariencia, firmeza y jugosidad del fruto (James y Ngarmsak, 2010).

La pérdida de peso de los frutos se asocia principalmente con la respiración y evaporación de la humedad a través de la piel, esta pérdida de agua se ve además favorecida por la degradación de la membrana y la pared celular luego del procesamiento mínimo, lo que también resulta en la pérdida de turgencia. La pérdida de peso puede implicar la pérdida de calidad y, en consecuencia, el rechazo de los consumidores (James y Ngarmsak, 2010; Villarroel y otros, 2015).

La respuesta del tejido del producto a la irradiación UV-C varía con el tiempo de exposición y la variedad del cultivo, así como, de su composición. Si el tejido es muy sensible es posible que el tratamiento UV-C provoque algunas alteraciones negativas y perjudiciales en el producto (Beltrán y otros, 2010). De igual manera el tiempo de almacenamiento y concentraciones gaseosas influyen sobre la firmeza y textura afectando la pared y membrana celular del producto, debido a que los componentes de la membrana (fosfolípidos y glicolípidos) y de la pared (proteínas y ligninas) absorben energía en el rango ultravioleta de onda corta (Rivera y otros, 2007; Beltrán y otros, 2010; Villarroel y otros, 2015).

En el Cuadro 2, se presenta la prueba de Levene modificada para la pérdida de peso en trozos de zapallo macre irradiados con UV-C en función a los días de almacenamiento, donde existió homogeneidad de varianzas ($p > 0.05$), por lo que se procedió a realizar el análisis de varianza y

posteriormente la prueba de Duncan para determinar de esta forma el mejor tratamiento.

Cuadro 2. Prueba de Levene para pérdida de peso en trozos de zapallo macre irradiados con UV-C en función a los días de almacenamiento

Variable	Estadístico de Levene	p
Pérdida de peso (%)	0.860	0.607

En el Cuadro 3, se presenta el análisis de varianza para pérdida de peso en trozos de zapallo macre irradiados con UV-C en función a los días de almacenamiento.

Cuadro 3. Análisis de varianza para pérdida de peso en trozos de zapallo macre irradiados con UV-C en función a los días de almacenamiento

Variable	Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
Pérdida de peso (%)	Dosis: D	53.705	2	26.852	3079.823	0.000
	Tiempo: T	176.691	4	44.173	5066.385	0.000
	D*T	41.148	8	5.144	589.931	0.000
	Error	0.262	30	0.009		
	Total	271.806	44			

El análisis de varianza muestra que la dosis de irradiación y tiempo de almacenamiento presentaron efecto significativo ($p < 0.05$) sobre la pérdida de peso en trozos de zapallo macre.

Resultados similares fueron reportados por Kasim y Kasim (2014), quienes determinaron efecto significativo ($p < 0.05$) de la dosis de irradiación UV-C y tiempo de almacenamiento sobre la pérdida de peso en melón cortado.

En el Cuadro 4, se presenta la prueba de Duncan para la pérdida de peso en trozos de zapallo macre irradiados con UV-C en función a los días de almacenamiento, se observa en el subgrupo 7 al tratamiento con 3 kJ/m^2 , el cual presentó la menor pérdida de peso de 3.73% al día 14 de almacenamiento.

Cuadro 4. Prueba de Duncan para pérdida de peso en trozos de zapallo macre irradiados con UV-C en función a los días de almacenamiento

Tiempo (días)	Dosis UV-C (kJ/m^2)	Subgrupo										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	0	0.00										
0	3	0.00										
0	5	0.00										
4	3		1.80									
4	5			2.21								
7	3				2.47							
4	0				2.49							
11	3					3.17						
7	5						3.38					
11	5							3.60				
14	3							3.73				
14	5								4.05			
7	0									4.81		
11	0										7.08	
14	0											9.28

4.2. Firmeza

En la Figura 5, se presenta los valores de firmeza en trozos de zapallo macre irradiados con UV-C en función a los días de almacenamiento

refrigerado a 5 °C. Se observa que al transcurrir los días de almacenamiento la firmeza disminuyó, siendo más notorio en los trozos sin irradiar; al día 14 la muestra control presentó firmeza de 36.26 N y las irradiadas con 3 y 5 kJ/m² presentaron valores de 36.99 y 36.85 N, respectivamente. Los resultados experimentales se encuentran en el Anexo 1.

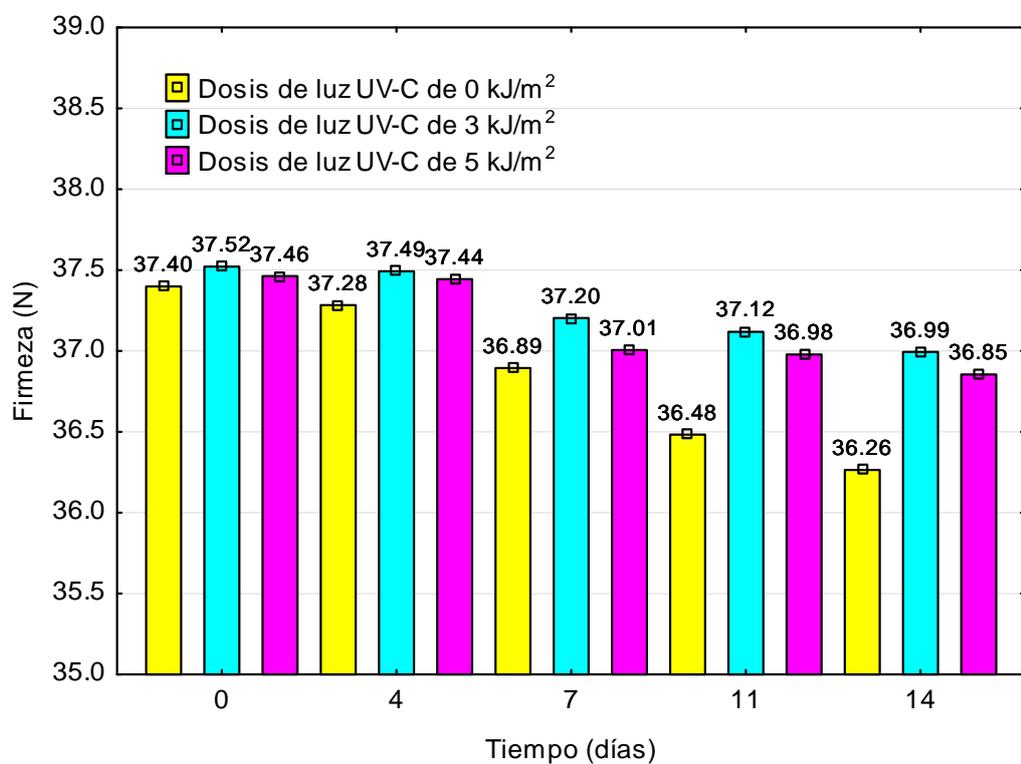


Figura 5. Firmeza en trozos de zapallo macre irradiados con UV-C en función a los días de almacenamiento

Márquez y Pretell (2013) observaron que las frutas tratadas con irradiación UV-C produjeron una buena retención de la firmeza durante los 15 días de almacenamiento a 5 °C con valores de 2.84 N para las rebanadas de mango tratadas con 7 kJ/m², 3.24 N para los trozos piña con 14 kJ/m², y 5.88 N en las tiras mamey con 7 kJ/m², a comparación de las muestras control que presentaron firmeza de 2.1, 2.5 y 4.9 N para las rebanadas de mango, trozos de piña y tiras de mamey, respectivamente, almacenados

durante 15 días a 5 °C. Además, mencionan que la firmeza es una cualidad sensorial, con un rol muy relevante en la aceptabilidad por parte de los consumidores. En las frutas está influenciada por factores estructurales y químicos: los constituyentes bioquímicos de los orgánulos celulares, el contenido de agua y la composición de la pared celular. Por tanto, cualquier agente externo que afecte a uno o varios de estos factores puede modificar la firmeza e inducir cambios que modifiquen la calidad final del producto.

Promyou y Supapvanich (2016) evaluaron el efecto de las dosis de irradiación UV-C (0 y 6.6 kJ/m²), temperatura (12 y 25 °C) y tiempo de almacenamiento (0, 4, 8, 12, 16 días) sobre la firmeza en trozos de mango variedad Kaew Kamin, donde observaron que al transcurrir los días de almacenamiento la firmeza disminuyó, siendo más notorio en el tratamiento control almacenado a 25 °C (0.58 N); y mayor firmeza en el tratamiento con irradiación a 6.6 kJ/m² almacenada a 12 °C (0.88 N) a los 16 días de almacenamiento.

Los cambios de firmeza en los frutos están relacionados a ciertos procesos enzimáticos y no enzimáticos. La pectina, es primero, parcialmente desmetilada por la enzima pectinmetil-esterasa y, luego, despolimerizada por la poligalacturasa en ácido poligalacturónico causando la pérdida de firmeza; también está relacionada con la producción de radicales libres como resultado del avance en la senescencia lo cual afecta la pared celular (Lin y Zhao, 2007; Pan y Zu, 2012; Promyou y Supapvanich, 2016; Villarroel, 2015).

En el Cuadro 5, se presenta la prueba de Levene modificada para los valores de firmeza en trozos de zapallo macre irradiados con UV-C en función a los días de almacenamiento, donde existió homogeneidad de varianzas ($p > 0.05$), por lo que se procedió a realizar el análisis de varianza

y posteriormente la prueba de Duncan para determinar de esta forma el mejor tratamiento.

Cuadro 5. Prueba de Levene para firmeza en trozos de zapallo macre irradiados con UV-C en función a los días de almacenamiento

Variable	Estadístico de Levene	p
Firmeza (N)	0.600	0.846

En el Cuadro 6, se presenta el análisis de varianza para la firmeza en trozos de zapallo macre irradiados con UV-C en función a los días de almacenamiento.

Cuadro 6. Análisis de varianza para firmeza en trozos de zapallo macre irradiados con UV-C en función a los días de almacenamiento

Variable	Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
Firmeza (N)	Dosis: D	1.279	2	0.639	259.693	0.000
	Tiempo: T	3.984	4	0.996	404.644	0.000
	D*T	0.533	8	0.067	27.066	0.000
	Error	0.074	30	0.002		
	Total	5.870	44			

El análisis de varianza muestra que la dosis de irradiación y tiempo de almacenamiento presentaron efecto significativo ($p < 0.05$) sobre la firmeza en trozos de zapallo macre.

Márquez y Pretell (2013) determinaron efecto significativo de la dosis de irradiación UV-C y tiempo de almacenamiento ($p < 0.05$) sobre la firmeza de frutas tropicales mínimamente procesadas.

En el Cuadro 7, se presenta la prueba de Duncan para la firmeza en trozos de zapallo macre irradiados con UV-C en función a los días de almacenamiento, se observa en el subgrupo 3 al tratamiento con 5 kJ/m², el cual presentó la mayor firmeza de 36.85 N al día 14 de almacenamiento.

Cuadro 7. Prueba de Duncan para firmeza en trozos de zapallo macre irradiados con UV-C en función a los días de almacenamiento

Tiempo (días)	Dosis UV-C (kJ/m ²)	Subgrupo							
		1	2	3	4	5	6	7	8
14	0	36.26							
11	0		36.48						
14	5			36.85					
7	0			36.89					
11	5				36.98				
14	3				36.99				
7	5				37.01				
11	3					37.12			
7	3						37.20		
4	0						37.28		
0	0							37.40	
4	5							37.44	37.44
0	5							37.46	37.46
4	3								37.49
0	3								37.52

4.3. Color

En la Figura 6, se presenta los valores de luminosidad (L*) en trozos de zapallo macre irradiados con UV-C en función a los días de

almacenamiento refrigerado a 5 °C, siendo los valores iniciales de 79.99, 80.03 y 79.98 para el control, dosis de irradiación de 3 y 5 kJ/m², respectivamente. Se observa que al transcurrir los días de almacenamiento L* disminuyó, siendo más notorio en los trozos sin irradiar; al día 14 la muestra sin irradiar presentó valor L* de 76.18 y las irradiadas con 3 y 5 kJ/m² presentaron valores de 78.19 y 77.59, respectivamente. Los resultados experimentales se encuentran en el Anexo 1.

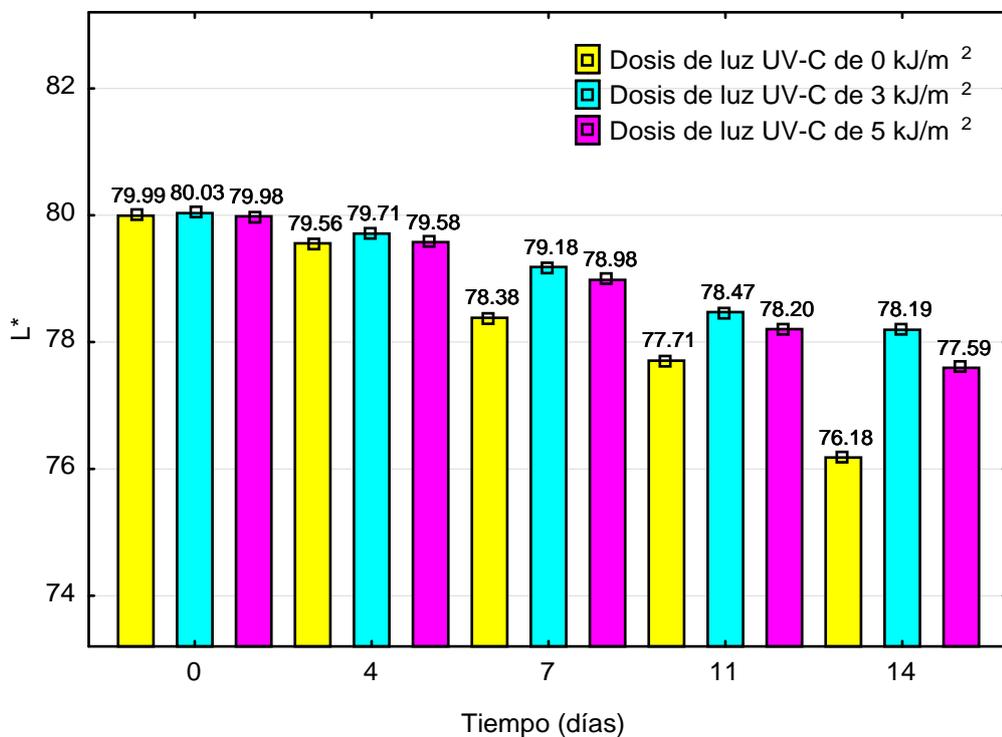


Figura 6. L* en trozos de zapallo macre irradiados con UV-C en función a los días de almacenamiento

Kasim y Kasim (2014) evaluaron el efecto de la dosis de irradiación UV-C (0, 0.43, 1.29 y 2.15 kJ/m²) y tiempo de almacenamiento durante 7 días a 5 °C sobre L* en melón cortado, donde observaron que los valores de L* disminuyeron en todos los tratamientos, en comparación, con los valores iniciales (68.80), siendo más pronunciado en el tratamiento control, llegando al último día de almacenamiento a valor de L* de 56.21, el tratamiento con 2.15 kJ/m² permitió mantener los valores de L* con 62.54.

Promyou y Supapvanich (2016) evaluaron el efecto de las dosis de irradiación UV-C (0 y 6.6 kJ/m²), temperatura (12 y 25 °C) y tiempo de almacenamiento (0, 4, 8, 12, 16 días) en los valores de L* en trozos de mango variedad Kaew Kamin, donde observaron que al transcurrir los días de almacenamiento L* disminuyó, siendo más notorio en el tratamiento control almacenado a 25 y 12 °C con 52.3 y 55.2, respectivamente; y mayor L* en el tratamiento con irradiación a 6.6 kJ/m² almacenada a 12 °C (72.8) a los 16 días de almacenamiento; al día inicial las muestras presentaron valor de L* de 81.4.

La destrucción de las células cuando se realiza el corte del fruto durante el procesamiento, resulta en la liberación de algunas enzimas como la polifenoloxidasas, las que haciendo contacto con el sustrato y el oxígeno del ambiente oxidan los compuestos fenólicos y forman melaninas coloreadas, causando el pardeamiento de la superficie, indicando la disminución de los valores de L* (Artés-Hernández y otros, 2009).

En la Figura 7, se presenta los valores de a* en trozos de zapallo macre irradiados con UV-C en función a los días de almacenamiento refrigerado a 5 °C. Se observa que al transcurrir los días de almacenamiento a* aumentó, siendo más notorio en los trozos sin irradiar; al día 14 la muestra control presentó valor a* de -1.64 y las irradiadas con 3 y 5 kJ/m² presentaron valores de -3.58 y -2.50, respectivamente. Los resultados experimentales se encuentran en el Anexo 1.

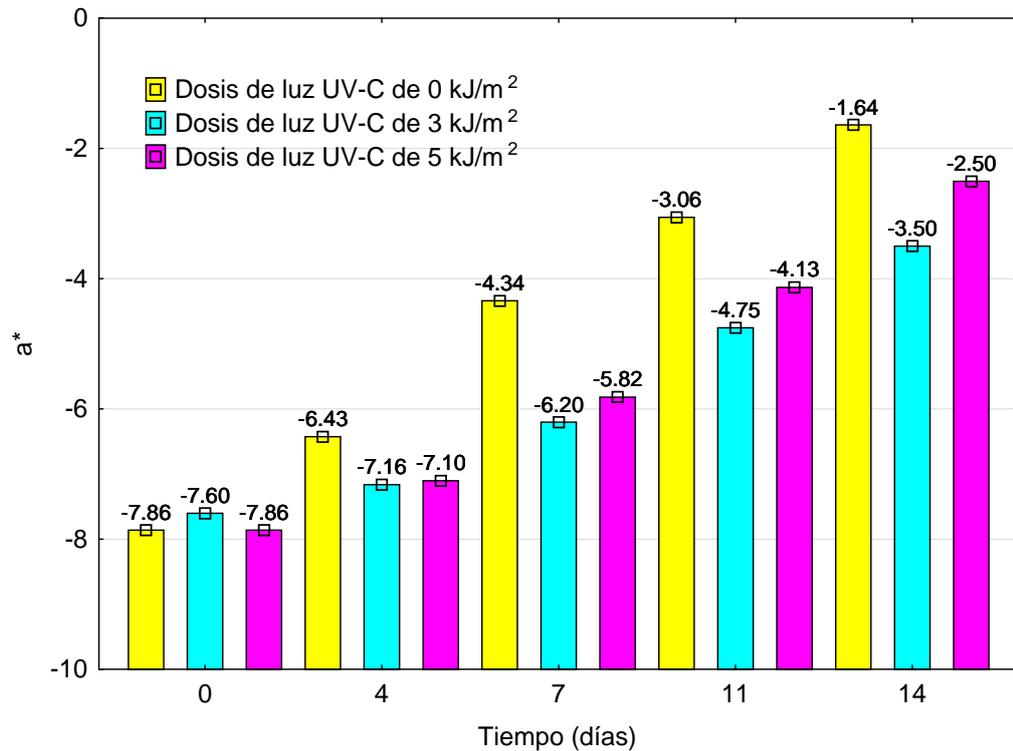


Figura 7. Valores de a^* en trozos de zapallo macre irradiados con UV-C en función a los días de almacenamiento

El incremento en los valores de a^* indican el oscurecimiento en el fruto con una tendencia a coloración rojo-marrón, lo cual se puede relacionar con la formación de compuestos poliméricos coloreados y el avance del grado de pardeamiento en el fruto después del procesamiento (Chien y otros, 2007; Bhat y otros, 2011; Manzocco y otros, 2011).

En la Figura 8, se presenta los valores de b^* en trozos de zapallo macre irradiados con UV-C en función a los días de almacenamiento refrigerado a 5 °C, siendo los valores iniciales de 54.22, 56.65 y 54.33 para el control, dosis de irradiación de 3 y 5 kJ/m², respectivamente. Se observa que al transcurrir los días de almacenamiento b^* disminuyó, siendo más notorio en los trozos sin irradiar; al día 14 la muestra control presentó valor b^* de 49.19 y las irradiadas con 3 y 5 kJ/m² presentaron valores de 51.75 y 50.47,

respectivamente. Los resultados experimentales se encuentran en el Anexo 1.

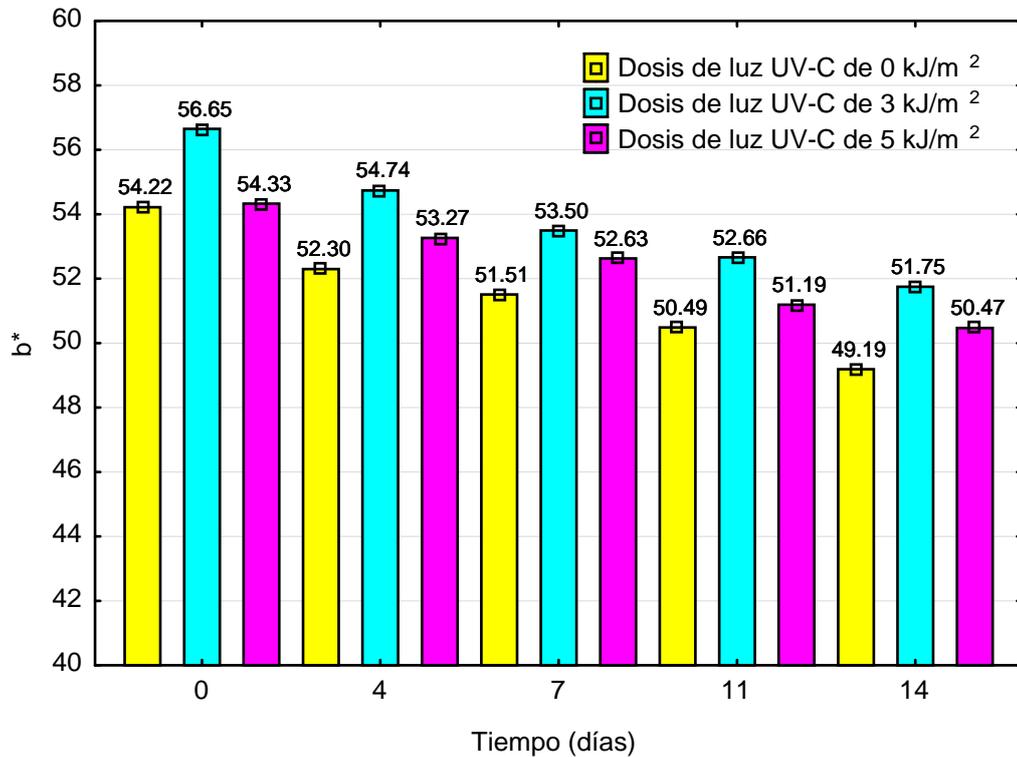


Figura 8. Valores de b^* en trozos de zapallo macre irradiados con UV-C en función a los días de almacenamiento

Kasim y Kasim (2014) evaluaron el efecto de la dosis de irradiación UV-C (0, 0.43, 1.29 y 2.15 kJ/m²) y tiempo de almacenamiento durante 7 días a 5 °C sobre b^* en melón cortado, donde observaron que los valores de b^* disminuyeron en todos los tratamientos en comparación con los valores iniciales (20.50), siendo más pronunciado en el tratamiento control, llegando al último día de almacenamiento a valor b^* de 15.98, el tratamiento con 2.15 kJ/m² permitió mantener los valores b^* con 16.55.

La disminución en el valor b^* podría ser atribuido al desarrollo del pardeamiento enzimático que se produce después del corte (Rivera y otros, 2005; Bhat y otros, 2011; Manzocco y otros, 2011). Mientras que en el caso del valor a^* , se observa un incremento que puede atribuirse a la síntesis de los carotenoides que acompañado del proceso de maduración, se refleja en la pérdida de la intensidad del color amarillo en la pulpa de la fruta (Manzocco y otros, 2011).

El cambio en los parámetros de color (L^* , a^* y b^*) se debe a que los carotenoides sufren reacciones de oxidación, isomerización y fragmentación durante el almacenamiento refrigerado cuando el fruto ha sido cortado (Sgroppo y Sosa, 2009).

En el Cuadro 8, se presenta la prueba de Levene modificada para los valores de L^* , a^* y b^* en trozos de zapallo macre irradiados con UV-C en función a los días de almacenamiento, donde existió homogeneidad de varianzas ($p > 0.05$), por lo que se procedió a realizar el análisis de varianza y posteriormente la prueba de Duncan para determinar de esta forma el mejor tratamiento.

Cuadro 8. Prueba de Levene para L^* , a^* y b^* en trozos de zapallo macre irradiados con UV-C en función a los días de almacenamiento

Variable	Estadístico de Levene	p
L^*	0.540	0.892
a^*	0.790	0.669
b^*	0.600	0.843

En el Cuadro 9, se presenta el análisis de varianza para L^* , a^* y b^* en trozos de zapallo macre irradiados con UV-C en función a los días de almacenamiento. El análisis de varianza muestra que la dosis de irradiación y tiempo de almacenamiento presentaron efecto significativo ($p < 0.05$) sobre L^* , a^* y b^* en trozos de zapallo macre.

Resultados similares fueron reportados por Kasim y Kasim (2014), quienes determinaron efecto significativo ($p < 0.05$) de la dosis de irradiación UV-C y tiempo de almacenamiento sobre L^* y b^* en melón cortado.

Cuadro 9. Análisis de varianza para L^* , a^* y b^* en trozos de zapallo macre irradiados con UV-C en función a los días de almacenamiento

Variable	Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
L^*	Dosis: D	4.430	2	2.215	607.428	0.000
	Tiempo: T	42.732	4	10.683	2929.551	0.000
	D*T	3.971	8	0.496	136.133	0.000
	Error	0.109	30	0.004		
	Total	51.243	44			
a^*	Dosis: D	10.972	2	5.486	439.583	0.000
	Tiempo: T	162.234	4	40.559	3249.885	0.000
	D*T	5.615	8	0.702	56.245	0.000
	Error	0.374	30	0.012		
	Total	179.196	44			
b^*	Dosis: D	41.337	2	20.669	456.667	0.000
	Tiempo: T	113.865	4	28.466	628.953	0.000
	D*T	2.182	8	0.273	6.027	0.000
	Error	1.358	30	0.045		
	Total	158.743	44			

En el Cuadro 10, se presenta la prueba de Duncan para L^* en trozos de zapallo macre irradiados con UV-C en función a los días de almacenamiento, se observa en el subgrupo 4 al tratamiento con 3 kJ/m^2 , el cual presentó el valor más alto de L^* de 78.19 al día 14 de almacenamiento.

Cuadro 10. Prueba de Duncan para L^* en trozos de zapallo macre irradiados con UV-C en función a los días de almacenamiento

Tiempo (días)	Dosis UV-C (kJ/m^2)	Subgrupo									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
14	0	76.18									
14	5		77.59								
11	0			77.71							
14	3				78.19						
11	5				78.20						
7	0					78.38					
11	3					78.47					
7	5						78.98				
7	3							79.18			
4	0								79.56		
4	5								79.58		
4	3									79.71	
0	5										79.98
0	0										79.99
0	3										80.03

En el Cuadro 11, se presenta la prueba de Duncan para a^* en trozos de zapallo macre irradiados con UV-C en función a los días de almacenamiento, se observa en el subgrupo 10 al tratamiento con 3 kJ/m^2 , el cual presentó el menor valor de a^* de -3.50 al día 14 de almacenamiento.

Cuadro 11. Prueba de Duncan para a* en trozos de zapallo macre irradiados con UV-C en función a los días de almacenamiento

Tiempo (días)	Dosis UV-C (kJ/m ²)	Subgrupo												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0	0	-7.86												
0	5	-7.86												
0	3		-7.60											
4	3			-7.16										
4	5			-7.10										
4	0				-6.43									
7	3					-6.20								
7	5						-5.82							
11	3							-4.75						
7	0								-4.34					
11	5									-4.13				
14	3										-3.50			
11	0											-3.06		
14	5												-2.50	
14	0													-1.64

En el Cuadro 12, se presenta la prueba de Duncan para b* en trozos de zapallo macre irradiados con UV-C en función a los días de almacenamiento, se observa en el subgrupo 4 al tratamiento con 3 kJ/m², el cual presentó el mayor valor de b* de 51.75 al día 14 de almacenamiento.

Cuadro 12. Prueba de Duncan para b* en trozos de zapallo macre irradiados con UV-C en función a los días de almacenamiento

Tiempo (días)	Dosis UV-C (kJ/m ²)	Subgrupo								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
14	0	49.19								
14	5		50.47							
11	0		50.49							
11	5			51.19						
7	0			51.51	51.51					
14	3				51.75					
4	0					52.30				
7	5					52.63				
11	3					52.66				
4	5						53.27			
7	3						53.50			
0	0							54.22		
0	5							54.33		
4	3								54.74	
0	3									56.65

4.4. Recuento de mohos y levaduras

En la Figura 9, se presenta el recuento de mohos y levaduras en trozos de zapallo macre irradiados con UV-C en función a los días de almacenamiento refrigerado a 5 °C, siendo los valores iniciales de 1.62, 1.09 y 0.73 log ufc/g para el control, dosis de irradiación de 3 y 5 kJ/m², respectivamente. Se observa que al transcurrir los días de almacenamiento el recuento aumentó, siendo más notorio en los trozos sin irradiar; al día 14 la muestra control presentó recuento de 2.35 log ufc/g y las irradiadas con 3 y 5 kJ/m² presentaron valores de 1.79 y 1.59 log ufc/g, respectivamente. Los resultados experimentales se encuentran en el Anexo 1.

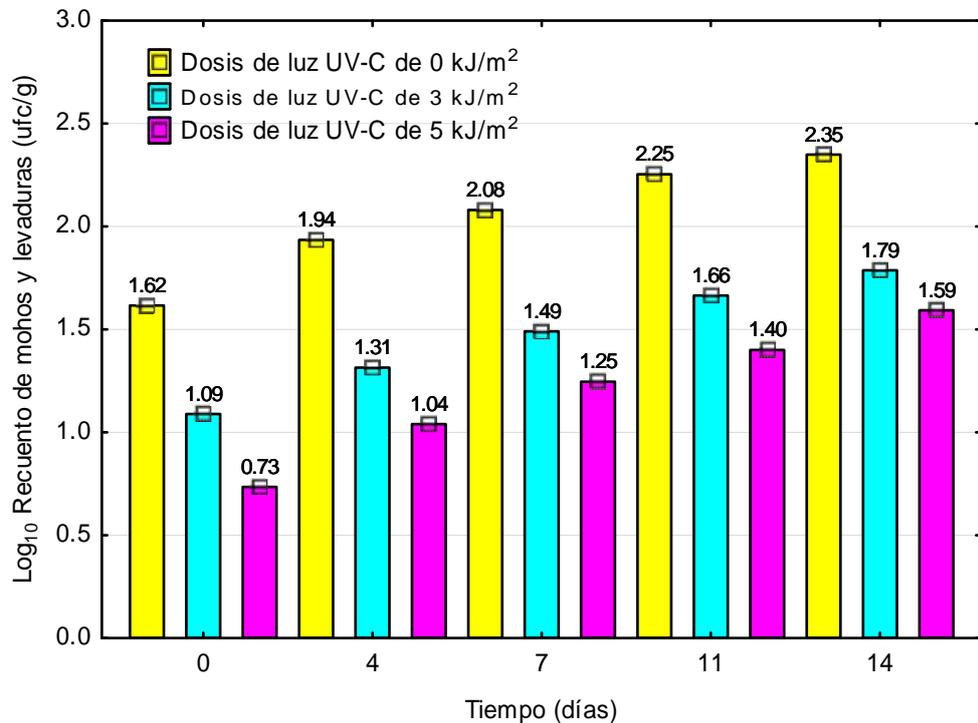


Figura 9. Recuento de mohos y levaduras en trozos de zapallo macre irradiados con UV-C en función a los días de almacenamiento

Sgroppo y Sosa (2009) evaluaron el efecto de la dosis de irradiación de UV-C (0, 2.08 y 3.14 kJ/m²) y tiempo de almacenamiento a 5 °C durante 14 días sobre el recuento de mohos y levaduras en zapallo anco cortado en cubos, donde observaron que el recuento inicial de mohos y levaduras fue de 2.70 log ufc/g para el control y para los tratamientos con 2.08 y 3.14 kJ/m² fue de 2.68 y 1.52 log ufc/g, respectivamente, determinándose una reducción de más de 1 ciclo log ufc/g para la mayor dosis de irradiación; al día 14 de almacenamiento el tratamiento con 2.08 kJ/m² permitió obtener el menor recuento mohos y levaduras con 4.57 log ufc/g, siendo estos valores de recuento finales superiores a los reportados en esta investigación.

Erkan y otros (2001) evaluaron el efecto de la dosis de irradiación UV-C (0, 0.49, 4.93 y 9.86 kJ/m²) sobre el recuento de mohos y levaduras en

rebanadas de calabacín (*Cucurbita pepo*), durante 21 días de almacenamiento refrigerado (5 °C). Observaron que al transcurrir los días el recuento de mohos y levaduras aumentó, siendo mayor en el control con 7.5 log ufc/g a comparación de los irradiados a 4.93 y 9.86 kJ/m² con 4.4 y 4.1 log ufc/g a los 21 días de almacenamiento. Estos valores son superiores a los reportados en esta investigación, lo cual probablemente se deba a diferencias de la matriz vegetal, dosis de irradiación y al mayor tiempo de almacenamiento.

Lara (2014) estudió el efecto de la dosis de irradiación UV-C (0.0, 3.0, 8.5 y 12 kJ/m²) y tiempo de almacenamiento (0, 4, 8, 12, 16, 20 y 24 días) a 5 °C sobre el recuento de mohos y levaduras en cebolla de rama mínimamente procesada, envasadas en bolsas de polietileno de baja densidad y en bandejas de poliestireno espumado cubiertas con film PVC estirable de 20 µm de espesor. Donde observó un incremento del recuento de mohos y levaduras durante todo el almacenamiento. Al último día de almacenamiento (24 días) las muestras envasadas en bolsas de polietileno de baja densidad sin irradiación presentaron mayor crecimiento de mohos y levaduras (5.55 log ufc/g), seguido de las irradiadas con 5.8 kJ/m² (5.52 log ufc/g); las muestras envasadas en bandejas de poliestireno espumado cubiertas con film presentaron menor recuento, donde, la no irradiada presentó 0.8 log ufc/g y la irradiada con 5.8 kJ/m² presentó 0.3 log ufc/g.

Los tratamientos con irradiación UV-C inactivan los microorganismos principalmente debido a la inducción de la formación de dímeros de pirimidina que alteran las hélices de DNA y los bloques de replicación de las células microbianas, que destruyen la capacidad de reproducción y otras funciones de la célula (Márquez y Pretell, 2013). La irradiación UV-C también actúa de manera indirecta al inducir mecanismos de resistencias por acumulación de compuestos fungicidas como fenoles, flavonoides y poliaminas (Kasim y Kasim, 2014; Villarroel y otros, 2015).

Entre los factores que influyen en la eficacia germicida de la radiación UV-C se incluyen la intensidad de la dosis aplicada, la ubicación física de los microorganismos, la composición de los vegetales y su estado fisiológico y topografía (Sgroppo y Sosa, 2009).

En el Cuadro 13, se presenta la prueba de Levene modificada para el recuento de mohos y levaduras en trozos de zapallo macre irradiados con UV-C en función a los días de almacenamiento, donde existió homogeneidad de varianzas ($p > 0.05$), por lo que se procedió a realizar el análisis de varianza y posteriormente la prueba de Duncan para determinar de esta forma el mejor tratamiento.

Cuadro 13. Prueba de Levene para recuento de mohos y levaduras en trozos de zapallo macre irradiados con UV-C en función a los días de almacenamiento

Variable	Estadístico de Levene	p
Recuento de mohos y levaduras (log ufc/g)	0.930	0.540

En el Cuadro 14, se presenta el análisis de varianza para el recuento de mohos y levaduras en trozos de zapallo macre irradiados con UV-C en función a los días de almacenamiento.

Cuadro 14. Análisis de varianza para recuento de mohos y levaduras en trozos de zapallo macre irradiados con UV-C en función a los días de almacenamiento

Variable	Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
Recuento de mohos y levaduras (log ufc/g)	Dosis: D	5.586	2	2.793	831.435	0.000
	Tiempo: T	3.211	4	0.803	238.931	0.000
	D*T	0.030	8	0.004	1.132	0.371
	Error	0.101	30	0.003		
	Total	8.928	44			

El análisis de varianza muestra que la dosis de irradiación y tiempo de almacenamiento presentaron efecto significativo ($p < 0.05$) sobre el recuento de mohos y levaduras en trozos de zapallo macre, caso contrario ocurrió para la interacción dosis-tiempo.

Resultados similares fueron reportados por Sgroppo y Sosa (2009) quienes determinaron efecto significativo ($p < 0.05$) de la dosis de irradiación de UV-C (0, 2.08 y 3.14 kJ/m^2) y tiempo de almacenamiento a 5 °C durante 14 días sobre el recuento de mohos y levaduras en zapallo anco cortado en cubos.

Erkan y otros (2001) reportaron efecto significativo ($p < 0.05$) de la dosis de irradiación UV-C y tiempo de almacenamiento sobre el recuento de mohos y levaduras en rebanadas de calabacín.

Márquez y Pretell (2013) determinaron efecto significativo de la dosis de irradiación UV-C y tiempo de almacenamiento ($p < 0.05$) sobre el recuento de mohos y levaduras en frutas tropicales mínimamente procesadas.

Cuadro 15. Prueba de Duncan para recuento de mohos y levaduras en trozos de zapallo macre irradiados con UV-C en función a los días de almacenamiento

Tiempo (días)	Dosis UV-C (kJ/m ²)	Subgrupo									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	5	0.73									
4	5		1.04								
0	3		1.09								
7	5			1.25							
4	3			1.31	1.31						
11	5				1.40	1.40					
7	3					1.49					
14	5						1.59				
0	0						1.62				
11	3						1.66				
14	3							1.79			
4	0								1.94		
7	0									2.08	
11	0										2.25
14	0										2.35

En el Cuadro 15, se presenta la prueba de Duncan para el recuento de mohos y levaduras en trozos de zapallo macre irradiados con UV-C en función a los días de almacenamiento, se observa en el subgrupo 6 al tratamiento con 5 kJ/m², el cual presentó el menor recuento de mohos y levaduras de 1.59 log ufc/g al día 14 de almacenamiento, estos recuentos se encontraron por debajo del límite máximo permisible de 6.0 log ufc/g de mohos y levaduras para frutas y hortalizas frescas y mínimamente procesadas, recomendado por el Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (Institute of Food Science and Technology) (IFST, 1999).

4.5. Apariencia general

En la Figura 10, se presenta los valores promedio de las calificaciones de apariencia general en trozos de zapallo macre irradiados con UV-C en función a los días de almacenamiento refrigerado a 5 °C. Se observa que al transcurrir los días de almacenamiento la apariencia general disminuyó, siendo más notorio en los trozos de zapallo macre sin irradiar; al día 14 la muestra control presentó un promedio de apariencia de 4.83 y las irradiadas con 3 y 5 kJ/m² presentaron valores de 7.23 y 6.30, respectivamente. Los resultados de apariencia general se encuentran en el Anexo 2.

Sgroppo y Sosa (2009) evaluaron el efecto de la dosis de irradiación de UV-C (0, 2.08 y 3.14 kJ/m²) y tiempo de almacenamiento a 5 °C durante 14 días sobre la apariencia general en zapallo anco cortado en cubos, donde observaron una disminución de las calificaciones al transcurrir los días de almacenamiento siendo más notorio en el tratamiento control. Además, mencionan que los principales defectos en los cubos de zapallo detectados sensorialmente fueron la aparición de colores anormales (pequeñas manchas blancas), zonas blandas, exudado y pérdida de la apariencia de “fresco”. En el tratamiento control, luego de los 9 días de almacenamiento, se distinguieron cambios en el aspecto superficial y pérdida de la frescura que le otorgaron un índice de aceptabilidad general inferior al límite establecido (5 = “ni me agrada ni me desagrada”). Las dosis de irradiación UV-C evaluadas, no provocaron efectos negativos sobre la apariencia general de los cubos de zapallo. Los tratamientos con irradiación UV-C con dosis de 2.08 y 3.14 kJ/m² aplicados a los cubos de zapallo sancó fueron efectivos en la retención de las características sensoriales del producto.

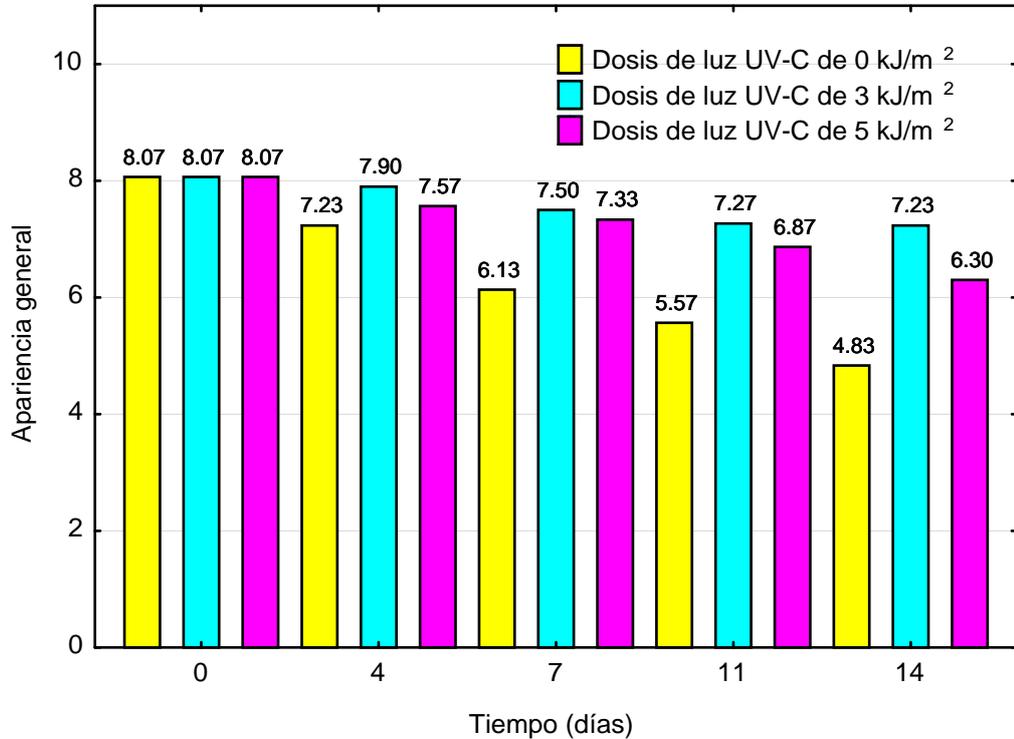


Figura 10. Apariencia general en trozos de zapallo macre irradiados con UV-C en función a los días de almacenamiento

En el Cuadro 16, se presenta la prueba de Friedman para la apariencia general en trozos de zapallo macre irradiados con UV-C en función a los días de almacenamiento. Se observa, para el almacenamiento inicial y día 4, que no existió diferencia significativa ($p > 0.05$) entre las muestras evaluadas; caso contrario ocurrió para los días 7, 11 y 14, además, el tratamiento con la dosis de irradiación de 3 kJ/m² mantuvo las calificaciones durante estos periodos de almacenamiento, con promedio de 7.50, 7.27 y 7.23, con moda de 9 (Me agrada muchísimo), 8 (Me agrada mucho) y 8 (Me agrada mucho), respectivamente.

Cuadro 16. Prueba de Friedman para apariencia general en trozos de zapallo macre irradiados con UV-C en función a los días de almacenamiento

Tiempo (días)	Dosis UV-C (kJ/m ²)	Media	Moda	Chi-cuadrado	p
0	0	8.07	9	0.020	0.990
	3	8.07	9		
	5	8.07	8		
4	0	7.23	8	2.742	0.254
	3	7.90	9		
	5	7.57	9		
7	0	6.13	6	10.648	0.005
	3	7.50	9		
	5	7.33	7		
11	0	5.57	5	33.792	0.000
	3	7.27	8		
	5	6.87	7		
14	0	4.83	5	31.725	0.000
	3	7.23	8		
	5	6.30	6		

En el Cuadro 17, se presenta la prueba de Wilcoxon para la apariencia general en trozos de zapallo macre irradiados con UV-C en función a los días de almacenamiento; mediante esta prueba se comparó al tratamiento que presentó el mayor rango promedio (3 kJ/m²) contra los demás, para los días 7 y 11 este no presentó diferencias significativas ($p > 0.05$) con el tratamiento de irradiación a 5 kJ/m²; a los 14 días de almacenamiento el

tratamiento con irradiación a 3 kJ/m² fue estadísticamente diferente ($p < 0.05$) a los demás.

Cuadro 17. Prueba de Wilcoxon para apariencia general en trozos de zapallo macre irradiados con UV-C en función a los días de almacenamiento

Tiempo (días)	Dosis UV-C (kJ/m ²)		p
7	0	3	0.001
		5	0.010
	3	5	0.692
11	0	3	0.000
		5	0.000
	3	5	0.128
14	0	3	0.000
		5	0.000
	3	5	0.010

V. CONCLUSIONES

Existió efecto significativo de la dosis de irradiación de UV-C y tiempo de almacenamiento sobre la pérdida de peso, firmeza, color (L^* , a^* y b^*), recuento de mohos y levaduras y apariencia general en trozos de zapallo macre almacenados a 5 °C.

La dosis de irradiación de UV-C de 3 kJ/m² permitió obtener valores adecuados de L^* (78.19), a^* (-3.50) y b^* (51.75); menor pérdida de peso (3.73%); mayor firmeza (36.85 N) y apariencia general con promedio 7.23 correspondiente a la percepción de “Me agrada mucho” en trozos de zapallo macre almacenados a 5 °C durante 14 días.

La dosis de irradiación de UV-C de 5 kJ/m² permitió obtener menor recuento de mohos y levaduras (1.59 log ufc/g) en trozos de zapallo macre almacenados a 5 °C durante 14 días.

Se sugiere a la dosis de irradiación de UV-C de 3 kJ/m² aplicada a trozos de zapallo macre almacenados a 5 °C, como la mejor ya que fue la más aceptada.

VI. RECOMENDACIONES

Extender el tiempo de almacenamiento de 21 a 28 días en trozos de zapallo macre irradiados con UV-C.

Evaluar el efecto de las dosis de irradiación, tipo de empaque (sin y con vacío) y la temperatura de almacenamiento (5 y 10 °C) en trozos de zapallo macre.

Evaluar el efecto de las dosis de irradiación en otras hortalizas como cebolla, tomate, lechuga y ajíes, que se consumen directamente en ensaladas.

Evaluar efecto de la irradiación UV-C en combinación con otras tecnologías como coberturas comestibles y ozono, con la finalidad de incrementar la vida útil de los vegetales mínimamente procesados.

Evaluar el efecto de la irradiación UV-C en el contenido de compuestos fitoquímicos como flavonoides, antocianinas, carotenos y vitamina C, que influyen en la actividad antioxidante, dándole un valor agregado a los alimentos.

VII. BIBLIOGRAFÍA

Alothman, M., Bhat, R. y Karim, A. 2009. UV radiation-induced changes of antioxidant capacity of fresh-cut tropical fruits. *Innovative food science and emerging technologies*. Vol: 10, pp: 512-516.

Andrade-Cuvi, M., Moreno-Guerrero, C., Henríquez-Bucheli, A., Gómez-Gordillo, A. y Concellón, A. 2010. Influencia de la radiación UV-C como tratamiento postcosecha sobre carambola (*Averrhoa carambola* L.) mínimamente procesada almacenada en refrigeración. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*. Vol. 11, pp: 18-27.

Artés-Hernández, F., Aguayo, E., Gómez, P. y Artés, F. 2009. Productos vegetales mínimamente procesados o de la cuarta gama. *Horticultura Internacional*. Vol. 69, pp: 52-57.

Auger, J., Esterio, M. y Meza, L. 2006. Identificación y control de *Ulocladium cucurbitae*, agente causal de la picada negra del zapallo de guarda (*Cucurbita maxima*). Departamento de Sanidad Vegetal, Facultad de Ciencias Agronómicas Universidad de Chile, Casilla 1004, Santiago, Chile.

Bhat, R., Ameran, S., Voon, H., Karim, A., Tze, L. 2011. Quality attributes of star fruit (*Averrhoa carambola* L.) juice treated with ultraviolet radiation. *Food chemistry*. Vol. 127, pp: 641-644.

Beltrán A., Ramos N. y Alvarez M. 2010. Estudio de la vida útil de fresas (*Fragaria vesca*) mediante tratamiento con radiación ultravioleta de onda corta UV-C. *Revista Tecnológica ESPOL*. Vol. 23, Nº 2, pp: 17-24.

Bierhals, V., Chiumarelli, M. y Hubinger, M. 2011. Effect of cassava starch coating on quality and shelf life of fresh-cut pineapple (*Ananas comosus* L. Merrill cv “Perola”). *Journal of Food Science*. Vol. 76, N° 1, pp: 62-72.

Casp, A. y Abril, J. 2003. *Procesos de conservación de alimentos*. 2º Edición. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España.

Chien, P., Sheu, F. y Yang, F. 2007. Effects of edible chitosan coating on quality and shelf life of sliced mango fruit. *Journal of Food Engineering*. Vol. 78, pp: 225–229.

Cote, S. 2011. Efecto de la intensidad de la radiación UV-C sobre la calidad sensorial, microbiológica y nutricional de frutos. Tesis para obtener el título de Magister en Tecnología e Higiene de los Alimentos. Universidad Nacional de La Plata. Buenos Aires, Argentina.

Erkan, M., Yi-Wang, C. y Krizek, D. 2001. UV-C irradiation reduces microbial populations and deterioration in *Cucurbita pepo* fruit tissue. *Revista: Environmental and Experimental Botany*, Vol. 45, pp. 1-9. Estados Unidos de Norteamérica.

Guerrero-Beltrán, J. y Barbosa-Cànovas. 2009. Advantages and limitation on processing foods by UV light. *Food Science Technology International*. Vol. 10, pp:137-147.

INIA, 2014. INIA capacitó a productores agrícolas a través de programa radial. Visitado: 26 de agosto del 2015. Disponible en: <http://www.inia.gob.pe/sala-de-prensa/notas-de-prensa/790-inia-capacito-a-productores-agricolas-a-traves-de-programa-radial>

IFST. 1999. Development and use of microbiological criteria for foods. London: Institute of Food Science and Technology

James, J. y Ngarmsak, T. 2010. Processing of fresh-cut tropical fruits and vegetables: A TECHNICAL GUIDE. Food and Agriculture Organization of the United Nations Regional Office for Asia and the Pacific. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/014/i1909e/i1909e00.htm>. Fecha de acceso: 29 de mayo del 2016.

Jay, J., Loessner, M. y Golden, D. 2009. Microbiología moderna de los alimentos. Séptima Edición. Editorial Acribia S.A. Zaragoza, España.

Kasim, R. y Kasim, M. 2014. Biochemical and color changes of fresh-cut melon (*Cucumis melo* L. cv. Galia) treated with UV-C. Revista: Food Science and Technology. 34(3): 547-551. Campinas, Brasil.

Lin, D. y Zhao, Y. 2007. Innovations in the development and application of edible coatings for fresh and minimally processed fruits and vegetables. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. Vol. 6, pp: 60-75.

Lara, N. 2014. Aplicación de la radiación UV-C en cebolla de rama (*Allium fistulosum*) mínimamente procesada. Tesis para optar el título de Ingeniera de Alimentos. Universidad Tecnológica Equinoccial. Quito, Ecuador.

Manzocco, L., Da-Pieve, S., Bertoloni, A., Bartolomeoli, I., Maifreni, M., Vianello, A., Nicoli, M. 2011. Surface decontamination of fresh-cut Apple by UV-C light exposure: Effects on structure, color and sensory properties. Postharvest Biology and Technology. Vol. 61, pp: 165 – 171.

Márquez, L. y Pretell, C. 2013. Irradiación UV-C en frutas tropicales mínimamente procesadas. *Scientia Agropecuaria*. Vol. 4, pp: 147 – 161.

Martínez, A. 2010. Efecto del proceso de tostado en el desarrollo de pasta untada de semillas de zapallo (*Curcubita Máxima* Duch). Tesis para obtener el título de Ingeniero en Alimentos. Universidad de Chile. Santiago de Chile.

Martínez-Romero, D., Guillén, F., Valverde, J., Serrano, M., Zapata, P., Bailen, G., Valero, D. y Castillo, S. 2007. Aloe vera gel como recubrimiento comestible en frutas y hortalizas. Universidad Miguel Hernández - España.

Merino, M. y Otiniano, G. 2014. Estudio para instalar una planta procesadora de puré instantáneo de zapallo Macre. Tesis para optar el título de Ingeniero Industrial. Universidad de Lima. Lima, Perú.

Morata, A. 2010. Nuevas tecnologías de conservación de alimentos. A. Madrid Vicente Ediciones. Madrid, España.

Neeta, G., Pooja, P., Ramana, R. 2013. Improvement of quality and shelf-life of strawberries with edible coatings enriched with chitosan 85:185-195. India.

Pan, Y. y Zu, H. 2012. Effect of UV-C radiation on the quality of fresh-cut pineapples. *Procedia Engineering*. Vol. 37, pp: 113-119.

Pombo, M. 2009. Irradiación de frutillas con UV-C: efecto sobre la síntesis de proteínas, degradación de la pared celular y mecanismos de defensa. Trabajo de Tesis de Doctor en Biología Molecular y Biotecnología. Universidad Nacional de General San Martín, Argentina.

Promyou, S. y Supapvanich, S. 2016. Physicochemical Changes in 'Kaew Kamin' Mango Fruit Illuminated with UltraViolet-C (UV-C) during Storage. *Agr. Sci. Tech.* Vol. 18, pp: 145-154.

Pongprasert, N., Sekosawa, Y., Sugaya, Y. y Gemma, H. 2011. The role and mode of action of UV-C hormesis in reducing cellular oxidative stress and the consequential chilling injury of banana fruit peel. *International Food Research Journal.* Vol. 18, pp: 741-749.

Rico, D., Martín-Diana, A., Barat, J. y Barry-Ryan, C. 2007. Extending and measuring the quality of fresh-cut fruit and vegetables. *Trend in food science and technology.* Vol. 20, pp: 1-15.

Rivera D., Gardea A., Martínez, M., Rivera, M. y Gonzáles, G. 2007. Efectos bioquímicos postcosecha de la irradiación UV-C en frutas y hortalizas. *Revista Fitotecnia Mexicana.* Vol. 30, Nº 4, pp: 361-372.

Robles-Sánchez, R., Islas, M., Astiazarán, H., Vázquez, F., Martín-Belloso, O., Gorinstein, S. y González, G. 2009. Quality index, consumer acceptability, bioactive compounds, and antioxidant activity of fresh-cut "Ataulfo" Mangoes (*Mangifera indica* L.) as affected by low-temperature storage. *Journal of Food Science.* Vol. 74, Nº 3, pp: 126-134.

Sgroppo, S. y Sosa, C. 2009. Zapallo anco (*cucurbita moschata* D.) fresco cortado tratado con luz UV-C. *Revista: Facena,* Vol. 25, pp. 7-19. Argentina.

Trevor, V. y Cantwell, M. 2012. Calabacita: (Zapallo de Verano): Recomendaciones para Mantener la Calidad Postcosecha. Department of Vegetable Crops, University of California, Davis, CA 95616.

Turtoi, M. 2013. Ultraviolet light treatment of fresh fruits and vegetables surface: A review. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, Vol. 19(3), pp. 325-337.

Vargas, M. 2012. Proyecto de investigación sobre el zapallo. Escuela profesional de Administración de Negocios. Asociación Universidad Privada San Juan Bautista. Lima- Perú.

Villalobos, H. 2013. Efecto de la dosis de irradiación UV-C, temperatura y tiempo de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales de rebanadas de carambola (*Averrhoa carambola* L.), variedad Golden Star mínimamente procesadas. Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú.

Villarroel, M., Romero, D., Brito, L., Ramos, A. 2015. Luz ultravioleta: inactivación microbiana en frutas. *Multidisciplinaria del Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente*, Vol. 27(3), pp. 454-469.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Resultados fisicoquímicos y microbiológicos en trozos de zapallo macre

Tiempo (días)	Dosis UV-C (kJ/m ²)	Pérdida de peso (%)	Firmeza (N)	L*	a*	b*	Recuento de mohos y levaduras (log ufc/g)
0	0	0.00	37.39	80.05	-7.83	1.62	1.62
		0.00	37.42	79.98	-7.91	1.54	1.54
		0.00	37.39	79.95	-7.85	1.68	1.68
Promedio		0.00	37.40	79.99	-7.86	54.22	1.62
4	0	2.47	37.28	79.59	-6.41	1.94	1.94
		2.33	37.25	79.51	-6.48	1.90	1.90
		2.67	37.32	79.57	-6.39	1.97	1.97
Promedio		2.49	37.28	79.56	-6.43	52.30	1.94
7	0	4.91	36.80	78.46	-4.32	2.09	2.09
		4.61	36.98	78.32	-4.31	2.06	2.06
		4.91	36.90	78.37	-4.39	2.10	2.10
Promedio		4.81	36.89	78.38	-4.34	51.51	2.08
11	0	7.11	36.54	77.67	-3.13	2.29	2.29
		7.00	36.50	77.71	-3.06	2.22	2.22
		7.12	36.41	77.74	-2.98	2.25	2.25
Promedio		7.08	36.48	77.71	-3.06	50.49	2.25
14	0	9.15	36.24	76.24	-1.59	2.37	2.37
		9.36	36.23	76.16	-1.68	2.33	2.33
		9.34	36.32	76.14	-1.64	2.34	2.34
Promedio		9.28	36.26	76.18	-1.64	49.19	2.35
0	3	0.00	37.50	80.05	-7.61	1.15	1.15
		0.00	37.57	80.06	-7.59	1.04	1.04
		0.00	37.50	79.99	-7.61	1.08	1.08
Promedio		0.00	37.52	80.03	-7.60	56.65	1.09
4	3	1.67	37.47	79.74	-7.11	1.36	1.36
		1.79	37.48	79.68	-7.15	1.28	1.28
		1.93	37.53	79.71	-7.23	1.30	1.30
Promedio		1.80	37.49	79.71	-7.16	54.74	1.32

Anexo 1. Resultados fisicoquímicos y microbiológicos en trozos de zapallo macre (continuación)

Tiempo (días)	Dosis UV-C (kJ/m ²)	Pérdida de peso (%)	Firmeza (N)	L*	a*	b*	Recuento de mohos y levaduras (log ufc/g)
7	3	2.46	37.23	79.21	-6.08	1.49	1.49
		2.50	37.20	79.18	-6.38	1.45	1.45
		2.45	37.18	79.16	-6.15	1.53	1.53
Promedio		2.47	37.20	79.18	-6.20	53.50	1.49
11	3	3.11	37.11	78.42	-4.79	1.71	1.71
		3.20	37.14	78.51	-4.62	1.66	1.66
		3.21	37.11	78.49	-4.85	1.62	1.62
Promedio		3.17	37.12	78.47	-4.75	52.66	1.67
14	3	3.72	37.03	78.15	-3.27	1.79	1.79
		3.73	36.95	78.26	-3.45	1.81	1.81
		3.76	37.00	78.17	-3.78	1.76	1.76
Promedio		3.73	36.99	78.19	-3.50	51.75	1.79
0	5	0.00	37.47	79.97	-7.96	0.60	0.60
		0.00	37.47	79.87	-7.67	0.90	0.90
		0.00	37.45	80.11	-7.96	0.70	0.70
Promedio		0.00	37.46	79.98	-7.86	54.33	0.75
4	5	2.23	37.43	79.61	-7.02	1.00	1.00
		2.11	37.45	79.55	-7.12	1.04	1.04
		2.29	37.45	79.57	-7.17	1.08	1.08
Promedio		2.21	37.44	79.58	-7.10	53.27	1.04
7	5	3.25	37.02	79.05	-5.83	1.20	1.20
		3.41	36.94	78.95	-5.72	1.26	1.26
		3.48	37.05	78.94	-5.91	1.28	1.28
Promedio		3.38	37.01	78.98	-5.82	52.63	1.25
11	5	3.58	37.02	78.27	-4.28	1.38	1.38
		3.52	36.88	78.20	-4.01	1.48	1.48
		3.69	37.03	78.14	-4.11	1.34	1.34
Promedio		3.60	36.98	78.20	-4.13	51.19	1.40
14	5	4.08	36.85	77.49	-2.56	1.58	1.58
		4.03	36.92	77.68	-2.48	1.64	1.64
		4.03	36.79	77.61	-2.47	1.56	1.56
Promedio		4.05	36.85	77.59	-2.50	50.47	1.59

Anexo 2. Calificaciones de apariencia general en trozos de zapallo macre

Tiempo (días)	0			4			7			11			14		
	0	3	5	0	3	5	0	3	5	0	3	5	0	3	5
Panelistas															
1	6	7	8	6	8	9	6	9	7	7	8	8	5	4	4
2	9	8	9	7	7	9	7	9	8	6	8	7	2	8	7
3	7	7	8	7	7	8	6	9	8	4	5	9	5	9	6
4	8	9	9	4	7	8	6	7	8	6	8	7	5	7	5
5	7	9	9	7	9	7	8	6	9	5	6	6	4	6	5
6	9	7	9	7	9	7	6	6	8	7	8	7	3	8	6
7	9	9	8	7	8	9	8	6	5	5	7	8	5	8	6
8	8	9	8	6	9	5	5	6	7	4	8	8	5	8	6
9	8	9	7	6	9	9	6	8	7	5	7	7	3	8	6
10	7	9	8	8	7	7	2	5	8	3	8	6	4	9	4
11	9	8	7	8	7	5	4	7	7	7	8	6	5	6	5
12	9	8	7	8	7	5	5	7	9	4	8	7	5	6	8
13	9	7	8	7	9	9	8	7	6	7	7	6	5	7	6
14	9	8	7	9	8	7	5	9	7	5	8	7	7	6	8
15	9	7	8	8	6	8	6	8	8	5	7	5	4	8	8
16	8	9	8	4	7	9	5	9	9	7	8	8	5	9	9
17	9	7	8	7	8	9	6	9	6	5	6	6	6	7	9
18	7	9	8	8	8	8	7	9	7	7	8	7	4	6	4
19	8	9	8	8	9	8	7	8	5	5	6	9	7	8	5
20	9	8	7	8	6	6	8	6	8	6	8	7	4	8	7
21	9	8	9	9	8	7	5	7	9	6	8	6	7	8	7
22	8	7	8	6	9	9	6	5	6	6	8	7	5	6	6
23	8	8	8	7	9	8	7	9	5	5	7	7	4	8	6
24	9	7	8	8	6	5	6	6	9	7	7	5	7	6	7
25	8	9	9	7	9	6	8	7	7	5	7	5	4	7	6
26	6	7	8	8	6	6	5	9	8	5	7	6	5	6	8
27	7	7	8	8	9	9	8	8	6	6	9	7	5	7	6
28	7	9	8	8	9	8	6	9	7	7	5	8	5	8	7
29	9	9	8	8	8	8	7	7	7	5	7	6	4	7	6
30	7	8	9	8	9	9	5	8	9	5	6	8	6	8	6
Promedio	8.1	8.1	8.1	7.2	7.9	7.6	6.1	7.5	7.3	5.6	7.3	6.9	4.8	7.2	6.3
Moda	9	9	8	8	9	9	6	9	7	5	8	7	5	8	6

Anexo 3. Vistas fotográficas del desarrollo experimental



Figura A. Corte 1 del zapallo macre



Figura B. Corte 2 del zapallo macre



Figura C. Irradiación UV-C en muestras de zapallo macre



Figura D. Determinación de pérdida de peso en muestras de zapallo macre



Figura D. Determinación de color en muestras de zapallo macre



Figura E. Diferencia de color en muestras de zapallo macre a los 4 días de almacenamiento