



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS**

**INFLUENCIA DE LA RADIACIÓN UV-C SOBRE EL TIEMPO
DE VIDA ÚTIL EN UVILLA (*Physalis peruviana* L.) SIN
CAPUCHÓN**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERA DE ALIMENTOS**

ESTEFANÍA IVONNE GUIJARRO JARAMILLO

DIRECTORA: ING. CARLOTA MORENO

Quito, Marzo 2012

© Universidad Tecnológica Equinoccial. 2012
Reservados todos los derechos de reproducción

DECLARACIÓN

Yo **ESTEFANÍA IVONNE GUIJARRO JARAMILLO**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Tecnológica Equinoccial puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Estefanía Guijarro

C.I. 1719314542

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo que lleva por título “**Influencia de la radiación UV-C sobre el tiempo de vida útil en uvilla (*Physalis peruviana* L.) sin capuchón**”, que, para aspirar al título de **Ingeniera de Alimentos** fue desarrollado por **Estefanía Guijarro**, bajo mi dirección y supervisión, en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería; y cumple con las condiciones requeridas por el reglamento de Trabajos de Titulación artículos 18 y 25.

Ing. Carlota Moreno

DIRECTORA DELTRABAJO

C.I. 1713755336

El presente trabajo de titulación forma parte del proyecto de investigación:

“Uso combinado de la radiación UV-C y atmósfera modificada para disminuir el deterioro de uvilla (*Physalis peruviana* L.) de exportación”.

DEDICATORIA

A Dios por ayudarme en cada momento de mi vida y darme la fuerza para poder seguir adelante.

A mi madre Rocío por ser ese apoyo incondicional en mi vida y darme cada día la comprensión y el cariño para poder cumplir mis metas.

A mi padre, hermanas y sobrina los cuales fueron el eje principal en mi vida y pusieron su granito de arena para llegar a este objetivo.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Tecnológica Equinoccial por apoyarme incondicionalmente en la realización de este trabajo de investigación.

A la Ingeniera Carlota Moreno y Bioquímica María José Andrade por su apoyo incondicional, por los conocimientos impartidos y por toda la ayuda prestada durante mi etapa de formación profesional.

A mis compañeros de Laboratorio Juan López, Marlon Lara, Andrea de la Cruz, Daniela Flores, Belén Cárdenas y Norma Huera, por darme la confianza, apoyo y su amistad incondicional durante este tiempo muy difícil pero certero.

A mis maestros por guiarme e impartirme sus conocimientos para llegar a ser una gran profesional.

Y por último agradezco infinitamente a Dios y a mi familia porque sin ellos nada de esto hubiese sido posible, por el amor, apoyo y comprensión que supieron darme.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
RESUMEN	viii
ABSTRACT	x
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. LA UVILLA (<i>Physalis peruviana</i> L).....	4
2.1.1. ORIGEN.....	4
2.1.2. DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA	4
2.2. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LA UVILLA.....	5
2.3. ECOTIPOS O VARIADADES DE UVILLA	7
2.4. USOS Y CONSUMO DE UVILLA	7
2.5. COMPOSICIÓN Y VALOR NUTRICIONAL	8
2.6. ZONAS DEL ECUADOR QUE TIENEN APTITUD PARA EL CULTIVO DE UVILLA.....	9
2.6.1. REQUERIMIENTOS PARA EL CULTIVO.....	9
2.7. COSECHA Y TRANSPORTE	10
2.8. PRODUCCIÓN DE UVILLA	13
2.8.1. PRODUCCIÓN DE UVILLA EN ECUADOR.....	13
2.9. COMERCIALIZACIÓN Y MERCADO DE LA UVILLA	14
2.9.1. MERCADO DE UVILLA EN ECUADOR	15
2.9.1.1. Mercado Nacional.....	15
2.9.1.2. Mercado internacional	16
2.10. MANEJO POSCOSECHA DE UVILLA.....	18
2.10.1. OPERACIONES POSCOSECHA	18
2.11. TECNOLOGÍA POSCOSECHA	21
2.11.1. TECNOLOGÍA POSCOSECHA EN UVILLA	22
2.12. RADIACIÓN UV-C	26
2.12.1. RADIACIÓN UV-C COMO TRATAMIENTO POSCOSECHA.....	24
2.12.2. APLICACIÓN DE LA RADIACIÓN UV-C EN POSCOSECHA.....	27

	PÁGINA
3. METODOLOGÍA.....	29
3.1. MATERIAL VEGETAL.....	29
3.2. TRATAMIENTO CON LUZ UV-C	30
3.3. ANÁLISIS DE PARÁMETROS DE CONTROL.....	32
3.3.1. PÉRDIDA DE PESO.....	32
3.3.2. ÍNDICE DE DAÑO	32
3.3.3. PORCENTAJE DE DECAIMIENTO.....	37
3.3.4. FIRMEZA	36
3.3.5. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS.....	36
3.3.5.1. Preparación de la muestra.....	36
3.3.5.2. Medición de pH.....	36
3.3.5.3. Sólidos solubles totales	36
3.3.5.4. Acidez Total Titulable (% Ácido Cítrico)	37
3.3.5.5. Índice de madurez	37
3.3.6. COLOR.....	35
3.3.7. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO.....	37
3.3.7.1. Preparación de la muestra e inoculación	37
3.3.7.2. Interpretación de resultados	38
3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	39
4. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN	40
4.2. INFLUENCIA DE TRATAMIENTO UV-C SOBRE LA PÉRDIDA DE PESO.....	40
4.3. INFLUENCIA DEL TRATAMIENTO UV-C SOBRE EL ÍNDICE DE DAÑO.....	41
4.4. INFLUENCIA DEL TRATAMIENTO UV-C SOBRE EL PORCENTAJE DE DECAIMIENTO.....	49
4.5. INFLUENCIA DEL TRATAMIENTO UV-C SOBRE LA FIRMEZA.....	45
4.6. INFLUENCIA DEL TRATAMIENTO UV-C SOBRE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	46
4.7. INFLUENCIA DEL TRATAMIENTO UV-C SOBRE EL COLOR.....	44

	PÁGINA
4.8. INFLUENCIA DEL TRATAMIENTO UV-C SOBRE LA FLORA NATIVA DE LA UVILLA	52
4.8.1. AEROBIOS MESÓFILOS TOTALES	52
4.8.2. MOHOS Y LEVADURAS	54
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	56
5.1. CONCLUSIONES.....	56
5.2. RECOMENDACIONES	58
BIBLIOGRAFÍA.....	59
ANEXOS.....	71

ÍNDICE DE TABLAS

PÁGINA

Tabla 1. Clasificación Taxonómica de la uvilla	6
Tabla 2. Composición y valor nutricional de la uvilla.....	8
Tabla 3. Requerimientos para el cultivo de uvilla.....	10
Tabla 4. Recomendaciones para la cosecha de uvilla	12
Tabla 5. Exportaciones de uvilla en Ecuador.....	17
Tabla 6. Tecnología Poscosecha	22
Tabla 7. Variación de parámetros químicos en pH, sólidos solubles y acidez total titulable durante el almacenamiento a 6° C.....	47
Tabla 8. Crecimiento de aerobios mesófilos totales en frutos de uvilla control y tratados (8 y 12 kJ/m ²) almacenados a 6° C.....	53
Tabla 9. Crecimiento de mohos y levaduras en frutos de uvilla control y tratados (8 y 12 kJ/m ²) almacenados a 6° C.....	54

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
Figura 1. Planta de uvilla.....	5
Figura 2. Diversas plantaciones de uvilla orgánica Cotacachi.....	5
Figura 3. Uvilla orgánica con capuchón.	6
Figura 4. Cosecha de uvilla.....	11
Figura 5. Comercialización de la uvilla en el mercado.....	14
Figura 6. Proceso de empaque de uvilla	15
Figura 7. Destinos de la uvilla ecuatoriana.....	17
Figura 8. Selección de la fruta.....	19
Figura 9. Limpieza y desinfección de uvilla sin capuchón	20
Figura 10. Espectro Electromagnético	25
Figura 11. Material Vegetal	29
Figura 12. Lámparas UV-C	30
Figura 13. Medición de intensidad de radiación	31
Figura 14. Bandejas plásticas tipo “Clamshells”	31
Figura 15. Decaimiento de uvilla durante el almacenamiento a 6 ^o C.....	34
Figura 16. Pérdida de peso de uvilla orgánica durante el almacenamiento.....	40
Figura 17. Índice de daño de uvilla orgánica durante el almacenamiento ..	42
Figura 18. Síntomas de daño en muestras control y tratadas con 8 y 12 kJ/m ² durante el almacenamiento	43
Figura 19. Decaimiento de uvilla orgánica durante el almacenamiento	44
Figura 20. Variación de la firmeza de uvilla orgánica durante el almacenamiento a 6 ^o C.....	46
Figura 21. Índice de madurez de uvilla orgánica durante el almacenamiento.....	48
Figura 22. Variación del ángulo de tono hue de frutos control y tratados durante el tiempo de almacenamiento.....	50

PÁGINA

Figura 23. Variación de la saturación de frutos control y tratados durante el tiempo de almacenamiento.....50

Figura 24. Variación de la luminosidad de frutos control y tratados durante el tiempo de almacenamiento.....51

ÍNDICE DE ANEXOS

	PÁGINA
Anexo I. Ensayo Experimental con luz UV-C.....	71
Anexo II. Parámetros Físico-Químicos.....	76
Anexo III. Análisis microbiológicos.....	77

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo de investigación fue analizar el efecto de la radiación UV-C sobre el tiempo de vida útil de la uvilla orgánica sin capuchón. La experiencia se realizó con uvilla orgánica cosechada de las plantaciones de la empresa Sumak Mikuy perteneciente a la Unión de Organizaciones Campesinas e Indígenas de Cotacachi (UNORCAC) ubicada en el cantón Cotacachi, Provincia de Imbabura, Ecuador. Inmediatamente después de la cosecha los frutos se trasladaron a los laboratorios de la Universidad Tecnológica Equinoccial, se retiró el capuchón de la fruta, se clasificó, lavó y secó a temperatura ambiente. Los frutos se dividieron en tres grupos, uno correspondiente a muestras control (no irradiadas) y dos para frutos tratados con luz UV-C con dosis de 8 y 12 kJ/m² respectivamente, para la radiación se utilizaron lámparas UV-C y la intensidad de radiación fue medida con un radiómetro digital. Se colocaron alrededor de 120 gramos de uvilla almacenadas a 6°C en bandejas plásticas tipo “clamshells” y fueron retiradas 8 bandejas del almacenamiento a los 0, 7, 14, 21 y 28 días, para su análisis. Se evaluó la influencia de la radiación UV-C sobre parámetros de calidad como: pérdida de peso (% pérdida de la masa en relación con la masa inicial), índice de daño (mediante una escala numérica entre 1 y 4 evaluando los síntomas de daño del fruto), porcentaje de decaimiento (% de frutos con crecimiento fúngico), color (utilizando un colorímetro con escala H,L,S), firmeza (midiendo la fuerza de reacción en newton utilizando un penetrómetro de frutas), análisis fisicoquímicos: sólidos solubles totales (°Brix), acidez total titulable (% de Ácido Cítrico), pH e índice de madurez y análisis microbiológicos: aerobios mesófilos totales, mohos y levaduras. Durante los 28 días de almacenamiento la pérdida de peso en la muestra control fue mayor en comparación a las muestras tratadas con 8 y 12 kJ/m². La calidad comercial en los frutos tratados aumento en siete días reflejando una disminución en el índice de daño respecto a los frutos control. Durante el almacenamiento se evidenciaron diferencias significativas en el color en los parámetros H, L, S. Al final del almacenamiento la firmeza fue

similar para las muestras control y tratadas con 12 kJ/m² y 8 kJ/m². Los parámetros físico-químicos no fueron afectados por la radiación UV-C. El porcentaje de decaimiento a partir del día 21 de almacenamiento fue mayor en la muestra control que en las muestras tratadas. En los análisis microbiológicos al inicio del almacenamiento la población de mohos y levaduras en la muestra control fue mayor en relación a las muestras tratadas con 8 y 12 kJ/m². La población de aerobios mesófilos totales al inicio del almacenamiento en las muestras control y tratada con 8 kJ/m² fueron mayores en comparación a la muestra tratada con 12 kJ/m², mientras que al final del almacenamiento se evidenció menor crecimiento en las muestras tratadas con 8 y 12 kJ/m² que en la muestra control.

Los frutos tratados con dosis de 12 kJ/m² en combinación con el almacenamiento refrigerado presentaron menor pérdida de peso, índice de daño y el porcentaje de decaimiento, dando mejor apariencia y calidad comercial a los frutos prolongando su vida útil en 7 días, comprobando que la radiación UV-C representa una alternativa conveniente en tratamiento poscosecha para la conservación y desinfección de uvilla orgánica sin capuchón.

ABSTRACT

The main objective of this research was to analyze the effect of the UV-C radiation on lifetime in organic uncapped capegooseberry. The experiment was carried out with organic capegooseberry harvested on the plantation Sumak Mikuy company plantations, which belongs to the Union of Peasants and Indigenous Organizations of Cotacachi (UNORCAC) located in the canton Cotacachi that belongs to the Imbabura Province in Ecuador. Immediately after the harvest, the fruits were transferred to the Equinoctial Technological University labs, and then pulled the cap from the fruit, its classification, washing and finally the drying at room temperature. The fruits were divided into three groups, one corresponding to a control sample (not irradiated) and two to the fruits treated with UV-C light at doses of 8 and 12 kJ/m², the radiation used for UV-C and the intensity of radiation was measured with a digital radiometer. Around 120 grams of capegooseberry to 6° C were placed in "clamshells" plastic trays, from which 8 trays were removed from storage at 0, 7, 14, 21 and 28 days for analysis. The influence of UV-C quality parameters such as weight loss (% of loss of mass in relation to the initial mass), damage index (a numerical scale from 1 to 4 for evaluating the damage symptoms of the fruit), percentage of decay (% of fruits with fungal growth), color (using a colorimeter with scale H, L, S), firmness (by measuring the reaction force in Newton using a fruit penetrometer), physicochemical analysis: Total soluble solids (° Brix), total acidity (% citric acid), pH and maturity index and microbiological analysis: total mesophilic aerobics mesophilic, molds and yeasts. During the 28 storage days the weight loss in the control sample was higher compared to the samples treated at 8 and 12 kJ / m². The commercial quality of the treated fruit increased in seven days, reflecting a decline in the rate of injury compared to control fruit. Significant differences in color parameters H, L, S during storage were evidenced. At the end of storage the firmness was similar for the control and the treated samples to 8 and 12 kJ/m². The physicochemical parameters were not affected by UV-C radiation. The decay

rate from the 21 storage day was higher in the control sample than in the treated samples. In the initial microbiological analysis of the storage the molds and yeasts population was higher in the control sample in relation to the samples treated at 8 and 12 kJ/m². The population of total mesophilic aerobics at the beginning of the storage of control sample and treated samples to 8 kJ/m² were higher compared to the sample treated at 12 kJ/m², while at the end of storage a slower growth in the samples treated at 8 and 12 kJ/m² than in the control sample was evidenced. The fruits treated with doses of 12 kJ/m² in combination with refrigerated storage showed less weight loss, damage index and the percentage of decay, giving better appearance and commercial quality to the fruit prolonging its lifetime to 7 days, proving that UV-C represents a convenient alternative for the postharvest treatment for the preservation and disinfection of organic uncapped cape gooseberry.

1. INTRODUCCIÓN

La uvilla (*Physalis peruviana* L.) es originaria del Perú, existen indicios de que proviene del Brasil y fue aclimatada en los altiplanos del Perú y Chile, se adapta fácilmente a una amplia gama de condiciones agroecológicas y puede perdurar durante un largo tiempo en el mismo lugar porque no solamente prospera en tierra sino también sobre corteza de árboles o en condiciones de poca luz. La FAO (1982) la caracteriza como una especie muy tolerante, aun siendo originaria de regiones tropicales; se adapta bien al clima mediterráneo y se acomoda a cualquier tipo de suelo (Brito, 2002).

Ecuador cultiva alrededor de 200 hectáreas de uvilla principalmente para exportación. Por su forma, sabor y color ha sido reconocida como una fruta exótica a nivel nacional e internacional. El cultivo va acompañado de abonos, que ayudan al crecimiento de la planta e insecticidas naturales para evitar que ésta sea atacada por microorganismos que degraden sus características organolépticas. La flor que nace del fruto mide alrededor de dos centímetros y sus colores son negro y amarillo, en ésta se forma un capuchón que recubre la uvilla hasta el momento de su cosecha cuando la fruta ha tomado un color amarillento (El Comercio, 2011).

Debido a que se está ocasionando pérdidas económicas al país por la falta de cuidado en el momento de la cosecha de frutos y hortalizas, Ecuador desarrolla tecnologías para el fortalecimiento del manejo poscosecha porque en la actualidad constituyen una alternativa para la introducción de la economía campesina en el mercado nacional e internacional (PROEXANT, 2006).

Durante la etapa de poscosecha la causa principal de pérdidas en uvillas son: el almacenamiento inadecuado del fruto, daños físicos y el desarrollo fúngico porque reducen significativamente su vida útil (Fisher, 2000).

Existe un gran interés en el estudio sobre tecnologías poscosecha para reducir los índices de pérdidas que se producen en esta fase. Por lo que se ha experimentado el uso de atmósferas modificadas, deshidratación osmótica, congelamiento rápido individual (IQF) entre otros que han ayudado a disminuir las pérdidas poscosecha de algunas frutas y hortalizas (Piña, Saucedo, Ayala & Mutaralla, 2001).

Otra alternativa de conservación poscosecha es la radiación UV-C porque controla enfermedades originadas por mohos, conserva la calidad de los frutos, retrasa procesos asociados con la maduración, reduce la incidencia y susceptibilidad al daño, retrasa el incremento de compuestos fenólicos, pérdida de electrolitos y actividad respiratoria (Rodríguez, 2008).

Sin embargo no se han encontrado estudios de la aplicación de la radiación UV-C en uvilla. Es por esto que la presente investigación permitirá analizar el efecto de la radiación UV-C sobre el tiempo de vida útil en uvilla sin capuchón.

En este sentido la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Tecnológica Equinoccial, desarrolla un programa de investigación de tratamiento poscosecha en frutos ecuatorianos. El presente trabajo de titulación forma parte de uno de los proyectos de este programa que es "Uso combinado de la radiación UV-C y atmósfera modificada para disminuir el deterioro de uvilla (*Physalis peruviana L.*) de exportación" contando con el apoyo de la empresa Sumak Mikuy, que forma parte a la Unión de Organizaciones Campesinas e Indígenas de Cotacachi (UNORCAC), la misma que se encuentra produciendo uvilla orgánica. Esta empresa trata de rescatar los productos nativos de la zona manteniendo la agrobiodiversidad de Cotacachi.

Los objetivos de la investigación fueron:

- Determinar la dosis efectiva de la radiación UV-C y su influencia sobre el tiempo de vida útil de uvilla sin capuchón.

- Evaluar el efecto de la radiación UV-C sobre los parámetros físico-químicos de uvilla sin capuchón.
- Analizar el efecto del tratamiento con radiación UV-C sobre la flora nativa de uvilla sin capuchón.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. LA UVILLA (*Physalis peruviana* L).

2.1.1. ORIGEN

Es originaria de los Andes suramericanos y zonas andinas peruanas. Su nombre proviene de la palabra indígena “ucuba”, que significa fruta redonda; por su amplia distribución es conocida con otros nombres como: “uvilla” en Ecuador, “tepare” y “makowi” en India, “chuchuva” en Venezuela, “aguaymanto” en Perú y “cape gooseberry” en los países de habla inglesa. Este fruto del que se conocen más de 50 especies en estado silvestre se ha expandido a países como: Ecuador, Sudáfrica, Kenia, Zimbabwe, Australia, Nueva Zelanda, Hawái, India, Malasia, Colombia y China; además a los altiplanos de los países tropicales, subtropicales y a países del Caribe. (Almanza & Espinosa 1995; Legge, 1974).

2.1.2. DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA

La uvilla (*Physalis peruviana* L.) pertenece a la familia de las solanáceas, que se da en arbustos ampliamente ramificados que tienen la capacidad de crecer de uno a dos metros de altura, tiene flores amarillas fácilmente polinizadas por insectos, el fruto es un baya jugosa, carnosa de color amarillo o naranja dependiendo de su maduración que crece dentro de un cáliz globoso acrescente como se observa en la Figura 1 (Flores, 2000).

Crece en un clima templado entre 8 y 20° C, a una altura de 1000 y 3500 metros sobre el nivel del mar (Diario “La Hora”, 2011).

En la Figura 2 se observa diversas plantaciones de uvilla orgánica ubicadas en el Cantón Cotacachi-Imbabura.



Figura 1. Planta de uvilla



Figura 2. Diversas plantaciones de uvilla orgánica Cotacachi

2.2. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LA UVILLA

La clasificación taxonómica de la uvilla según las órdenes de Engler se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Clasificación Taxonómica de la uvilla

Reino:	Vegetal
Tipo:	Fanerógamas
Clase:	Dicotiledónea
Subclase:	Metaclamidea
Orden:	Tibiflora
Familia:	Solanácea
Género:	Physalis
Especie:	<i>Physalis Peruviana</i> L.

(Narváez, 2003).

El género *Physalis* (familia Solanaceae), incluye unas 100 especies herbáceas perennes y anuales, cuyos frutos se forman y permanecen dentro del cáliz como se puede observar en la Figura 3. La uvilla (*Physalis peruviana* L.) es la más utilizada por su fruto dulce (Herrera, Flórez & Sora, 2000).



Figura 3. Uvilla orgánica con capuchón.

2.3. ECOTIPOS O VARIADADES DE UVILLA

Brito (2002), ha establecido los siguientes ecotipos o variedades de uvilla que se cultivan en el Ecuador:

Colombiana o Kenyana. Es una uvilla que se caracteriza por tener el fruto grande y de color amarillo intenso, su concentración de ácido cítrico es menor que la del resto de variedades; sin embargo, por su aspecto fenotípico, es altamente demandada para los mercados de exportación.

Ambateña. Es una uvilla con fruto mediano y de color entre verde y amarillo, tiene una composición característica que le confieren un sabor agridulce y aroma característico, propiedades que destacan sobre el resto de ecotipos.

Ecuatoriana. Es el ecotipo más pequeño, de color amarillo intenso, con una mayor concentración de vitaminas, su aroma es agradable.

2.4. USOS Y CONSUMO DE UVILLA

En Sur América los frutos de plantas de este género se consumen en fresco, compotas, mermeladas, fruta congelada, puré, pulpa, conservas y deshidratada. Por el contrario, en Centro América y México la tendencia es el uso en fresco como condimento. En Norte América, incluyendo los Estados Unidos, la uvilla es consumida principalmente en fresco, en almíbar y en mermeladas. Por lo general los consumidores de esta fruta son personas interesadas en conocer nuevos sabores y frutas exóticas, o los mismos latinos que la determinan como un producto étnico (CIAT, 2006).

En cuanto a Ecuador, a partir del 2001 se ha logrado posicionar a nivel local una parte de la producción de uvilla, para el consumo en conservas en

almíbar y deshidratadas. Muchas de estas pequeñas agroindustrias cuentan con el apoyo financiero de organizaciones no gubernamentales y su producto se promociona en el exterior, por la CORPEI (PROEXANT, 2007).

2.5. COMPOSICIÓN Y VALOR NUTRICIONAL

La composición nutricional de la uvilla se presenta en la tabla 2. El agua y carbohidratos son los compuestos presentes en mayor proporción en la pulpa de este fruto, además de los azúcares, pectinas y almidones. También posee varios ácidos que le dan el carácter y contribuyen a sus propiedades fisicoquímicas y sensoriales (Herrera, 2000).

Tabla 2. Composición y valor nutricional de la uvilla

Componentes	Contenido en 100 g de pulpa
Calorías (%)	49
Agua (g)	79.6
Proteína (g)	1.1
Carbohidratos (g)	13.1
Grasa (g)	0.4
Fibra (g)	4.8
Cenizas (g)	1.0
Calcio (mg)	7.0
Fósforo (mg)	3.8
Hierro (mg)	1.2
Vitamina A (U.I.)	648
Tiamina (mg)	0.18
Riboflavina (mg)	0.03
Niacina (mg)	1.3
Ácido ascórbico (mg)	26
Pulpa (g)	70
Cáscara (g)	3.5
Semillas (g)	26.5

(Herrera, 2000).

La composición química de la uvilla cambia en función del tipo de cultivo, de la fertilidad del suelo, de la época del año y del grado de madurez. En el fruto de la uvilla se han encontrado altos niveles de minerales, como Fe y P, fibra, vitaminas A y C. Además, su contenido de proteína es excepcionalmente alto para esta fruta (Medina, 2008).

2.6. ZONAS DEL ECUADOR QUE TIENEN APTITUD PARA EL CULTIVO DE UVILLA

Según Narváez (2003), las zonas del Ecuador que tienen la aptitud para el cultivo de uvilla son las siguientes:

Región Norte: Tufiño, Colón, Los Andes, García Moreno, Bolívar, Ibarra, Atuntaqui, Cotacachi, Otavalo, Cayambe, La Esperanza, Otón, Tabacundo, Pomasqui, Yaruqui, Pifo, Tumbaco, Nono, Nanegal, Machachi.

Región Central: Latacunga, Salcedo, Pastocalle, Saquisilí, Pujilí, Pelileo, Huachi, Montalvo, Mocha, Patate, Puela, El Altar, Penipe, San Andrés, Guano, Chambo, Columbe, Guamote, Pallatanga, Palmira, Alausí.

Región Sur: Tambo, Biblián, Bayas, Ricaurte, El Valle, Sta. Ana, Nabón, Gualaceo, Paute, Girón, la zona de Loja, Catamayo, Vilcabamba.

2.6.1. REQUERIMIENTOS PARA EL CULTIVO

En la tabla 3 se indican los requerimientos para el cultivo de uvilla según parámetros establecidos de control.

Tabla 3. Requerimientos para el cultivo de uvilla

CONDICIONES PARA CULTIVO	PARÁMETROS
Temperatura	13 – 18 °C. A temperatura de 22-29° C el número de frutos aumenta.
Precipitaciones	1000 a 2000 mm.
Humedad	70- 80 %.
Suelo	Arcilloso-arenoso con buen drenaje y enriquecidos materia orgánica.
Luz	Bosque abierto o poca sombra, días cortos con 8 horas luz.
Viento	Se debe construir barreras contra vientos fuertes.

(Verheij & Coronel, 1991).

2.7. COSECHA Y TRANSPORTE

La siembra se realiza colocando de 3 a 6 semillas en fundas de plástico con tierra preparada previamente. La germinación se produce a los 15 días sembrada la semilla, cuando la planta llega a los 15 centímetros de alto, se debe proceder a trasplantarla al sitio definitivo. La cosecha inicia entre los tres y cinco meses después del trasplante, según la altitud donde se establezca el cultivo; a mayor altura sobre el nivel del mar, mayor será el período de tiempo entre la siembra y la cosecha. La planta empieza su producción desde las ramas inferiores hasta las superiores y del centro hacia fuera. El período útil de producción de la planta es de 9 a 11 meses desde el momento de la siembra. A partir de entonces disminuye la productividad y la calidad de la fruta (García, 2003).

Existen varios métodos para definir el momento apropiado de la cosecha, sin embargo, el color del cáliz o capuchón es el más utilizado por los

productores y comercializadores. La recolección de la fruta es manual, se realiza con tijeras para cortar el pedúnculo o con un movimiento de este hacia arriba, para desprender el fruto con facilidad. En la figura 4 se presenta la cosecha de la fruta.



Figura 4. Cosecha de uvilla

El color del capuchón es un indicador de fácil uso porque ayuda a predecir la madurez de los frutos, el cambio de color del capuchón de verde a amarillo indica el comienzo de su maduración, el punto de cosecha tiene como indicativo un color más cercano al amarillo que al verde (García, 2003).

En la tabla 4 se presentan las recomendaciones adecuadas para cosechar la uvilla.

Tabla 4. Recomendaciones para la cosecha de uvilla

Hora de cosecha	En la mañana para evitar el deterioro del fruto, para que la luz solar no deshidrate al fruto.
Parámetros de calidad	Color, tamaño, sanidad e integridad del fruto al ser recolectado.
Cosecha	Utilizar tijeras o utensilios desinfectados para evitar daños de la planta, el cáliz y el fruto. Verificando que el fruto este maduro de acuerdo al color del capuchón y el fruto.
Almacenamiento	Colocar en recipientes o gavetas limpias con capacidad máxima de 10 kg evitando el maltrato del fruto.
Condiciones climáticas del fruto	Evitar la exposición prolongada de la fruta al sol o la lluvia.

(Narváez, 2003).

El transporte en general lo realiza la misma persona que cosecha, dentro de gavetas o recipientes adecuados con ventilación. Lo importante es no colocar demasiada fruta en los recipientes con el fin de evitar el maltrato de la fruta.

Galvis (1995) determina que en cultivos modernos bien tecnificados la fruta es sometida a un enfriamiento al momento de su transporte con el fin de disminuir la temperatura de campo y alargar la vida útil de la fruta al momento de su recolección.

2.8. PRODUCCIÓN DE UVILLA

2.8.1. PRODUCCIÓN DE UVILLA EN ECUADOR

Un estudio realizado en el 2011 sobre el cultivo de uvilla en Ecuador por la subsecretaría de Comercialización y el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP) reporta que existe alrededor de 200 hectáreas sembradas de este fruto, en donde 100 hectáreas es decir un 50% se encuentra localizado en la provincia de Pichincha, el resto en Imbabura con 60 hectáreas, Carchi con 20 hectáreas, Cotopaxi con 15 hectáreas y Tungurahua con 5 hectáreas. Se produce alrededor de 2 toneladas de uvilla por semana, a pesar de que su demanda es mayor, los datos reflejan que en enero y mayo del 2011 se produjeron 10.050 toneladas métricas de uvilla lo que representa un rendimiento promedio de 52 toneladas métricas por hectárea (BCE, 2011).

El Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP) indica que los precios actuales de la uvilla rodean el U\$D 1,10 por kg sin capuchón y U\$D 0,90 a 0,95 con capuchón. (BCE, 2011).

La mayor concentración de plantaciones comerciales a nivel nacional se encuentran en la provincia de Cotopaxi en donde se localiza la mayor plantación de uvillas para el mercado nacional e internacional, además de Tungurahua, Imbabura y Pichincha (SICA, 2007).

La presencia de la uvilla a nivel local es mínima, en los mercados al aire libre se comercializa a precios que oscilan entre U\$D 2,00 y 2,50 cada kg, por lo

general a granel, mientras que en los supermercados se comercializa a U\$D 1,34 la tarrina de 450 g (PROEXANT, 2006).

2.9. COMERCIALIZACIÓN Y MERCADO DE LA UVILLA



Figura 5. Comercialización de la uvilla en el mercado

La fruta debe ser comercializada hasta 12 horas después de la cosecha, de lo contrario la temperatura a almacenarse será de 4° C y 90 % de humedad relativa, en estas condiciones puede ser comercializada la uvilla sin causar daños a la salud en los dos días siguientes (Narváez, 2003).

Se comercializa el fruto con y sin capuchón en bolsas plásticas, bandejas o cestos plásticos. Para comercializarla en el exterior se la empaca clasificada, uniforme en color, tamaño y con cáliz para aumentar su conservación. Como se observa en la Figura 5 (Fisher, 2000).

Los frutos no deben presentar hongos, lesiones, magulladuras, ni ataque de insectos. Los frutos se empacan de 20 a 22 en cestas de plástico alrededor de 125 gramos o en recipientes plásticos perforados de 200 a 500 gramos en condiciones de inocuidad, desinfectado los recipientes, canastas o empaque en general que se haya destinado para el fruto, previniendo la contaminación cruzada, en todo momento como se observa en la Figura 6 (Fisher, 2000).



Figura 6. Proceso de empaque de uvilla

2.9.1. MERCADO DE UVILLA EN ECUADOR

2.9.1.1. Mercado Nacional

Recién desde los años 80 la uvilla empieza a tener un valor económico como cultivo en Ecuador, por sus características de buen aroma, sabor dulce y bondades medicinales. Este producto se expende muy bien en dos cadenas de supermercados Supermaxi y Mi Comisariato, en donde la fruta es altamente demandada, llegando en ciertas etapas del año a escasear

inclusive (meses de enero a mayo, generalmente), El precio por kilogramo es variable de acuerdo a la disponibilidad de fruta, y los meses de comercialización del producto, va desde U\$D 1,4 hasta 2,8 (SICA, 2007).

2.9.1.2. Mercado internacional

El Banco Central del Ecuador reporta exportaciones de uvilla desde el año de 1990. Ecuador ha realizado exportaciones de uvilla, básicamente, a los países de la Unión Europea. De todos estos países, los principales mercados son los de Alemania y Holanda (Brito, 2002).

Según Medina (2008), el 80% de producción se exporta a mercados europeos como: Francia, Italia, Holanda, Bélgica e Inglaterra, el más grande consumidor de uvilla es Alemania donde la fruta ha perdido la condición de exótica por la alta aceptación que el mercado ha creado alrededor de esta y sus ventajas nutricionales.

De acuerdo con la información del Banco Central del Ecuador, la exportación de uvilla se comporta de una manera bastante irregular. Tuvo su pico de exportaciones en 1999 debido a los envíos hacia Alemania, Suiza y Holanda. A partir del 2000 se redujo considerablemente a 29,25 toneladas. Esto es una muestra de la falta de competitividad del producto ecuatoriano, que perdió mercado frente al producto colombiano, de Zimbabwe y de Tailandia. La uvilla ecuatoriana ya estaba posicionada en el mercado alemán y no se logró consolidar esa posición (PROEXANT, 2007).

En la tabla 5 se presentan los datos de exportación de uvilla, desde el año 2000 hasta noviembre del 2011.

Tabla 5.Exportaciones de uvilla en Ecuador

Año	Toneladas	U\$D (miles de dólares)
2000	29,25	40,60
2001	15,42	16,77
2002	2,58	3,79
2003	1,55	0,95
2004	0,48	0,45
2005	45,63	36,53
2006	10,95	24,20
2007	6,90	33,35
2008	21,86	54,58
2009	20,57	77,76
2010	91,15	334,44
2011	48,29	171,51

(BCE, 2011).

En la Figura 7 se puede observar los principales destinos que ha tenido la uvilla (BCE, 2011).

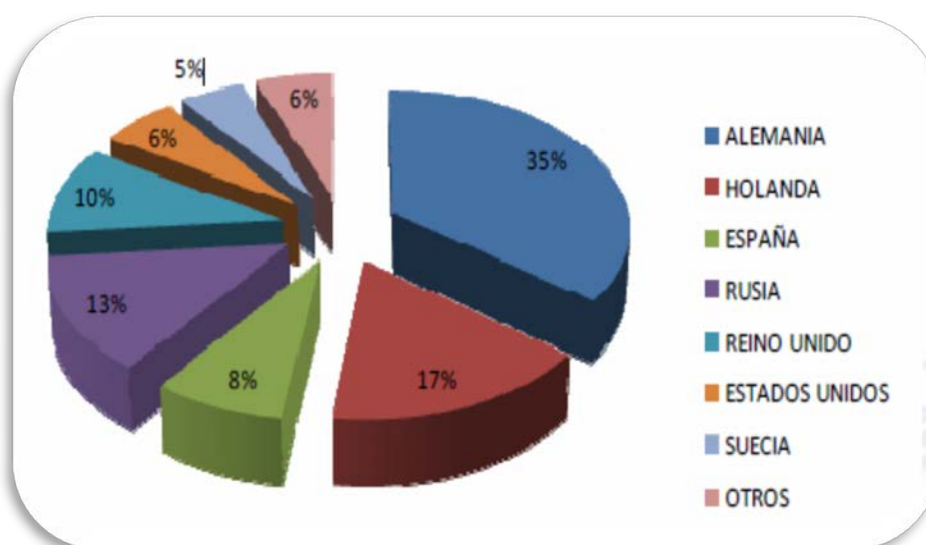


Figura 7. Destinos de la uvilla ecuatoriana

(BCE, 2011).

2.10. MANEJO POSCOSECHA DE UVILLA

La poscosecha de la uvilla se da desde la recolección del fruto hasta la recepción del consumidor final en donde se debe tomar en cuenta varios parámetros de control y características como: comportamiento fisiológico y deterioro del fruto (Narváez, 2003).

Comportamiento fisiológico.- es un fruto climatérico, importante aspecto para la determinación del punto de la cosecha, así como tiene implicaciones en el manejo de la poscosecha (Villamizar, Ramírez & Meneses, 1993).

Deterioro del producto.- los problemas más importantes que se presentan en la cosecha y poscosecha son: rajaduras, hongos en el cáliz, hongos en el fruto, ablandamiento, pudrición y cambios en el sabor (Villamizar, 1993).

2.10.1. OPERACIONES POSCOSECHA

Como se muestra en la Figura 8 la selección de la fruta consiste en separar la fruta apta para la comercialización, se descartan las frutas descompuestas o enfermas. La fruta que no reúne las características adecuadas para el mercado, se elimina o entierra en un lugar alejado del área de selección (Zapata, Saldarriaga, Londoño y Díaz, 2002).



Figura 8. Selección de la fruta

En la clasificación de la fruta, se separan los frutos sanos y limpios en grupos con características similares de tamaño, color, firmeza y apariencia principalmente. Estos parámetros o grados de calidad deben ser fijados de acuerdo con el destino final de la fruta o acordados directamente con el cliente. Si la fruta se requiere con o sin cáliz, la operación siguiente puede ser la deshidratación del cáliz o el lavado, la desinfección y secado para la uvilla sin cáliz (García, 2003; Brito, 2002).

El secado de la fruta se realiza con el fin de reducir con rapidez la humedad del cáliz o capuchón, para evitar las futuras pudriciones. Se ha comprobado que el mejor empaque para la uvilla es su mismo cáliz pero deshidratado, al secarlos a temperatura ambiente es recomendable evitar la acción directa de los rayos solares, no amontonar la fruta para evitar pérdidas por compactación o sobrepeso. En el caso de utilizar sistemas de secado se utiliza una corriente de aire de baja humedad, a una temperatura de 28° C y

con ventilación forzada. El punto ideal de humedad final del cáliz está alrededor del 35 % (García, 2003; Brito, 2002).

La limpieza y desinfección, se realiza solamente para la uvilla sin cáliz. La limpieza es la remoción de los residuos, impurezas y demás suciedades visibles, sin embargo, se requiere un secado posterior para evitar el desarrollo de microorganismos. La desinfección es la eliminación de gérmenes, microorganismos y sustancias químicas residuales (García, 2003), como se observa en la Figura 9.



Figura 9. Limpieza y desinfección de uvilla sin capuchón

El empaque y embalaje, tiene como finalidad, además de permitir la logística de comercialización la de proteger al fruto contra daños mecánicos (compresión, vibración, golpes, etc.), pérdidas de humedad y la

contaminación por microorganismos y roedores. Además, puede proporcionar una atmósfera modificada benéfica (García, 2003).

2.11. TECNOLOGÍA POSCOSECHA

Las pérdidas poscosecha en la mayoría de hortalizas y frutos se dan por mal manejo de técnicas que ayuden a conservar el tiempo de vida útil del producto, se estima que en países desarrollados las pérdidas son alrededor del 5 al 25%, mientras que en países en desarrollo están entre el 20 al 50%. Para reducir este tipo de problemas los productores y agricultores deben entender factores biológicos y ambientales que retrasen la maduración del fruto y mantengan su calidad (Kader, 2007).

Las frutas y hortalizas son organismos vivos que deben mantener sus características organolépticas, fisicoquímicas y microbiológicas durante el almacenamiento.

La tabla 6 muestra los métodos de conservación en frutas y hortalizas con el fin de alargar su vida útil mediante innovación tecnológica.

Tabla 6. Tecnología Poscosecha

Refrigeración	Consigue aminorar drásticamente: la intensidad respiratoria, pérdidas de peso por transpiración, producción de etileno y desarrollo de microorganismos.
Manejo de temperatura	Se elimina el calor del campo por medio de: hidrogenfriado, empaçado con hielo, enfriamiento por vacío o enfriamiento evaporativo.
Control de humedad relativa	Humedad relativa entre el 85-95%
Suplementos de manejo de temperatura	Regulación de la temperatura y humedad relativa con: remoción del exceso de humedad, recubrimientos comestibles, fungicidas, compuestos químicos, inhibidores del escaldado, empaçado y atmósferas modificadas.
Envases, empaques y embalajes	Empaques con atmósferas modificadas y uso de absorbentes como: C ₂ H ₄ , CO ₂ , O ₂ , y/o vapor de agua.
Radiación UV-C	Tratamiento ionizante con una longitud de onda de 100 a 400 nm. El cual es utilizado como una alternativa de desinfección y conservación para ciertas frutas y hortalizas.

(Kader, 2007; Casp & Abril, 2003).

2.11.1. TECNOLOGÍA POSCOSECHA EN UVILLA

La Universidad Nacional de Colombia en el año 2000 realizó pruebas a base de atmósferas modificadas con diferentes empaques, con uvilla fresca y subproductos.

Los empaques son los medios más utilizados para alcanzar las atmósferas modificadas, ya que constituyen una barrera para el libre movimiento de los gases. Esta barrera depende del material del empaque y de la velocidad del aire alrededor del producto.

Para reducir pérdidas poscosecha se ha probado el uso de atmósferas modificadas en la uvilla que corresponden a almacenamiento del producto en empaques o cuartos en los que los niveles de dióxido de carbono (CO₂) son más altos que en el aire, mientras que los de oxígeno (O₂) son menores.

En un estudio se evaluaron seis empaques, buscando prolongar la vida útil de la uvilla, estos fueron, el Polietileno Tereftalato (PET), Vinipel, Polietileno (PE), Polipropileno (PP), Polietileno-poliéster y una Poliamida. Los ensayos se llevaron a cabo con uvilla madura y pintona con y sin cáliz, encontrando que la uvilla tanto madura como pintona presenta un comportamiento similar en las canastillas de PET y de Vinipel. Pero la presencia del cáliz si marca diferencias importantes, ya que la uvilla sin cáliz duró el mismo tiempo en los dos tipos de canastillas, alrededor de 14 días, mientras que la uvilla con cáliz alcanzó los 35 días en buen estado.

Según Palou (2009) existen además otros estudios basados en tratamientos antifúngicos como:

- **Hot Water Brushing (HRB):** Se requiere el uso de equipos, la fruta pasa de 10 a 30 segundos sobre cepillos en rotación y reciben una ducha de agua caliente con una temperatura entre 25 y 35°C.

- **Tratamientos Químicos:** Tienen efectos residuales sobre el medio ambiente y muchas veces pueden resultar tóxicos y no garantizan la inocuidad del alimento.

No se han encontrado trabajos publicados sobre el uso de radiación UV-C como tecnología poscosecha en uvilla.

2.12. RADIACIÓN UV-C

La radiación ultravioleta es no ionizante con una longitud de onda de 100 a 400 nm, se clasifica en tres tipos de luz como se observa en la Figura 10, UV-A (315 A 400 nm), UV-B (280 a 315 nm) y UV-C (200 a 280 nm). Según Allende & Artés (2005) la mayor intensidad de onda para la radiación UV-C está entre los 254 nm presentando mayor acción germicida.

La radiación UV-C es una alternativa para la esterilización porque reduce el crecimiento de microorganismos en las frutas y hortalizas (Stevens, Khan, Lu, Wilson, Pusey & Igwbe, 1997). La muerte de microorganismos depende de la variedad de patógenos, dosis aplicadas y tiempo de exposición. Un estudio en melón mínimamente procesado demuestra que esta radiación fue efectiva reduciendo las poblaciones de levaduras, hongos, aerobios mesófilos totales y bacterias lácticas en las diferentes dosis aplicadas, similar que en este estudio. Este comportamiento pasa por una respuesta del tejido ante el estrés por radiación y la minimización de las diferencias entre recuentos microbianos de frutos controles e irradiados durante el almacenamiento (Lamikanra, Kueneman, Ukuku & Bett, 2005).

Por las ventajas que aporta este tipo de luz UV-C se la ha considerado como un tratamiento alternativo para la desinfección en algunas frutas y hortalizas (Maharaj, Arul & Nadeau, 1999; González, Ayala, Rivera, Zavaleta, Villegas & Tejedor, 2005).

Dosis similares tienen efectos diferentes en el crecimiento de una misma especie microbiana. La mayoría de estudios reportan que la composición química y ordenamiento estructural propia del alimento juega un papel importante en el daño causado por la radiación UV-C en el ADN de los microorganismos (Shama & Alderson, 2005).

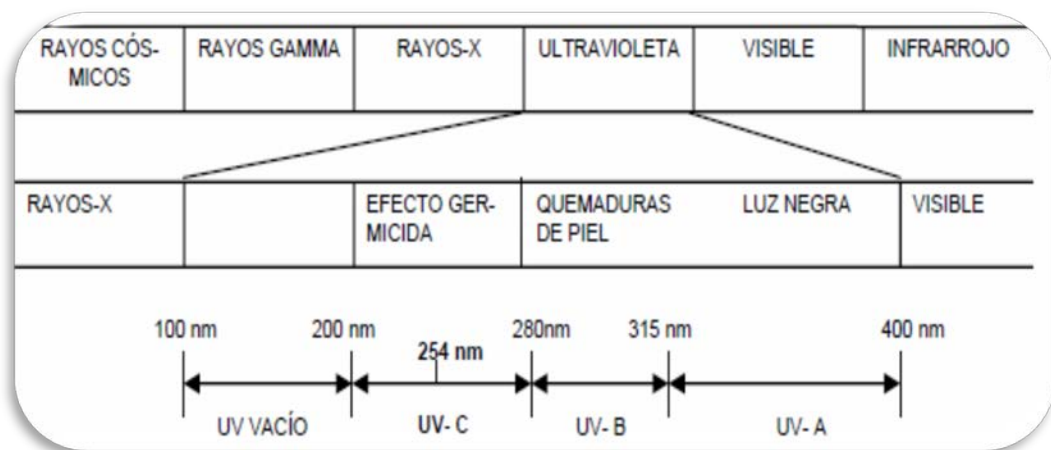


Figura 10. Espectro Electromagnético

(Snowball y Hornsey, 1988).

Según Calabrese & Baldwin (2002), hormesis es “una respuesta adaptativa con características diferenciables por la relación dosis-respuesta que es producida por un proceso de acción directa o de sobre-estimulación de dosis bajas”.

Se ha determinado que a mayor tiempo de exposición de luz UV-C en las frutas pueden oxidar compuestos bioactivos como: vitamina C, carotenos y compuestos fenólicos (González, Villegas, Cuamea y Ayala, 2006).

Según Cisneros & Cevallos, (2003) la exposición baja de radiación UV-C ayuda a que los tejidos sufran menor estrés, aumentando las propiedades nutraceuticas del fruto, además de que ayuda a retrasar procesos de maduración y senescencia, reduce pérdidas poscosecha, daño por frío, pérdida de firmeza y daños mecánicos en el sector hortícola (Luckey, 1991).

2.12.1. RADIACIÓN UV-C COMO TRATAMIENTO POSCOSECHA

La radiación UV-C es conocida como una tecnología poscosecha emergente la misma que destruye a microorganismos, puede afectar estructuras, material genético que impide la propagación y viabilidad de sus células, generalmente afecta el crecimiento de bacterias como esporas y virus (Rodríguez, 2004).

La principal ventaja de la radiación UV-C es que no produce residuos químicos, subproductos o radiación. Es un proceso seco y frío que necesita de poco mantenimiento, por lo que tiene un costo bajo puesto que su consumo de energía es mínimo. Por lo que existe un gran interés por utilizar la radiación UV-C para la desinfección en general de los alimentos (Dunn, Bushnell, Ott & Clark, 1997).

2.12.2. APLICACIÓN DE LA RADIACIÓN UV-C EN POSCOSECHA

En la década de los 80 investigadores estadounidenses estudiaron el efecto de la luz ultravioleta en frutas encontrando que la radiación UV-C causó reducción de la contaminación y la inducción de resistencia en los tejidos vegetales. La acción fungicida fue comprobada en dosis bajas de luz UV-C sobre suspensiones de conidias, disminución de la contaminación epífita en manzanas causadas por la pudrición de *Penicillium* (Fonseca, 2006).

La aplicación de la radiación UV-C ha sido muy importante, estudios realizados aseguran que es una alternativa reciente para la preservación no solo de frutas sino también de algunas hortalizas como lechuga (Allende, 2005) y chicha de maíz (Yaun, Sumner, Eifert y Marcy, 2004).

Según Baka, Mercier, Corcuff, Castaigne & Arul, (1999) en un estudio de fresa se pudo controlar la pudrición causada por *Botrytis cinerea* a dosis bajas y temperaturas de almacenamiento óptimas que aumentó el tiempo de vida útil en percha en 5 días. La exposición del tratamiento UV-C por las dosis hórmicas retrasó el proceso de maduración y senescencia de fresas, reduciendo la pérdida de firmeza en los frutos, un indicador importante para determinar la maduración avanzada de la fruta.

En durazno el tratamiento con UV-C controló la pudrición por *Monilinia fructicola*, en mandarina por *Penicillium digitatum* y en tomate por *Rhizopus stolonifer* durante el almacenamiento (Stevens, 1997).

Además se reportaron cambios en la maduración y color externo en tomates; al igual en manzanas se retrasó el proceso de senescencia del fruto y su posterior deterioro (Lui, Stevens, Khan & Kabwe, 1993).

El tratamiento UV-C de 4, 7, 10 y 14 kJ/ m² en racimos de brócoli almacenados a 20°C retrasó la degradación de la clorofila, redujo la tasa de respiración y aumentó la capacidad antioxidante (Costa, Vicente, Civello, Chaves & Martínez, 2006).

González, Wang & Buta, (2004) determinaron un aumento en la síntesis de etileno y poliaminas en duraznos que se relacionaron con un menor deterioro, síntomas de daño durante el almacenamiento a 5° C. Además en mango fresco cortado e irradiado con UV-C se reportó un incremento en la actividad antioxidante, contenido de fenoles y flavonoides totales.

Cisneros (2003) sugiere el uso de radiación UV-C como una solución para incrementar la síntesis de compuestos fotoquímicos con actividad nutracéutica. Algunos estudios reportan que la radiación UV-C puede alterar la composición nutricional en algunas hortalizas y frutas, revelando su uso potencial en alimentos funcionales.

Un estudio patentado demuestra que se puede obtener 10 veces más contenido de resveratrol (compuesto asociado con propiedades anticancerígenas) en uvas cuando se exponen a la luz UV-C después de su cosecha (Cantos, Espín & Tomas, 2001).

3. METODOLOGÍA

3.1. MATERIAL VEGETAL

Para el estudio se utilizó uvilla orgánica (*Physalis peruviana* L.) sin capuchón cosechada del cantón Cotacachi de la Provincia de Imbabura, Ecuador, en las plantaciones de la empresa Sumak Mikuy de la Unión de Organizaciones Campesinas e Indígenas de Cotacachi (UNORCAC), inmediatamente se trasladó a los laboratorios de la Facultad de Ingeniería de Alimentos de la Universidad Tecnológica Equinoccial, como indica el Anexo I se retiró el capuchón de la frutas, se clasificaron, se lavaron, desinfectaron con una solución de 50 ppm de hipoclorito de sodio y se secaron a temperatura ambiente (Figura 11).



Figura 11. Material Vegetal

3.2. TRATAMIENTO CON LUZ UV-C

Las frutas, se dividieron en 3 grupos como indica el Anexo I:

- Muestras Control (no irradiadas)
- Muestras Irradiadas: Dosis de 8 kJ/m²
- Muestras Irradiadas: Dosis de 12 kJ/m²

Para la radiación se utilizaron 4 lámparas UV-C (TUV G30T8, 30W, Philips) a una distancia de 30 cm como se observa en la Figura 12, la intensidad de radiación fue medida con un radiómetro digital UV (UVX RADIOMETER UVP) como indica la Figura 13.



Figura 12. Lámparas UV-C



Figura 13. Medición de intensidad de radiación

Un peso aproximado de 120 gramos de las frutas fue almacenado en bandejas plásticas tipo “clamshells” (Termopack, material PVC y Poliestireno) con dimensiones de 11.5 cm x 11.5 cm x 5 cm con broche y perforaciones en los bordes, en refrigeración a 6 °C y 90% de humedad relativa como se observa en la Figura 14.



Figura 14. Bandejas plásticas tipo “Clamshells”

3.3. ANÁLISIS DE PARÁMETROS DE CONTROL DE CALIDAD

A los 0, 7, 14, 21 y 28 días de almacenamiento ocho bandejas de cada tratamiento se retiraron, para analizar pérdida de peso, índice de daño, color, firmeza, pH, sólidos solubles totales (° Brix), acidez titulable total (% Ácido Cítrico), índice de madurez, porcentaje de decaimiento, recuento total de aerobios mesófilos, mohos y levaduras.

3.3.1. PÉRDIDA DE PESO

Se registró el peso de las bandejas con los frutos de la uvilla al inicio del almacenamiento y después de 7, 14, 21 y 28 días. Los resultados fueron expresados como porcentaje de la pérdida de masa final con relación a la inicial como muestra la ecuación 1:

$$\% \text{ Pérdida de peso} = \frac{P_i - P_f}{P_i} * 100 \% \quad [1]$$

3.3.2. ÍNDICE DE DAÑO

El índice de daño se evaluó en 0, 7, 14, 21 y 28 días de almacenamiento, tomando en cuenta síntomas de daño como: decaimiento, picaduras, manchas en la superficie y apariencia usando las siguientes ecuaciones y una escala numérica de 1 a 4:

- 1= sin daño
- 2= daño ligero.
- 3= daño moderado.
- 4= daño severo.

Para calcular cada síntoma de daño se usó la siguiente ecuación:

$$\text{Síntomas de daño} = \frac{(\text{valor de escala numérica}) * (\text{número de bandejas con síntoma})}{\text{número de bandejas totales analizadas}} \quad [2]$$

El índice de daño (ID) se calculó como la sumatoria de todos los síntomas de daño dividido para el número total de síntomas de daño según la ecuación 3.

$$\text{ID} = \frac{\sum (\text{Síntomas de daño})}{(\text{numero total de sintomas de daño})} \quad [3]$$

El decaimiento se analizó el desarrollo fúngico en la fruta de cada bandeja como se observa en la Figura 15.

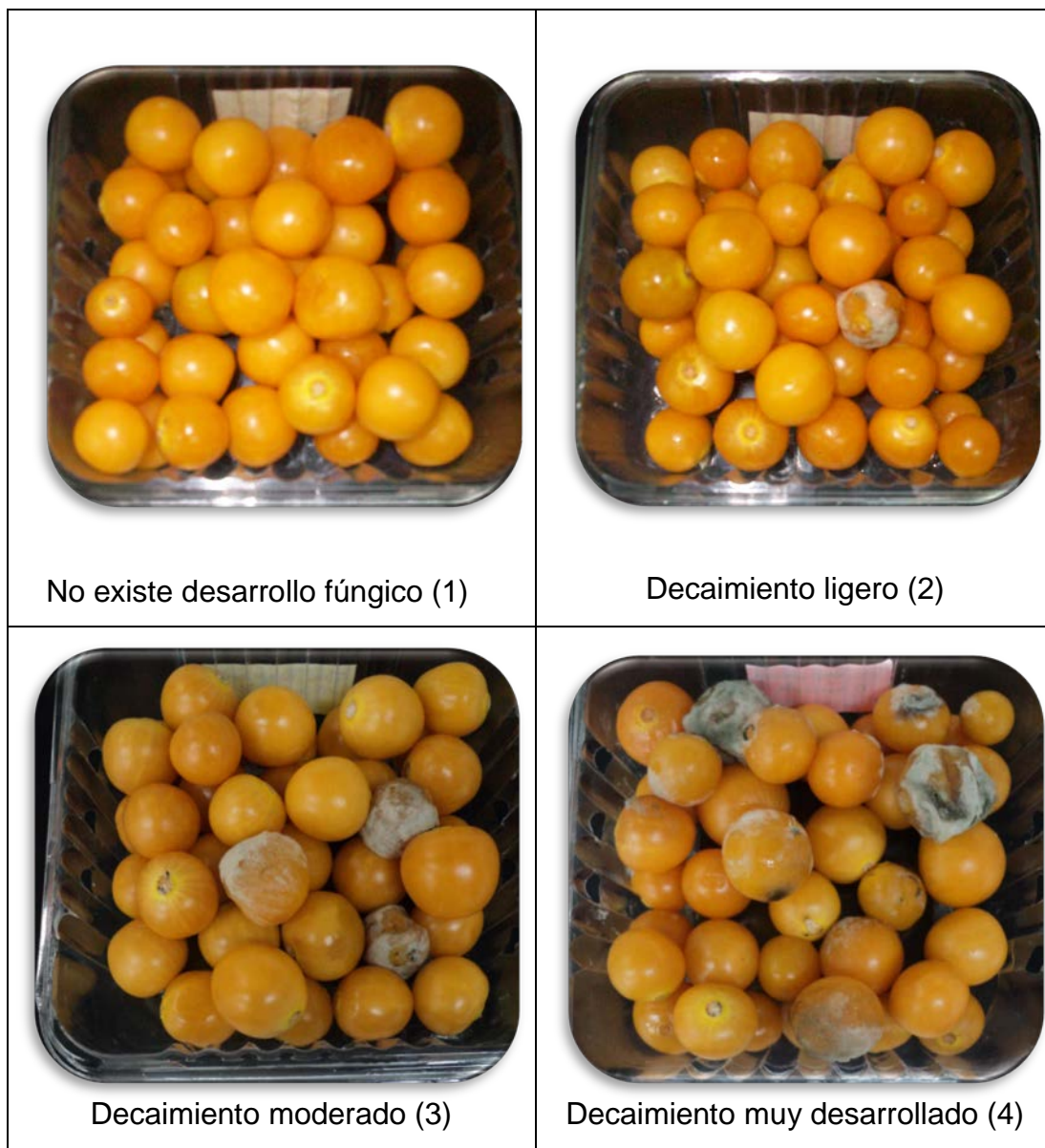


Figura 15. Decaimiento de uvilla durante el almacenamiento a 6° C.

Para evaluar las picaduras se determinó la presencia de pequeños orificios profundos de la fruta que se analizaron mediante la siguiente escala numérica:

- 1= 0% no existen picaduras.
- 2= 0-10% de la superficie con picaduras.
- 3= 10-20% de la superficie con picaduras.
- 4= 20% de la superficie con picaduras.

Las manchas de la fruta se analizaron en la superficie de la misma mediante la siguiente escala numérica:

- 1= 0% no hay manchas.
- 2= 0-10% poca cantidad de manchas.
- 3= 10-20% cantidad de manchas moderada.
- 4= > 20% alta cantidad de manchas.

La apariencia de la fruta se evaluó mediante la escala numérica:

- 1= muy bueno.
- 2= bueno.
- 3= regular.
- 4= mala.

3.3.3. PORCENTAJE DE DECAIMIENTO

Cada dos días se procedió a contar las frutas que presentaron decaimiento en cada bandeja y se calculó el porcentaje de daño o decaimiento, como se observa en la ecuación 4.

$$\% \text{ Decaimiento} = \frac{\text{número de frutas con decaimiento}}{\text{número de frutas de cada bandeja}} \times 100\% \quad [4]$$

3.3.4. FIRMEZA

La firmeza se midió con un penetrómetro (Tr. Italy Penetrometer), usando una punta de 5 mm de diámetro. Se tomó una muestra de 20 frutas de cada bandeja de tratamiento.

3.3.5. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS

3.3.5.1. Preparación de la muestra

Se seleccionó al azar 8 bandejas de cada tratamiento, se obtuvo el jugo de la uvilla utilizando una licuadora Oster y se filtró hasta obtener un volumen aproximado de 20 ml de jugo de cada muestra, en el jugo obtenido se midió pH, sólidos solubles totales y acidez total titulable (% Ácido cítrico), como indica el Anexo II.

3.3.5.2. Medición de pH

El pH de las muestras se midió con un potenciómetro Mettler Toledo Delta 320, por inmersión del electrodo en el filtrado de la muestra, se analizaron cuatro muestras por cada tratamiento y tiempo de almacenamiento.

3.3.5.3. Sólidos solubles totales

Se realizó la medición de sólidos solubles totales (°Brix) por duplicado colocando dos gotas de jugo en el prisma de un refractómetro marca B&C (0-32% ° Brix).

3.3.5.4. Acidez Total Titulable (% Ácido Cítrico)

Se tomaron 2 ml del jugo y se añadió 50 ml de agua destilada y fenolftaleína (0,1%) como indicador, se tituló con una solución de NaOH 0,1N.

3.3.5.5. Índice de madurez

Este parámetro de control se obtuvo mediante la relación de los sólidos solubles y de la acidez total titulable.

3.3.6. COLOR

Con un colorímetro de superficie, Color Analyzer Probe marca Lutron, modelo RGB-1002 se midió el color de 20 frutas de cada tratamiento, utilizando la escala H, S, L según (Ding & Kheng, 2010).

3.3.7. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Se realizó el recuento de aerobios mesófilos totales, mohos y levaduras en placas 3M™ Petrifilm™.

3.3.7.1. Preparación de la muestra e inoculación

Se homogenizaron las muestras. Se colocó 10 ml de cada muestra en 90 ml de agua destilada estéril correspondiente a la dilución 10^{-1} , a partir de ésta se realizaron dos diluciones sucesivas 10^{-2} y 10^{-3} . De cada dilución se tomó como alícuota 1 ml de muestra y se inocularon en placas para recuento de mohos y levaduras, y placas para recuento de aerobios 3M™ Petrifilm™.

3.3.7.2. Interpretación de resultados

Para el recuento de aerobios mesófilos totales las placas se incubaron durante 48 ± 3 horas a $35^\circ \text{C} \pm 1^\circ \text{C}$, según el método oficial 990.12 (AOAC, 2005).

Para la interpretación de recuento de aerobios mesófilos totales se utilizó la Guía de interpretación (Petrifilm, 2004), donde explica que se identifican por colonias rojas sin importar su tamaño o la intensidad de tono rojo como se indica en el Anexo III.

En la interpretación Petrifilm (2004) para el recuento de mohos y levaduras sugiere incubar las placas por 5 días entre 21 y 25°C según AOAC (2005) Método Oficial 997.02 en alimentos.

La Guía de interpretación 3M Petrifilm, muestra la diferencia entre las colonias de mohos y levaduras. Como indica el Anexo III

Mohos: se reconocen por ser colonias grandes, colores variables, centro oscuro y forma difusa, apariencia plana.

Levaduras: típicamente de color azul verdoso uniforme, colonias pequeñas, de bordes definidos, aparecen abultadas.

3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se usó un diseño completamente al azar con un solo factor para determinar la influencia de los tratamientos y el tiempo de almacenamiento sobre las variables de respuesta: pérdida de peso, color, firmeza, pH, sólidos solubles totales, acidez total titulable y porcentaje de decaimiento.

Los resultados obtenidos se procesaron mediante un Análisis de la varianza (ANOVA) y las medidas se compararon a través de la prueba de diferencia de mínima significancia DMS utilizando el software Statgraphics Centurión versión XVI.

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. INFLUENCIA DE TRATAMIENTO UV-C SOBRE LA PÉRDIDA DE PESO

Durante 28 días de almacenamiento refrigerado, tanto frutos control como tratados presentaron incremento de la pérdida de peso. El porcentaje de pérdida fue menor en las muestras tratadas con 8 y 12 kJ/m² presentando valores 19,9 y 19,1%, respectivamente, comparadas con la pérdida de peso de la muestra control que fue de 21,4%, sin embargo durante el almacenamiento no se evidenciaron diferencias significativas como se muestra en la Figura 16.

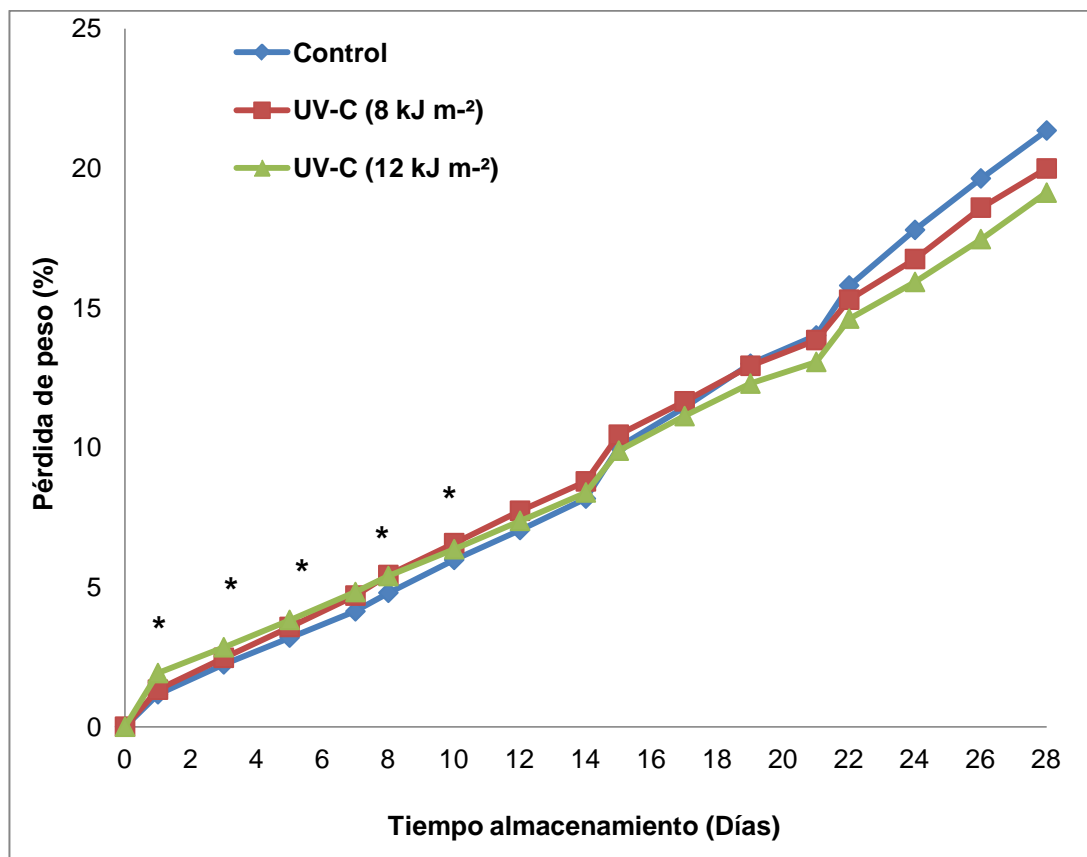


Figura 16. Pérdida de peso de uvilla orgánica durante el almacenamiento

(*) Denotan diferencias estadísticamente significativas $p < 0,05$.

Resultados similares fueron reportados en pimientos (Andrade, 2008), carambola (Andrade, Moreno, Henríquez, Gómez & Concellón, 2010), duraznos (González, 2004) y tunas (Piga, D'Hallewin, Aquino & Agabbio, 1998), en donde las muestras tratadas presentaron menor pérdida de peso que las muestras control.

4.2. INFLUENCIA DEL TRATAMIENTO UV-C SOBRE EL ÍNDICE DE DAÑO

El índice de daño (ID) aumentó con el tiempo de almacenamiento. En el día 7 de almacenamiento refrigerado, el ID para frutos tratados y control presentó valores similares. A partir del día 14, los frutos tratados presentaron menor índice de daño, en comparación con uvilla no irradiada. Al final del almacenamiento (28 días), el índice de daño fue 2.8 (daño moderado) y 2.5 (daño ligero - moderado) para uvilla tratada con 8 y 12 kJ/m², respectivamente, mientras que para las muestras control fue de 3.4 (daño moderado -severo), como se indica en la Figura 17.

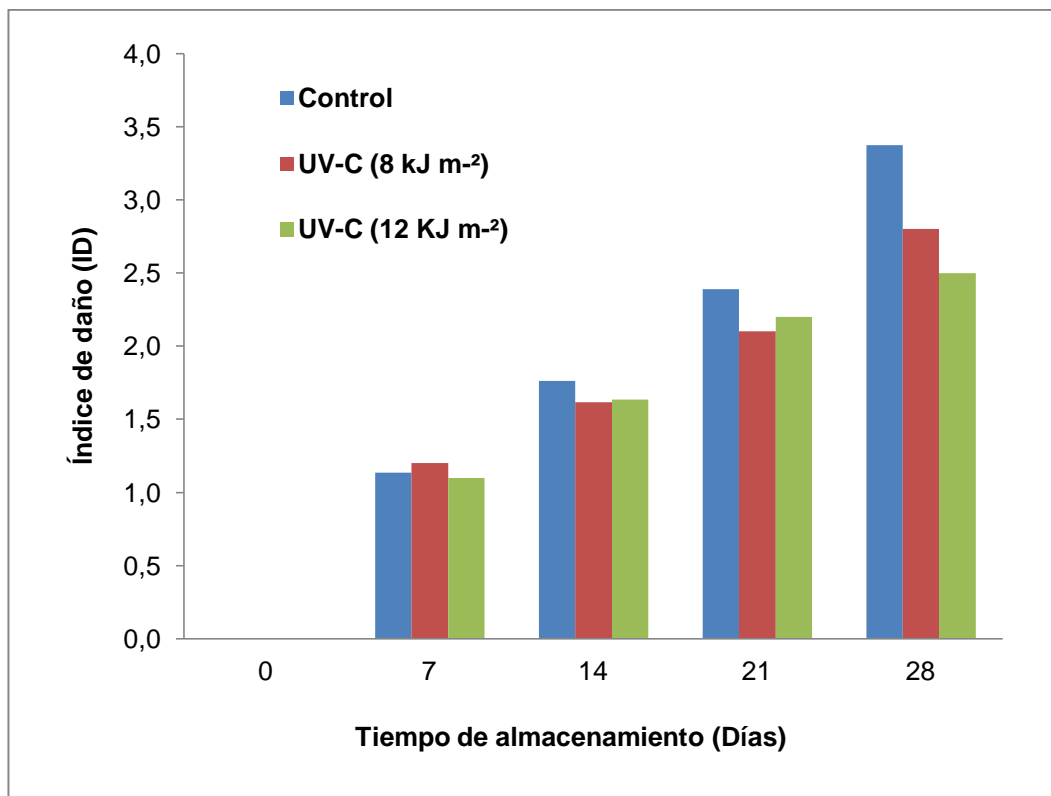


Figura 17. Índice de daño de uvilla orgánica durante el almacenamiento

La Figura 18 muestra los síntomas de daño que presentaron los frutos control y tratados con 8 y 12 kJ/m² durante el almacenamiento, se pudo evidenciar que los frutos irradiados con 8 y 12 kJ/m² conservaron sus características comerciales por 21 días, a diferencia de las muestras control que presentaron daño severo. Se observa que el tratamiento con radiación UV-C incrementó la vida útil de uvilla por 7 días.

En mango (Briceño, Vargas, Camacho de la Rosa, Wachter & Trejo, 2008) y carambola (Andrade, 2010), se reportaron similares resultados, los síntomas de daño disminuyeron en las frutas tratadas con radiación UV-C, manteniendo la calidad comercial por 7 días más respecto a los frutos control.










Tratamientos/ Días	Control	8 kJ/m ²	12 kJ/m ²
14			
21			
28			

Figura 18. Síntomas de daño en muestras control y tratadas a 8 y 12 kJ/m² durante el almacenamiento

4.3. INFLUENCIA DEL TRATAMIENTO UV-C SOBRE EL PORCENTAJE DE DECAIMIENTO

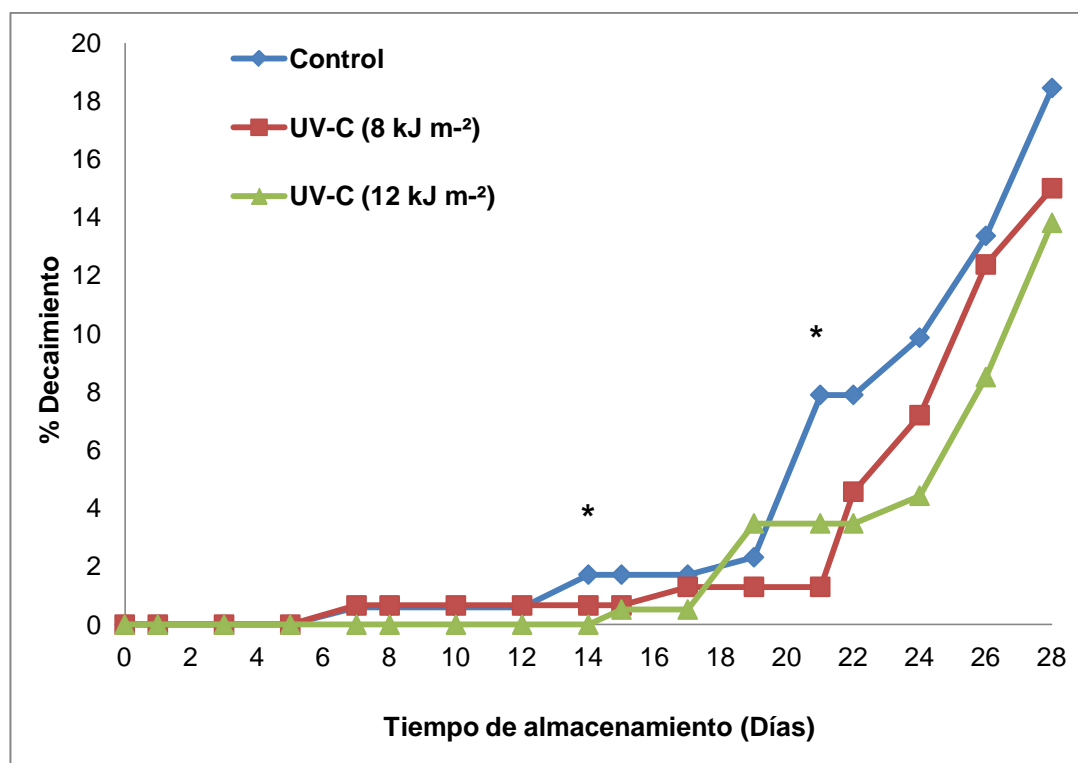


Figura 19. Decaimiento de uvilla orgánica durante el almacenamiento

(*) Denotan diferencias estadísticamente significativas $p < 0,05$

En la figura 19, se observa que a partir del día 7 inició el desarrollo fúngico para las muestras control y tratadas con 8 kJ/m^2 , mientras que para las muestras tratadas a 12 kJ/m^2 , este desarrollo se presenta desde el día 15 de almacenamiento.

Desde el día 21, existió un aumento pronunciado del desarrollo fúngico para la muestra control, un comportamiento similar se presentó a partir de los días 24 y 26 para las muestras tratadas con 8 y 12 kJ/m^2 , respectivamente.

Al final del almacenamiento las uvillas sin tratamiento tuvieron mayor desarrollo fúngico (18.5%), que los frutos tratados con 8 y 12 kJ/m² (15 y 13.8 %, respectivamente).

Resultados similares fueron reportados en carambola mínimamente procesada (Arroyo, 2010) puesto que el crecimiento fúngico para muestras control y tratadas inició en el día 7 de almacenamiento, presentándose un porcentaje mayor al final del almacenamiento en el día 21 como se presenta en este estudio.

4.4. INFLUENCIA DEL TRATAMIENTO UV-C SOBRE LA FIRMEZA

La firmeza de las frutas está relacionada directamente con la integridad de las paredes celulares, Baka (2000) reporta que los tratamientos con radiación UV-C podrían reducir la actividad de las enzimas degradantes de la pared celular retrasando el ablandamiento.

Durante el almacenamiento, la firmeza de los frutos control y tratados con 8 y 12 kJ/m² presentó una ligera disminución entre 10.4 y 7.6 N, como indica la figura 20. Sin embargo no existieron diferencias significativas durante los 28 días.

Resultados similares fueron reportados en tomate (Robles, De Campos, Hernández, Gómez, Calderón, Ferrer y Artés, 2007), donde no se evidenciaron diferencias significativas entre los tratamientos con UV-C y las muestras control durante el almacenamiento.

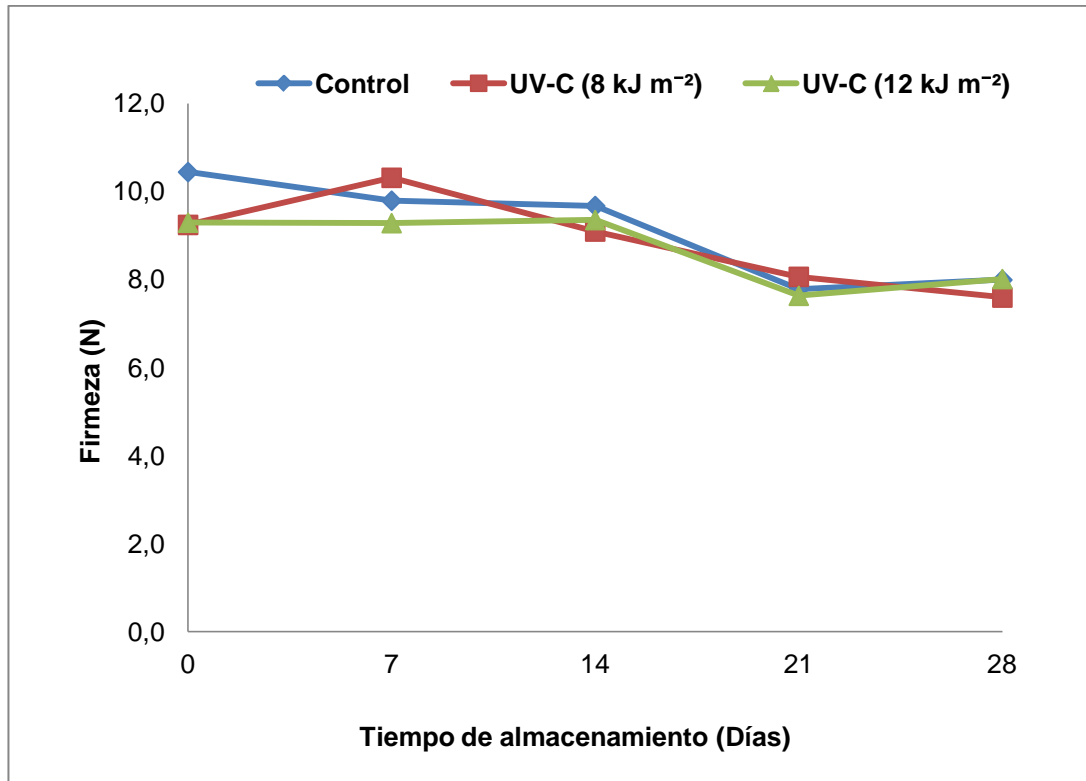


Figura 20. Variación de la firmeza de uvilla orgánica durante el almacenamiento a 6° C.

4.5. INFLUENCIA DEL TRATAMIENTO UV-C SOBRE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Las características químicas: pH y acidez titulable total tanto de los frutos tratados como de los frutos control no presentaron variación durante el período de almacenamiento, tampoco se evidenció diferencia significativa entre las muestras, como se observa en la Tabla 7.

Tabla 7. Variación de parámetros químicos en pH, sólidos solubles y acidez total titulable durante el almacenamiento a 6° C.^{1,2}

Tiempo (Días)	Muestras	pH	LSD	Sólidos Solubles Totales (Brix)	LSD	Acidez (% Ácido cítrico)	LSD
0	Control	3,7		13,9		2,1	
	8 kJ/m ²	3,7	0,01	13,9	0,54	2,1	0,07
	12 kJ/m ²	3,7		14,1		2,1	
7	Control	3,7		15,2		2,2	
	8 kJ/m ²	3,7	0,04	14,9	0,23	2,2	0,06
	12 kJ/m ²	3,7		15,1		2,1	
14	Control	3,8		15,2		2,2	
	8 kJ/m ²	3,8	0,06	16,2	0,28	2,1	0,06
	12 kJ/m ²	3,9		16,4		2,1	
21	Control	3,7		16,6		2,3	
	8 kJ/m ²	3,8	0,02	17,1	1,68	2,2	0,01
	12 kJ/m ²	3,7		18,4		2,3	
28	Control	3,8		17,3		2,3	
	8 kJ/m ²	3,8	0,04	18,2	1,24	2,3	0,09
	12 kJ/m ²	3,8		18,6		2,2	

¹ Valor promedio n = 4

² LSD = Diferencia mínima significativa $\alpha = 0,05$

Resultados similares han sido reportados en arándano (Godoy, 2004), mango (Briceño, 2008) y carambola mínimamente procesada (Arroyo, 2010) donde el pH y acidez titulable total no se vieron afectados por el tratamiento UV-C.

Los valores de sólidos solubles totales de muestras tratadas y control, aumentaron durante el almacenamiento como se observa en la Tabla 7. Sin embargo no se evidenciaron diferencias significativas entre los tratamientos.

Similares resultados se reportaron en mortiño (Ávila, Cuspoca, Ligarreto & Quicazán, 2007), tomate de árbol (González, 2010) y mora (Cueva, 2010) puesto que la radiación UV-C no influyó en el contenido de sólidos solubles en las frutas, pero se evidenció un ligero incremento durante el almacenamiento.

El índice de madurez aumentó durante el almacenamiento, independientemente del tratamiento aplicado, como se observa en la figura 21. Estos resultados concuerdan con los encontrados en granada (Elyatem y Kader, 1984), lechuga (Allende, 2005) y uvilla (Lanchero, 2007).

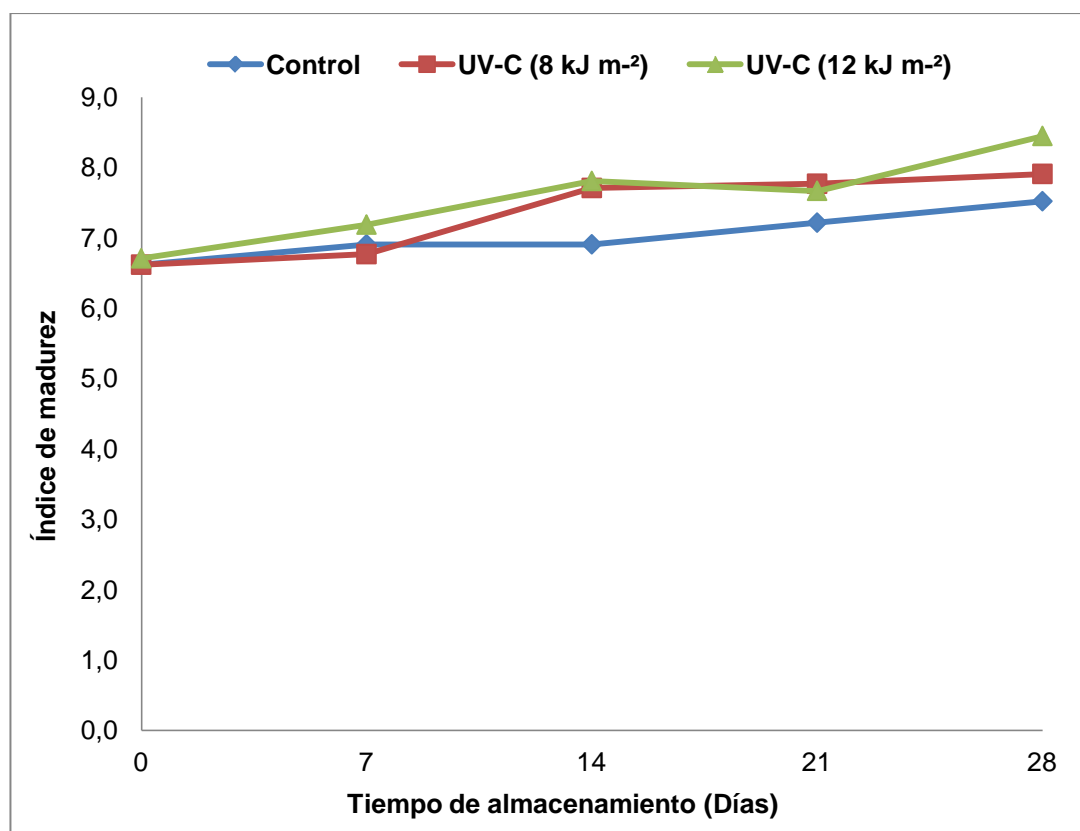


Figura 21. Índice de madurez de uvilla orgánica durante el almacenamiento

En jugo de pitaya (Ochoa, Luna, & Guerrero, sin fecha) y carambola (Andrade, 2010) se reportaron que el contenido de pH y acidez total titulable no fueron afectados de manera significativa por la radiación UV-C, puesto que algunos autores han determinado que la radiación UV-C no tiene efectos sobre las características fisicoquímicas en diferentes jugos de frutas, en carambola de igual manera no se observó variación entre las características químicas tanto en los frutos tratados como control debido a que las dosis de radiación UV-C utilizadas se pueden considerar bajas porque probablemente no afectarían la integridad del tejido.

4.6. INFLUENCIA DEL TRATAMIENTO UV-C SOBRE EL COLOR

Los parámetros de color ángulo de tono (Hue), saturación (S) y luminosidad (L) no presentaron diferencias significativas al comparar muestras control y tratadas, como se indica en las figuras 22, 23 y 24.

Los valores de Hue presentaron una ligera reducción durante el almacenamiento, tanto en muestras control como tratadas.

La saturación aumentó ligeramente para todas las muestras como se evidencia en la figura 23.

La luminosidad se mantuvo constante durante el almacenamiento, figura 24.

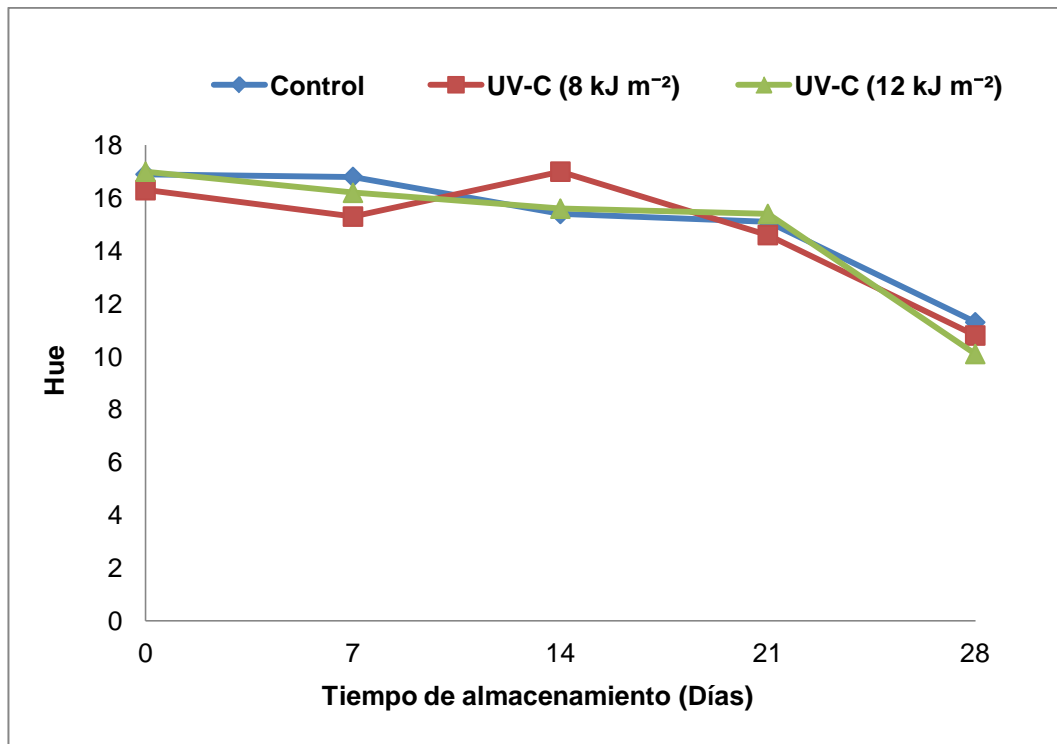


Figura 22. Variación del ángulo de tono Hue de frutos control y tratados durante el tiempo de almacenamiento

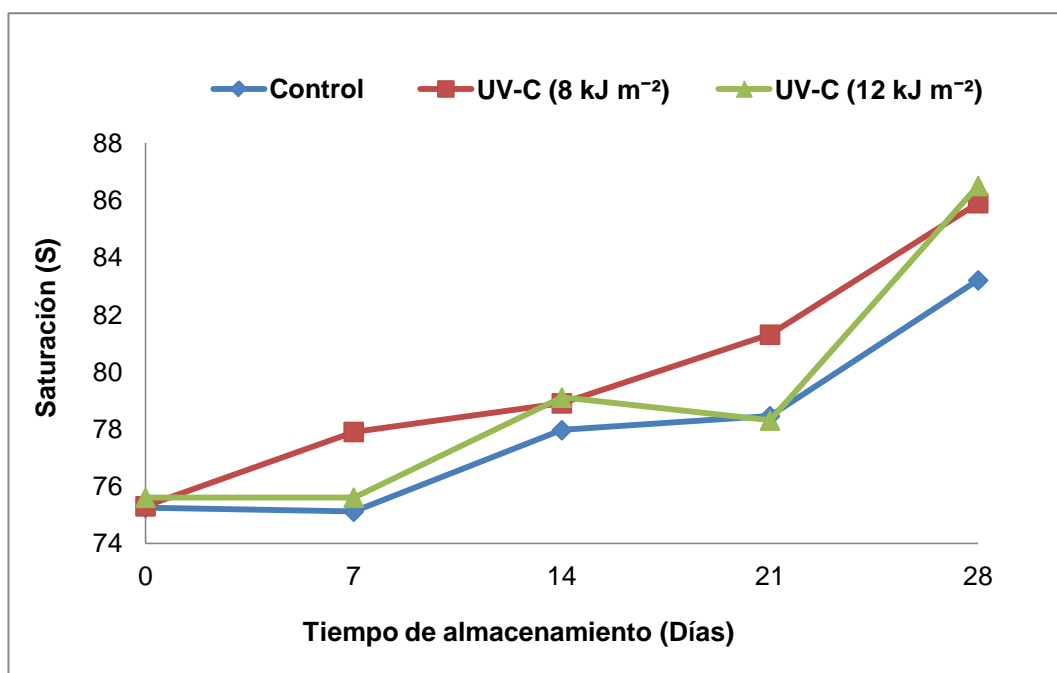


Figura 23. Variación de la saturación de frutos control y tratados durante el tiempo de almacenamiento

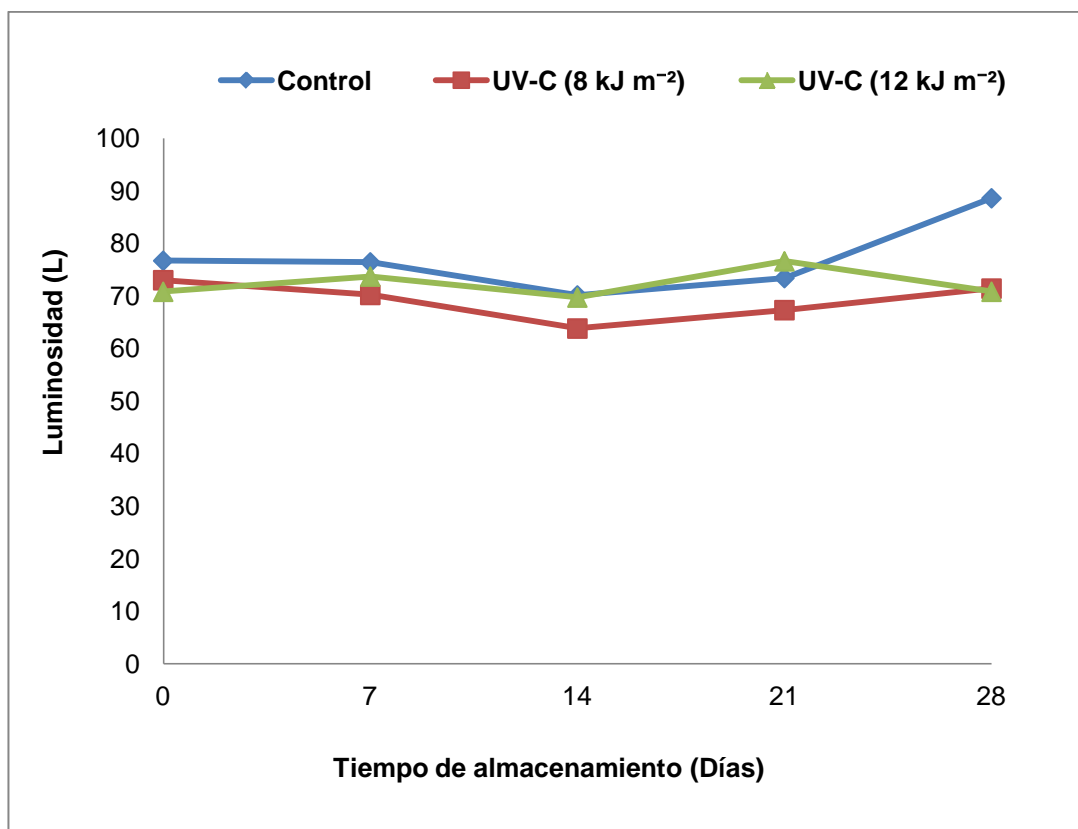


Figura 24. Variación de la luminosidad de frutos control y tratados durante el tiempo de almacenamiento

La radiación UV-C no influyó significativamente sobre el color superficial de la fruta durante el almacenamiento, independientemente del tratamiento aplicado, el ángulo de tono (Hue) presentó una reducción de aproximadamente 17.1° a 10.7° para las muestras control y tratadas con 12 y 8 kJ/m^2 durante el almacenamiento.

Resultados similares se reportaron por Vicente y colaboradores (2005), puesto que no se evidenciaron cambios significativos en el color de pimientos pretratados con luz UV-C a 7 kJ/m^2 , entre 18 a 10°C mientras que para floretes de brócoli pretratados con 10 kJ/m^2 se produjo un descenso en el ángulo de tono (Hue) a los 4 días de almacenamiento a 20°C , además de

que se produjo un ligero aumento en la luminosidad como se presenta en este estudio de uvilla (Costa, 2006).

La saturación presentó una variación entre 75.3 y 85.1% para los frutos control y tratados con 8 y 12 kJ/m² al igual la luminosidad que presentó variaciones entre 76.7 y 88.6%.

4.7. INFLUENCIA DEL TRATAMIENTO UV-C SOBRE LA FLORA NATIVA DE LA UVILLA

Para el cultivo de uvilla orgánica se utiliza como abono compost, humus de lombriz y estiércol fresco de ganado y para combatir las diferentes plagas se usan insecticidas naturales a base de ají, ajo, cebolla, alcohol al contrario de la uvilla no orgánica en la que se añaden pesticidas y productos químicos es por esto que las poblaciones de aerobios mesófilos totales, mohos y levaduras que se reportaron para esta investigación fueron elevadas (Guitarra, 2008).

4.7.1. AEROBIOS MESÓFILOS TOTALES

Al inicio del almacenamiento los frutos control y tratados con 8 kJ/m² mostraron una población de 2.1 UFC/ g, mientras que para los frutos tratados a 12 kJ/m² se presentó una población de 1.8 UFC/ g. En el día 28 se observó que los frutos control y tratados con 12 kJ/m² tuvieron un incremento de 2.3 unidades logarítmicas, mientras que para los frutos tratados con 8 kJ/m² el incremento fue de 1.5 unidades logarítmicas, como muestra la tabla 8.

Tabla 8. Crecimiento de aerobios mesófilos totales en frutos de uvilla control y tratados (8 y 12 kJ/m²) almacenados a 6° C.

		Días de almacenamiento	
		0	28
Tratamientos	Control	2,1	4,3
	UV-C (12 kJ/m ²)	1,8	4,1
	UV-C (8 kJ/m ²)	2,1	3,6

Resultados similares se ven reportados para mora (Cueva, 2010), pimienta (Rodríguez, 2008), lechuga (Allende, 2005) y melón mínimamente procesado (Lamikanra, 2005) en donde la influencia de la radiación UV-C redujo el recuento de aerobios mesófilos totales.

La eficacia de la radiación UV-C no depende de la temperatura de incubación de aerobios mesófilos totales entre 5 y 37° C, pero sí de la incidencia de la radiación sobre el producto según su forma y superficie lo que explicaría la dosis efectiva en este estudio con 8 kJ/m², ya que influyó positivamente para este tipo de fruta (Artés, Gómez, Aguayo, Escalona & Artés-Hernández, 2009).

4.7.2. MOHOS Y LEVADURAS

En la Tabla 9 se observa que los frutos control y tratados presentaron desarrollo de fúngico similar, sin embargo, la presencia fue ligeramente mayor en frutos no irradiados al inicio del almacenamiento, el crecimiento fúngico al final del almacenamiento presentó un comportamiento similar.

Tabla 9. Crecimiento de mohos y levaduras en frutos de uvilla control y tratados (8 y 12 kJ/m²) almacenados a 6° C.

		Días de almacenamiento	
		0	28
Tratamientos	Control	3,9	5,1
	UV-C (12 kJ/m ²)	3,5	4,9
	UV-C (8 kJ/m ²)	3,2	5,0

Esto podría deberse a que un exceso en la dosis de la radiación UV-C puede alterar la permeabilidad de la pared celular aumentando la salida de electrolitos, aminoácidos y carbohidratos, que pueden derivar en un aumento del crecimiento fúngico (Allende, 2005).

Resultados similares se reportaron en mortiño (De la Cruz, 2011), en donde las muestras control y tratadas presentaron el mismo comportamiento, ya que los valores fueron similares durante el almacenamiento.

Civello, Chaves & Martínez, (2006) reportaron que una dosis de 4,8 kJ/m² o superior inhibe la esporulación de mohos en duraznos al igual que en melón mínimamente procesado (Lamikanra, 2005).

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- La aplicación de dosis de radiación UV-C de 12 kJ/m² incrementó en 7 días el tiempo de vida útil de uvilla orgánica sin capuchón, produjo menor pérdida de peso, índice de daño, porcentaje de decaimiento y redujo crecimiento de microorganismos aerobios mesófilos totales, presentándose como la dosis efectiva para este estudio de investigación.
- La radiación UV-C en combinación con la refrigeración retrasó la aparición de síntomas de daño. La uvilla no irradiada alcanzó un índice de daño de 3.4 (daño moderado -severo), perdiendo sus características comerciales, mientras que para la uvilla tratada a 8 y 12 kJ/m², el índice de daño fue de 2,8 (daño moderado) y 2,5 (daño ligero - moderado) respectivamente, manteniendo su calidad comercial por 21 días en almacenamiento refrigerado.
- La pérdida de peso durante el almacenamiento se incrementó para frutos control y tratados, sin embargo, las frutas irradiadas con 8 y 12 kJ/m² presentaron menores valores para este parámetro de calidad.
- El porcentaje de decaimiento para muestras control fue mayor, debido a que se evidenció un desarrollo fúngico de 18.5%, mientras que para los frutos tratados a 8 y 12 kJ/m² fue de 15 y 13.8%, respectivamente, considerando a la radiación UV-C como una alternativa para controlar el crecimiento de microorganismos en este fruto.

- Los parámetros fisicoquímicos no fueron afectados por la aplicación de radiación UV-C, ya que no se evidenciaron diferencias significativas para el pH, sólidos solubles, acidez total titulable e índice de madurez, para las muestras tratadas y control durante el almacenamiento refrigerado.
- La aplicación de la dosis de 8 kJ/m² en uvilla permitió reducir el desarrollo de microorganismos aerobios mesófilos, mientras que en mohos y levaduras el comportamiento fue similar para las muestras control y tratadas con 8 y 12 kJ/m². Esta diferencia estaría relacionada a que un exceso de radiación UV-C alteraría la permeabilidad de la pared celular de los microorganismos aumentando la salida de electrolitos, aminoácidos y carbohidratos lo que se puede derivar en un aumento del crecimiento microbiano.

5.2. RECOMENDACIONES

- Aplicar el tratamiento de radiación UV-C en uvilla no orgánica para conocer su efecto sobre el tiempo de vida útil, características físico-químicas, microbiológicas y organolépticas y comparar los resultados con los reportados en este estudio.
- Combinar el uso de la radiación UV-C con diferentes tecnologías de conservación poscosecha como tratamientos térmicos, químicos o atmósferas modificadas para conocer su efecto sobre el tiempo de vida útil.
- Realizar estudios bioquímicos en uvilla orgánica que incluyan la cuantificación de la actividad antioxidante enzimática con el fin de conocer el mecanismo de respuesta del fruto frente a la radiación UV-C y sus propiedades nutricionales.

BIBLIOGRAFÍA

- Andrade, M. J., Moreno, C., Henríquez, A., Gómez, A., & Concellón, A. (2010). Influencia de la radiación UV-C como tratamiento postcosecha sobre Carambola (*Averroa carambola* L.) mínimamente procesada almacenada en refrigeración. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 11 (Asociación Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, S.C. México), 18-27.
- Andrade, M. J. (2008). Relación entre la capacidad antioxidante y el desarrollo del daño por frío en pimientos. Efecto de la radiación UV-C. Universidad Nacional de la Plata – Argentina.
- Almanza, P., & Espinosa, C. (1995). Desarrollo morfológico y análisis físico-químico de frutos de Uchuva (*Physalis peruviana* L.) para identificar el momento óptimo de cosecha. Especialización en frutales de clima frío, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC), Tunja.
- Allende, A., & Artés, F. (2005). UV-C radiation as a novel Technique for keeping quality of fresh processed “Lollo Rosso” lettuce. *Food Research International*, 36 (ELSEVIER).
- AOAC. (2005). Oficial Method of analysis of the association analytical chemists international: 18.

Artés-Hernández, F., Aguayo, E., Gómez, P., & Artés, F. (2009). Innovaciones tecnológicas para preservar la calidad. Productos vegetales mínimamente procesados o de la “cuarta gama”. *Horticultura Internacional*. 69:52-57.

Arroyo, D. (2010). Estudio del uso combinado de la radiación UV-C y empacado al vacío para aumentar la vida poscosecha de carambola (*Averrhoa carambola* L.) mínimamente procesada. Tesis de grado. Facultad de Ciencias de la Ingeniería. Universidad Tecnológica Equinoccial. Quito-Ecuador.

Ávila, H., Cuspoca, J. A., Fisher, G., Ligarreto, G. A., & Quicazán, M. C. (2007). Caracterización fisicoquímica y organoléptica del fruto de Agraz (*Vacinum meridionale* Swatz) almacenado a 1 y 2 °C. *Rev.Fac.Na.Agr. Medellín*, 60, 4181.

Baka, M., Mercier, J., Corcuff, R., Castaigne, F., & Arul, J. (1999). Photochemical Treatment to improve Storability of fresh strawberries. *Journal of Food Science*, 64 (Food Engineering and Physical Properties).

Banco Central del Ecuador. (2011). Fecha de consulta 01/10/2012. [En línea]. <http://www.bce.fin.ec>.

- Briceño, C. I., Vargas, Z., Camacho de la Rosa, N. A., Wachter, C., & Trejo, M. A. (2008). Efecto de los tratamientos por irradiación UV-C sobre la actividad de la Polifenol oxidasa y Peroxidasa en mangos variedad "Ataulfo" almacenados a bajas temperaturas. *X Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos*.
- Brito, D. (2002). Agroexportación de productos no tradicionales. Producción de uvilla para exportación. Quito, Ecuador.
- Cantos, E., Espín, J.C., & Tomas, F.A. (2001). Postharvest induction modeling method using UV irradiation pulses for obtaining resveratrol-enriched table grapes: A new "functional fruit". *Journal. Agric. Food Chem.* 49: 5052-5058.
- Calabrese, E., & Baldwin, L. (2002). Defining hormesis. *Human Exp. Toxicol* 21:91-97.
- Casp, A., & Abril, J. (2003). Procesos de conservación de alimentos. Madrid, España: Mundi-Prensa.
- CIAT, (2006). Estudio de Mercado para tomate de árbol (*Cyphomandra Betacea*), uchuva (*Physalis peruviana* L.) y granadilla (*Pasiflora ligularis*), en Colombia, la Región Andina y Norteamérica, como frutas frescas y procesadas. *Proyecto FTG-14-03 "Desarrollo Tecnológico para el Fortalecimiento del Manejo Poscosecha de Frutales Exóticos Exportables de Interés para los Países Andinos"*. 94-105.

Cisneros., & Cevallos, L. (2003). The use of controlled postharvest abiotic stresses as a tool for enhancing the nutraceutical content and adding value of fresh fruits and vegetables. *Journal of Food Science*. 68:1560-1564.

Civello, P., Chaves, A., & Martínez, G. (2006). UV-C treatment delays postharvest senescence in broccoli florets. *Postharvest Biol. Technol.* 39:204-210.

Congreso Iberoamericano de tecnología poscosecha y agroexportaciones, (2000). 1er. Simposio. Resúmenes de Trabajos Libres. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Agrícola.

Costa, L., Vicente, A. R., Civello, P. M., Chaves, A. R., & Martínez, G. A. (2006). UV-C treatment delays postharvest senescence in brócoli florets. *Postharvest Biology and Technology*. (ELSEVIER).

Cueva, M. B. (2010). Efecto de la radiación UV-C sobre el tiempo de vida útil de mora (*Rubus glaucus Benth.*). Tesis de grado. Facultad de Ciencias de la Ingeniería. Universidad Tecnológica Equinoccial. Quito-Ecuador.

De la Cruz, A. (2011). Uso combinado de la radiación UV-C y almacenamiento refrigerado sobre el tiempo de vida útil de mortiño (*Vaccinium floribundum*). Tesis de grado. Facultad de Ciencias de la Ingeniería. Universidad Tecnológica Equinoccial. Quito-Ecuador.

Diario "El Comercio" (2011). El cultivo de la uvilla crece en el país. Fecha de consulta: 2011/10/03. [En línea]. http://www.elcomercio.com/agromar/cultivo-uvilla-crece-pais_0_534546570.html.

Diario "La Hora". (2011). La uvilla se acomoda en el mercado internacional. Fecha de consulta: 2011/09/12. [En línea]. <http://solonoticias.com/display-item/229597/la-uvilla-se-acomoda-en-el-mercado-internacional>.

Ding, P., & Kheng, Y. (2010). Application of exogenous ethylene on postharvest quality of dabai (*Canarium odontophyllum* Miq.) fruit. *African Journal of Agricultural Research*, 5 (24) (Department of Crop Science, Faculty of Agriculture, University Putra Malaysia, 43400 UPM Serdang, Selangor, Malaysia).

Dunn, J., Bushnell, A., Ott, T., & Clark, W. (1997). Pulsed white light food processing. *New Technologies in Food Processing*, Los Angeles, CA.

Elyatem, S. M., & Kader, A. (1984). Post-harvest physiology and storage behavior of pomegranate fruits. *Scientia Horticulturae*. 24:287-298.

FAO. (1982). Prevención de pérdidas de alimentos poscosecha: frutas, hortalizas, raíces y tubérculos. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

- Fischer, G., Ebert, G., & Lüdders, P. (2000). Provitamin A carotenoids, organic acids and ascorbic acid content of cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) ecotypes grown at two tropical altitudes. *Acta Horticulturae*. 531, 263-267.
- Flores, A. (2000). Manejo postcosecha de frutas y hortalizas en Venezuela. *Experiencias y recomendaciones*. San Carlos-Venezuela. 224.
- Fonseca, J., & Rushing, J. (2006). Effect of ultraviolet-C light on quality of fresh-cut watermelon. *Posthav. Biol. Technol.* 40: 256-261.
- Galvis, J. A. (1995). Manejo Poscosecha de la mora. Bogotá: *Servicio Nacional de aprendizaje*. 45.
- García, M. (2003). Uchuva Cosecha y Postcosecha. *Tiabaitá, Mosquera, s.e.* 9-13, 32-35.
- Godoy, C. (2004). Conservación de dos variedades de arándano alto en condiciones de frío convencional. *Revista de la FCA-UN.* 36 (1): 53-61.
- González, G. A., Wang, C., & Buta, G. (2004). UV-C irradiation reduces breakdown and chilling injury of peaches during cold storage. *Journal of food Science and Agriculture.* 415-442.

- González, G. A., Ayala, J. F., Rivera, J., Zavaleta, R., Villegas, M., & Tejedor, W. (2005). Reducción de deterioro en frutos de mango, durazno y nectarina utilizando irradiación ultravioleta. *Ciencia Frontera*. 3: 49-57.
- González, G. A., Villegas, M. A., Cuamea, F., & Ayala, J. F. (2006). Efecto de la irradiación UV-C sobre la calidad de mango fresco cortado. *I Simposio Ibero-Americano de vegetales frescos cortados*. 59-64.
- González, C. (2010). Estudio del uso combinado de la radiación UV-C y distintos empaques para incrementar el tiempo de vida útil del tomate de árbol (*Solanum betaceum cav.*) con fines de exportación a la Unión Europea. Tesis (en prensa). Facultad de Ciencias de la Ingeniería. Universidad Tecnológica Equinoccial. Quito-Ecuador.
- Guitarra, D. (2008). El sol de Cotacachi madura a la uvilla. Revista Runakuna. Fecha de consulta: 2011/05/13. [En línea]. <http://runakuna.blogspot.com/sol-de-cotacachi-madura-la-uvilla.html>.
- Herrera, A., Flórez, V. J., Fischer G., & Sora A. D. (2000). Producción, poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana L.*). *Unibiblos*, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 175.
- Kader, A. A. (2007). Postharvest technology of horticultural crops. University of California, *Agricultural and Natural Resources*. Oakland, CA. 535.

- Maharaj, R., Arul, J., & Nadeau, (1999). Effect of photochemical treatment in the preservation of fresh tomato (*Lycopersicon esculentum* CV. "Capello") by delaying senescence. *Postharv. Technol.* 15: 13-23.
- Medina, T. (2008). La uvilla ecuatoriana sacó la visa a 5 países europeos. *Diario "El Comercio"*. 19.
- Narváez, M. E. (2003). Producción Siena. Agroapoyo. Ambato – Ecuador. 165.
- Lamikanra, O., Kueneman, D., Ukuku, D., & Bett, K. (2005). Effect of Processing under Ultraviolet Light on the Shelf Life of Fresh-Cut "Cantaloupe Melon". *Journal of Food Science*. 70:534-539.
- Lanchero, O., Velandia, G., Fisher, G., Varela, N. C., & García, H. (2007). Comportamiento de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en poscosecha bajo condiciones de atmósfera modificada activa. *Revista Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*. 8(1), 61-68.
- Legge, A. P. (1974). Notes on the history cultivation and uses of (*Physalis peruviana* L.). *Journal of the Royal Horticulture Society*. 99:310-314.
- Liu, J., Stevens, C., Khan, V.A., & Kabwe, M. (1993). The effect of ultraviolet irradiation on shelf-life and ripening of peaches and apples. *Journal. Food Qual.* 14, 299–305.

Luckey, T. D. (1991). Hormesis with ionizing radiation, *CRC press*, Boca Raton.

Ochoa, C., Luna, J., & Guerrero, J. (sin fecha). Jugo de Pitaya (*Stenocereus griseus*) Tratado con luz ultravioleta. Puebla-México.

Palou, L. (2009). Alternativas a los Fungicidas Convencionales para el control de Enfermedades de Poscosecha. Jornada de Tecnología Poscosecha en Cítricos. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA). Fecha de consulta: 2011/12/03. [En línea]. www.ivia.es.

Petrifilm, M. (2004). 3M Placas Petrifilm™. *Productos microbiológicos de 3M*.

Piga, A., D'hallewin, G., Aquino, S., & Agabbio, M. (1998). Influence of film wrapping and UV irradiation on cactus pear quality after storage. *Packag. Tech. Sci.* 10:59-68.

Piña, G., Saucedo, V. C., Ayala, E., & Muratalla, L. A. (2001). Atmósferas controladas para combatir daños poscosecha en zarzamora (*Rubus sp.*). *Revista de la Facultad de Agronomía luz.* 2: 87-105.

Proexant. (Promoción de Exportaciones Agrícolas no Tradicionales). (2006). Fortalecimiento del Manejo Poscosecha de Frutales Exóticos Exportables de Interés para los Países Andinos: Uchuva (*Physalis peruviana* L.), Granadilla (*Pasiflora regulares* L.) y Tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* (Cav Sendt): Caracterización general en el ámbito interno e internacional. Quito- Ecuador. 14, 31-43.

Proexant. (Promoción de Exportaciones Agrícolas no Tradicionales). (2007). Fortalecimiento del manejo postcosecha de frutales exóticos exportables de interés para los países andinos: Caracterización general en el ámbito interno e internacional. Quito-Ecuador. 50-317.

Robles, P. A., De Campos, A., Artés-Hernández, F., Gómez, P., Calderón, A., Ferrer, M. A., & Artés, F. Acción Combinada de la Radiación UV-C y la Atmósfera Controlada para Optimizar la calidad del tomate. V Congreso Iberoamericano de Tecnología Poscosecha y Agroexportaciones. 159-165.

Rodríguez, J. J. (2004). La radiación ultravioleta como descontaminante de alimentos. Fecha de consulta: 2011/09/16. [En línea]. <http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/ciencia-y-tecnologia/2004/04/21/11935.php>.

Rodríguez, A. R. (2008) "Control de la incidencia de daño por frío en pimientos mediante tratamientos cortos con luz ultravioleta.". España. 30-35.

- Shama, G., & Alderson, P. (2005). UV Hormesis in fruits: a concept ripe for commercialization. *Trends Food Sci. Technol.* 128-136.
- Sica. (2001). Uvilla (*Physalis peruviana* L.). Servicios de información y Censos Agropecuarios del Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador.
- Sica. (2007). Sistema de Información y Censos Agropecuarios del Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador. Producción Comercial de Uvilla.
- Snowball, M. R., & Hornsey I. S. (1988). Purifications of water supplies using ultraviolet light. *Developments in Food Microbiology. Applied Science Publishers.* London. 171-191. (ELSEVIER).
- Stevens, C., Khan V. A., Lu, J. Y., Wilson, C. L., Pusey, P. L., & Igwbe, E. C. K., et al. (1997). Integration ultraviolet UV-C light with yeast treatment for control of postharvest storage rots of fruits and vegetables. *Biological Control*,10: 98-103.
- Verheij, E. W. M., & Coronel, R. E. (1991). Plant resources of South-East Asia. *Pudoc Wageningen.* 254-256.
- Vicente, A.R., Pineda, C., Lemoine, L., Civello, P.M., Martínez, G.A., & Chaves, A.R. (2005). UV-C treatments reduce decay, retain quality and alleviate chilling injury in pepper. *Postharvest Biol. Technol.* 35, 69–78.

- Villamizar, F., Ramírez, A., & Meneses, M. (1993). Estudio de la caracterización física, morfológica y fisiológica poscosecha de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). *Agro-Desarrollo*. 4 (1-2), 305-319.
- Yaun, B. R., Sumner, S. S., Eifert, J. D., & Marcy, J. E. (2004). Inhibition of pathogens on fresh produce by ultraviolet energy. *Internatl. Journal. Food Microbiol.* 90: 1-8
- Zapata, J., Saldarriaga, A., Londoño, M., & Díaz, C. (2002). Manejo del cultivo de la uchuva en Colombia. Rionegro, Antioquia, Corpoica, Centro de Investigación "La Selva". 8-14, 32-38.

Anexo I. Ensayo Experimental con luz UV-C



Figura 1.1. Cosecha de uvilla orgánica (Cotacachi – Ecuador)



Figura 1.2. Recepción de materia prima



Figura 1.3. Desinfección y secado del fruto



Figura 1.4. Radiación UV-C en uvilla orgánica



Figura 1.5. Empaque de frutos en bandejas.



Figura 1.6. Almacenamiento a 6 °C



Figura 1.7. Medición de color



Figura 1.8. Medición de firmeza



Figura 1.9. Análisis microbiológico

Anexo II. Parámetros físico-químicos



Figura 2.1. Determinación de Acidez Total Titulable (% Ácido cítrico)



Figura 2.2. Medición de pH

Anexo III. Análisis microbiológicos

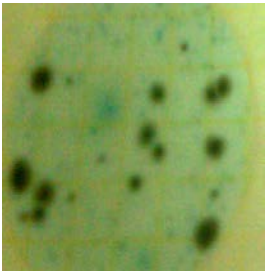
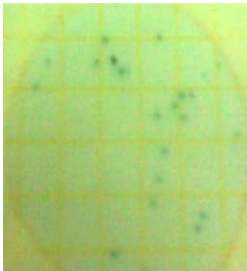
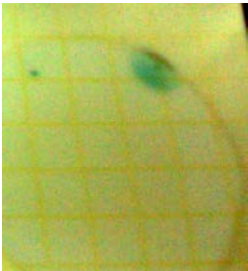




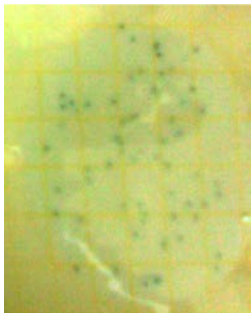

	DILUCIONES		
	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}
CONTROL			
12 kJ/m²			
8kJ/m²			

Figura 3.1. Recuento de mohos y levaduras en placas Petrifilm en frutos control y tratados a 8 y 12 kJ/m² (día 28)

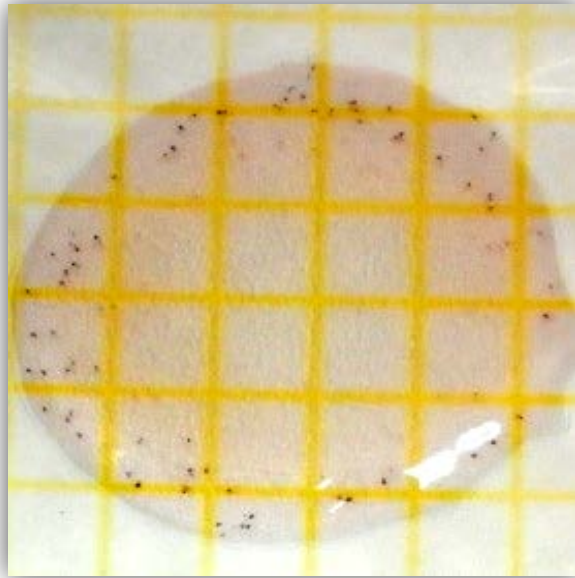


Figura 3.2. Cultivo de microorganismos aerobios mesófilos totales después de 24 horas de incubación a 37° C. Colonias típicas de aerobios mesófilos totales en placas Petrifilm 3™ en muestras de alimentos.

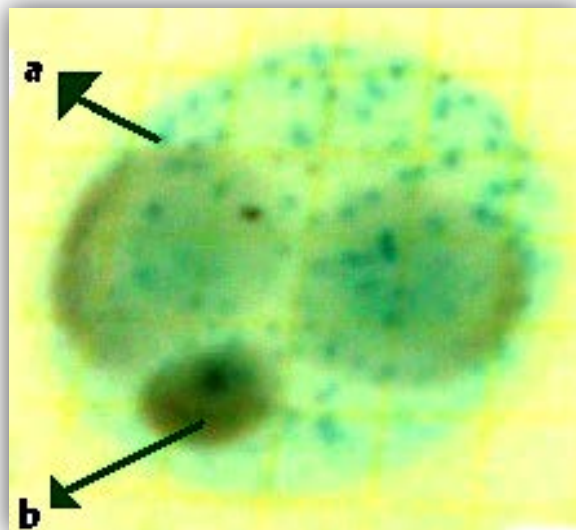


Figura 3.3. Cultivo de mohos y levaduras después de 5 días de incubación a 25° C. Colonias típicas de a) levadura y b) moho en placas Petrifilm 3™ en muestras de alimentos.