



Aplicación de radiación UV-C como tratamiento postcosecha en hongos tipo ostra (*Pleurotus ostreatus*)

Valencia Trujillo, David Antonio

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería en Biotecnología

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero en Biotecnología

Ing. Vargas Verdesoto, Rafael Eduardo.

14 de octubre del 2020

URKUND

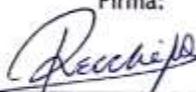
Document Information

Analyzed document	Tesis David Antonio Valencia Trujillo Urkund.docx (D80996865)
Submitted	10/8/2020 4:23:00 AM
Submitted by	
Submitter email	revargas@espe.edu.ec
Similarity	1%
Analysis address	revargas.espe@analysis.orkund.com

Sources included in the report

W	URL: https://docplayer.es/94911233-Universidad-tecnologica-equinoccial.html Fetched: 10/22/2019 9:56:18 PM	
SA	TESIS FINAL.docx Document: TESIS FINAL.docx (D80356332)	
SA	TESIS LUIS VALAREZO 2018 11 22.docx Document: TESIS LUIS VALAREZO 2018 11 22.docx (D44400302)	

Firma:



Ing. Vargas Verdesoto, Rafael Eduardo

C.C. 1708200538

DIRECTOR



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA

CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, "Aplicación de radiación UV-C como tratamiento postcosecha en hongos tipo ostra (*Pleurotus ostreatus*)" fue realizado por el señor Valencia Trujillo, David Antonio el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 14 de octubre de 2020

Firma:

Ing. Vargas Verdesoto, Rafael Eduardo

C.C. 1708200538



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA

CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, **Valencia Trujillo, David Antonio**, con cédula de ciudadanía n° 1723299960, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: "**Aplicación de radiación UV-C como tratamiento postcosecha en hongos tipo ostra (*Pleurotus ostreatus*)**" es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 14 de octubre de 2020

Firma:

Valencia Trujillo, David Antonio

C.C.: 1723299960



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA

CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo, **Valencia Trujillo, David Antonio**, con cédula de ciudadanía n° 1723299960, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: "Aplicación de radiación UV-C como tratamiento postcosecha en hongos tipo ostra (*Pleurotus ostreatus*)" en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolquí, 14 de octubre de 2020

Firma:

Valencia Trujillo, David Antonio

C.C.: 1723299960

Dedicatoria

Dedico este trabajo a la fuente de amor Universal, motor y propósito de toda mi vida por cuyo amor camino hacia un sendero de luz que siempre me regresa a él. Que esta investigación sirva para cumplir en parte el propósito por el cual estoy en este planeta y que mis esfuerzos sirvan para que mi vida y de los seres cercanos a mi puedan alcanzar el propósito de volver a ser uno con el todo.

David

Agradecimiento

Mi mayor agradecimiento a mis profesores y profesoras que han aportado a mi formación como profesional y ser humano, a mi padre y madre por ser los cimientos de mi vida que con sus enseñanzas han forjado todo lo que soy, a mi esposa por el cariño y la ternura que alimentan las ganas de luchar por un mundo mejor.

Índice de contenidos

<i>Aplicación de radiación UV-C como tratamiento postcosecha en hongos tipo ostra (Pleurotus ostreatus)</i>	1
<i>Hoja de resultados de la herramienta urkund</i>	2
<i>Certificación</i>	3
<i>Responsabilidad de autoría</i>	4
<i>Autorización de autoría</i>	5
<i>Dedicatoria</i>	6
<i>Agradecimiento</i>	7
<i>Índice de contenidos</i>	8
<i>Índice de tablas</i>	11
<i>Índice de figuras</i>	12
<i>Resumen</i>	14
<i>Abstract</i>	15
<i>Introducción</i>	16
Formulación del problema	16
Justificación del problema	18
Objetivos de la investigación	23

	9
Objetivo general _____	23
Objetivos específicos _____	23
Marco teórico _____	24
Hongos Ostra (<i>Pleurotus ostreatus</i>) _____	24
Descripción botánica _____	24
Hongos en la economía _____	25
Cultivo de hongos ostra en el Ecuador _____	26
Valor nutricional del hongo ostra _____	27
Valor medicinal _____	28
Manejo poscosecha de los hongos ostra _____	29
Radiación Ultravioleta _____	30
Tratamientos UV-C _____	30
Hipótesis _____	35
Materiales y métodos _____	36
Zona de estudio _____	36
Obtención de Muestras _____	36
Trabajo de laboratorio _____	36
Procedimientos _____	36
Tratamiento con Luz UV-C _____	36
Evaluación de los hongos ostra _____	39
Análisis estadístico y reporte de resultados _____	41
Resultados _____	43

	10
Resultados del tratamiento UV-C sobre la firmeza al tacto _____	43
Resultados de tratamiento UV-C sobre la pérdida de peso _____	46
Resultados de tratamiento UV-C sobre la activación micelial _____	50
Resultados de tratamiento UV-C sobre el pardeamiento visual _____	55
Resultados de tratamiento UV-C sobre el olor _____	59
<i>Discusión</i> _____	63
Efecto de la radiación UV-C en la vida útil _____	63
Firmeza al tacto _____	64
Pérdida de peso _____	65
Activación micelial _____	66
Pardeamiento visual _____	67
Olor _____	68
Prolongación de la vida útil de los hongos ostra _____	69
<i>Conclusiones</i> _____	70
<i>Recomendaciones</i> _____	72
<i>Bibliografía</i> _____	73
<i>Anexos</i> _____	76

Índice de tablas

Tabla 1. Clasificación taxonómica del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i>	25
Tabla 2. Valor nutricional del hongo ostra (Vega & Franco, 2013)	28
Tabla 3. Indicadores obtenidos en las mediciones promedio de la firmeza al tacto	43
Tabla 4. Valores obtenidos en las mediciones de la pérdida de peso del control	47
Tabla 5. Indicadores obtenidos en las mediciones promedio de la activación micelial .	51
Tabla 6. Indicadores obtenidos en las mediciones del pardeamiento visual.....	56
Tabla 7. Indicadores obtenidos en las mediciones del olor	60

Índice de figuras

Figura 1 Aplicación de radiación UV-C sobre los hongos	388
Figura 2 Almacenamiento de hongos en bandejas plásticas troqueladas	39
Figura 3 Comparación de los distintos tratamientos con respecto a la variación de la firmeza al tacto de los hongos durante el almacenamiento a 4°C.....	44
Figura 4 Contraste múltiple de rangos entre los diferentes tratamientos en la firmeza al tacto.	46
Figura 5 Comparación de los distintos tratamientos con respecto a la variación de la pérdida de peso de los hongos durante el almacenamiento a 4°C.....	48
Figura 6 Contraste múltiple de rangos entre los diferentes tratamientos en el porcentaje de pérdida de peso.	50
Figura 7 Comparación de los distintos tratamientos con respecto a la variación de la activación micelial de los hongos durante el almacenamiento a 4°C	52
Figura 8 Contraste múltiple de rangos entre los diferentes tratamientos en el porcentaje de pérdida de peso.	53
Figura 9 Síntomas de daño en los hongos no irradiados y en los hongos irradiados durante el almacenamiento	54
Figura 10 Síntomas Comparación de los distintos tratamientos con respecto a la variación del pardeamiento visual de los hongos durante el almacenamiento a 4°C.....	57
Figura 11 Contraste múltiple de rangos entre los diferentes tratamientos en el pardeamiento visual.	59

Figura 12 Comparación de los distintos tratamientos con respecto a la variación del olor de los hongos durante el almacenamiento a 4°C..... 60

Figura 13 Contraste múltiple de rangos entre los diferentes tratamientos en el Olor... 62

Resumen

Los hongos ostra (*Pleurotus ostreatus*) tienen un gran potencial como alimento funcional ya que tienen proteínas de alta calidad y principios activos medicinales. Su comercialización ha ido en aumento en los últimos años en el Ecuador debido a estas propiedades. La conservación de los hongos ostra en fresco presenta un gran inconveniente debido a su corto tiempo de vida útil. Por ende, el presente estudio busca un tratamiento poscosecha efectivo que aumente el tiempo de vida útil en refrigeración de los hongos ostra. Para esto, se aplicó tres tratamientos con distintas dosis de UV-C, 0,225 KJ/m², 0,45 KJ/m² y 0,90 KJ/m² y se realizó tres réplicas de cada uno. Se utilizó un control al que no se le aplicó ningún tratamiento. Se evaluó como parámetros la firmeza al tacto, porcentaje de pérdida de peso, activación micelial, pardeamiento visual y olor. Se evaluó las muestras por 18 días cada 3 días en almacenamiento refrigerado. Se observó cambios a partir del día 6 en el control y a partir del día 12 en las muestras con tratamiento. La dosis que dio mejores resultados para los parámetros evaluados fue la de 0,225 KJ/m² y logró aumentar el tiempo de vida útil de los hongos hasta 5 días extra con respecto al control.

PALABRAS CLAVE:

- **HONGOS OSTRA**
- **POSCOSECHA**
- **RADIACIÓN UV-C**

Abstract

Oyster mushrooms (*Pleurotus ostreatus*) have great potential as a functional food, they have high-quality proteins and active medicinal ingredients. Its commercialization has been increasing in recent years in Ecuador due to these properties. The conservation of fresh oyster mushrooms has a great inconvenience because of their short shelf life. Therefore, the present study look for an effective postharvest treatment that increases the shelf life of oyster mushrooms in refrigeration. For this, three treatments were applied with different doses of UV-C, 0.225 KJ/m², 0.45 KJ/m² and 0.90 KJ/m² and three replications of each were made. A control sample was used without any treatment. The parameters that were evaluated are firmness to touch, percentage of weight loss, mycelial activation, visual browning and odor. The samples were evaluated for 18 days every 3 days in refrigerated storage. Changes were observed from day 6 in the control and from day 12 in the treated samples. The best results were gotten with the doses 0.225 KJ / m² and it increase the useful life of the mushrooms up to 5 extra days compared to the control.

KEYWORDS:

- **OYSTER MUSHROOMS**
- **POSTHARVEST**
- **UV-C RADIATION.**

Introducción

Formulación del problema

En el país el cultivo y producción masiva de hongos comestibles alternativos al champiñón común aún no se ha explotado, existen alrededor de 10 productores a mediana escala en el Ecuador que cultivan hongos comestibles y medicinales, lo que representa una oportunidad de mercado muy importante. El cultivo de hongos de degradación primaria como el hongo ostra que es el hongo más cultivado en el mundo según (Haeng-oon, Pyungchang-dong, & Jongno-gu, 2004), debido a su capacidad para degradar materia orgánica de forma directa, el Ecuador por ser un país fundamentalmente agrícola produce una gran cantidad de residuos como aserrín, paja de diferentes cereales, cascarilla de arroz, etc. estos residuos son quemados indiscriminadamente, los mismos residuos representan un potencial sustrato para el cultivo de hongos ostra, que los degrada y produce un producto de alto valor nutritivo y medicinal que son las setas, aparte que este sustrato degradado al final de su producción puede reincorporarse al suelo y funcionar como un excelente fertilizante para suelos empobrecidos, lo que se acopla a los principios de economía circular.

El consumo de hongos ostra constituye un importante fuente de nutrientes de alta calidad como alternativa al consumo de carne, contienen 17,5% de proteína (hasta un 40% en peso seco), y un 23% de fibra alimentaria, también constituyen una rica

fuentes de vitaminas y oligoelementos, especialmente del grupo B de vitaminas como la B1, B2, B6, y B12 que son el principal problema de las dietas veganas, además que constituyen un importante fuente de fósforo, calcio y hierro amínico que es mucho más funcional al que se encuentra en los animales. Además de una serie de principios activos que mejoran la salud como la mevinolina que es un reductor del colesterol en sangre y los beta-glucanos que aumentan el sistema inmune (Infoalimenta, 2019).

Un problema de la comercialización de hongos frescos es su tiempo de duración, en refrigeración los hongos frescos duran 7 días que es un lapso de tiempo muy corto, lo que aumenta el precio de venta al público. Existen numerosos tratamientos poscosecha para diferentes alimentos que aumentan su tiempo de duración como; tratamientos con radiación UV-C, con ozono, con rayos gama, etc. Se han realizado numerosos estudios en frutas como es el caso de la naranjilla en el que se logró aumentar su tiempo de duración de 8 a 21 días con tratamientos con Ozono realizado por Jara S., (2018).

En la universidad de las fuerzas armadas “ESPE” se han desarrollado una serie de proyectos de vinculación con la sociedad en los que desde el 2017 en el proyecto denominado “Transferencia de tecnología para la producción de fertilizantes orgánicos, biogás y hongos comestibles en las comunidades de la Parroquia de Palmira del Cantón Guamote-Ecuador-2017” se capacitaron en el cultivo de hongos ostra en la parroquia de Palmira en la provincia de Chimborazo y en la parroquia de Pintag en la provincia de Pichincha. En estos tres años se realizaron múltiples capacitaciones en las comunidades con talleres y seguimiento técnico sobre el cultivo de hongos comestibles tipo ostra.

Como resultado de las capacitaciones se han formado grupos de familias que están produciendo hongos y que buscan herramientas que les permitan alargar el tiempo de vida útil de sus cultivos para tener una mayor oportunidad de comercialización en el mercado.

La planta de producción de hongos ostra Fungi Andino ubicada en Tumbaco será la primera en implementar un sistema de tratamiento poscosecha en hongos ostra.

En la parroquia de Tumbaco, existen un número elevado de aserraderos que tienen como subproducto de desecho aserrín de madera que muchas veces termina en las quebradas generando una contaminación visual muy desagradable, este material de desecho puede ser utilizado para el cultivo de hongos ostra, pero el problema que presentan estos productos es que tienen un tiempo corto de vida útil lo que dificulta el acceso al consumidor final y encarece el producto. El uso de tratamientos poscosecha con UV-C en frutas y verduras aumenta el tiempo de vida de los alimentos sin agregar sustancias químicas potencialmente tóxicas.

Justificación del problema

El desarrollo de productos biotecnológicos es una necesidad imperante en nuestro país ya que contamos con un potencial en este campo, debido a la gran biodiversidad con la que contamos. A lo largo de la historia de la humanidad ha habido varios procesos de desarrollo acelerado como la revolución industrial que se dio en 1815 liderada por Inglaterra y los países europeos, luego en la década de los 70 hubo una

revolución informática, liderada por los EEUU y a partir de 1990 y hasta nuestros tiempos vivimos una revolución tecnológica; todos estos procesos de desarrollo por diversas circunstancias el Ecuador no ha sido protagonista en ninguna de ellas, según Gonzales (1989) se estiman que para el año 2028 habrá una nueva revolución con respecto a bioproductos, y es, en este caso que el Ecuador podría aportar de forma significativa debido a la gran biodiversidad que existe en el país. Los hongos comestibles y medicinales tienen múltiples aplicaciones biotecnológicas. Los hongos son considerados como nutricoséuticos, es decir; que son alimentos nutritivos por su alto contenido de proteínas y mejoran la salud por los principios activos que han sido ampliamente estudiados. El mercado de los nutricoséuticos mueve alrededor de dos mil millones de dólares al año según en el mundo (Haeng-oon, Pyungchang-dong, & Jongno-gu, 2004).

En la actualidad se ha generado una conciencia cada vez más amplia sobre la necesidad de buscar alternativas al consumo de proteínas de origen animal, debido a los múltiples problemas que presenta su producción, tanto en la parte económica como ambiental. Frente a esta realidad el consumo de proteínas provenientes de hongos constituye una alternativa viable para solventar esta necesidad. Los hongos ostra son los hongos más cultivados en el mundo según Haeng-oon, *et al.*, (2004).

Los índices de obesidad son cada vez más alarmantes a nivel mundial, ya no solo es un problema de los países desarrollados sino una realidad cada vez más latente en Latinoamérica especialmente porque en estos países se tiene acceso al consumo de

carne que ha disparado las estadísticas de casos de enfermedades relacionadas a la obesidad como cardiopatías y diabetes. En los últimos años los consumidores están buscando disminuir su consumo de carne, por lo que se ha producido un aumento en la demanda de hongos a nivel mundial, ya que los hongos aportan con micronutrientes como selenio, vitaminas del complejo B, potasio y mejoran la salud de forma integral, un inconveniente para su comercialización es el tiempo relativamente bajo de duración en fresco que es de apenas 7 días, es por ello que los tratamientos poscosecha se presentan como una solución a estos inconvenientes (Reserch, 2019)

Un nuevo informe de Transparency Market Research (TMR) afirma que la demanda de productos agroecológicos, y la concienciación cada vez mayor sobre la búsqueda de productos que ayuden a la salud por parte de los consumidores está impulsando aún más el comercio global de hongos. El mercado global de las setas en 2013 estaba valorado en 29.000 millones de dólares. Se prevé que este crezca a una tasa anual del 9,5% y alcance los 50.034,12 millones de dólares en 2019. Europa dominaba la comercialización de setas en el 2013, y se prevé que será el mercado con mayor crecimiento entre 2014 y 2019. Debido a que el Ecuador ha suscrito varios acuerdos comerciales con la Unión Europea esta representa una oportunidad de mercado para la exportación, seguido de la región de Asia-Pacífico, que también es un potencial destino, debido a la cultura milenaria de consumo de setas pero a su vez buscan alimentos que provengan de otros países debido a los altos índices de contaminación que presentan sus cultivos (Reserch, 2019).

Desde 2011, existen más de 7 mil millones de personas más de la mitad de ellas son pobres que están en constante conflicto por un espacio de terreno para poder cultivar papas, plátano, o maíz, mientras que en las mismas comunidades se puede percibir la quema de los paja e incendios forestales y el abandono de pilas de restos de cultivos que están descomponiéndose sin ningún uso. Hay una cantidad enorme de residuos en la industria agrícola y en la industria maderera, se estima que se producen 155 billones de toneladas al año de material fotosintético (Cury, Aguas, Martinez, & Olivero, 2017). Sólo usando el 25% del volumen de las pajas de cereal que se queman anualmente en el mundo podrían producirse 562 millones de toneladas métricas (562 mil millones kg) de hongos frescos por año (Chang & Miles, 1989), que sería suficiente para alimentar a la población mundial. Pero la producción mundial total de hongos es de apenas 10 mil millones de kg por año. Para 7.7 mil millones de personas esto equivale a 1,3 kg por año o 3,5 g por día (Courvoisier, 1999).

De hecho, considerando los residuos de la agricultura disponibles anualmente en el mundo (500 mil millones kg) y en silvicultura (100 mil millones kg), podríamos producir fácilmente 360 mil millones de kilos de hongos frescos sobre un total de 600 mil millones de kilos de residuo seco. Esto produciría una cosecha anual de hongos de 60 kilos por cabeza por año, conteniendo el 4% de proteína de hongos frescos. Sabemos que la dieta del 30% de la población mundial es deficiente en proteínas; análisis

recientes han demostrado que 200g de hongos pueden reemplazar eficientemente 100 g de carne como fuente de proteína (Souci, Fachman, & Krant, 1989).

Entre los hongos, el *Pleurotus* (hongo ostra) puede utilizar la mayor variedad de desechos como sustrato con su rápido crecimiento micelial y su sistema de enzimas multilaterales que pueden biodegradar casi todos los tipos de residuos disponibles. Esta capacidad ha hecho del hongo ostra el hongo más cultivado del mundo según Haeng-oon, et al., (2004), se han realizado pruebas en alrededor de 90 tipos diferentes de sustratos como diferentes tipos de aserrín de madera, hojas de plátano, diferentes tipos de pajas de cereales, etc. Lo que permite que el cultivo de hongos ostra sea fácilmente reproducible de forma artesanal en diferentes zonas que tengan algún tipo de residuo agrícola.

El principal inconveniente en la comercialización de los hongos ostra es que tienen un tiempo de vida útil muy limitado. Es por ello que para mejorar su competitividad en el mercado como una fuente de proteína viable económicamente es aumentar su tiempo de vida útil por medio de un tratamiento poscosecha que modifique mínimamente sus propiedades alimenticias. El tratamiento con radiación UV-C se presenta como una alternativa eficiente ya que se han realizado pruebas en cultivos de champiñón en los que se ha logrado alargar la vida útil del mismo de 7 días hasta los 21 días (Guan, Fan, & Yang, 2012).

Objetivos de la investigación

Objetivo general

Evaluar la Aplicación de radiación UV-C sobre la calidad fisicoquímica y fisiológica de los hongos tipo ostra (*Pleurotus ostreatus*) durante el almacenamiento refrigerado.

Objetivos específicos

- Determinar el tiempo de exposición óptimo a la radiación UV-C (20W) y su influencia sobre el tiempo de vida útil del hongo tipo ostra (*Pleurotus ostreatus*).
- Determinar el índice de deterioro visual y las UFC en la superficie de los hongos durante el almacenamiento refrigerado de hongos tipo ostra sometidos al tratamiento de radiación UV-C.

Marco teórico

Hongos Ostra (*Pleurotus ostreatus*)

Descripción botánica

El hongo ostra *Pleurotus ostreatus* es un hongo saprófito, degradador primario de la materia orgánica se lo encuentra principalmente en bosques de ambientes húmedos y cálidos sobre restos de plantas leñosas. Su característica principal son las laminillas en forma de pleura que se dispone desde el sombrero y que van a todo lo largo del tallo del hongo, presenta una forma aplanada en forma de ostra. Como descripción morfológica se establece que tiene un sombrero o píleo que es redondeado con una superficie lisa convexa cuyo tamaño oscila entre los 5 a 15cm de diámetro de color variable entre blanco, gris o pardo dependiendo de factores ambientales de luminosidad y temperatura. El sombrero está constituido por unas laminillas que están dispuestas radialmente, anchas y espaciadas unas de otras, de color blanco. El tallo o pie puede tener diferentes dimensiones dependiendo de diferentes condiciones de luz y ventilación es firme y duro con una disposición de laminillas a todo su largo, puede presentar una especie de pelos en su base. (Valnero, Quiroz, & Alvarez, 2010). La clasificación botánica del hongo ostra se muestra en la tabla 1.

Tabla 1

Clasificación taxonómica del hongo Pleurotus ostreatus.

Reino:	Fungi
Subreino:	Basidiomycota
Clase:	Homobasidiomycetes
Orden:	Agaricales
Familia:	Pleurotacea
Género:	<i>Pleurotus</i>
Especie:	<i>Pleurotus ostreatus</i>

Hongos en la economía

En el mundo se consumen alrededor de 3 millones de toneladas de treinta especies de hongos. Estos valores se dividen entre los que se cultivan y los que se recolectan en los bosques siendo 2 millones y 1 millón de toneladas respectivamente. Las exportaciones de las diferentes setas crecieron en un 17 % entre 1995 y el 2002, se comercializaron un rubro cercano a los 753 millones de dólares en este intervalo de tiempo. El aumento de la producción mundial de hongos ha sido sorprendente ya que desde 1978 ha aumentado 30 veces lo cual es muy significativo comparándolo con el aumento de la población mundial que solo ha sido de 1.7 veces en el mismo periodo de tiempo con estos datos se ha podido estimar que el consumo promedio por persona al año de hongos es de 4.78kg que son 13.7 g diarios, en 2013 (Royse & Sánchez, 2017).

Existen 4 grupos de hongos que están en el top 5 de producción mundial, en primer lugar, está el hongo shiitake (*lentinula edodes*) con el 22% de la producción mundial, le sigue hongo ostra (*Pleurotus spp.*) con el 19%, en el tercer lugar esta

Auriculata spp. con el 18% y en el cuarto lugar está el champiñón común (*Agaricus bisporus*). Estos datos indican el cambio significativo en la producción de hongos ya que solo hace 30 años el champiñón común abarcaba el 55% de la producción mundial (Royse & Sánchez, 2017).

Cultivo de hongos ostra en el Ecuador

El cultivo de hongo ostra en el Ecuador comienza en el 2002 cuando el biólogo Ricardo Viteri regresa de unas pasantías en una empresa productora de hongos en Inglaterra y trae la idea de cultivar hongos exóticos en el Ecuador. Después de concretar un proyecto en conjunto con la prefectura de Pastaza capacita a varias familias de las comunidades del Sumaco y aledaños, aun se puede hallar varias familias a lo largo de la troncal amazónica con pequeños carteles que dicen venta de hongos del Sumaco. Estos hongos alcanzaron gran popularidad en el sector ya que se vendieron bajo el seudónimo de hongos del Sumaco y se ofertaba en platos exóticos a nacionales y extranjeros. La producción en esta zona queda limitada a 5 familias que producen grandes cantidades de hongos ostra llegan a producir hasta 20kg de hongos diarios cada familia que representa su único ingreso económico. El biólogo Ricardo Viteri ha venido impartiendo varios cursos de formación teórica-práctica donde se formaron los iniciadores de otros emprendimientos en la provincia de Pichincha principalmente estudiantes de carreras de biología y biotecnología que son los que tomaron la posta para la producción y diversificación de otras variedades de hongos ostra. Actualmente en la provincia de Pichincha hay 7 productores principales de hongos ostra entre ellos se encuentran:

Fungus Garden, Intiwasi, Fungi Andino, Dirkaya, Micomarket, Mundo Fungi, Fungus Cema; que conforman la asociación de investigadores y productores de hongos ostra. Con la visión de fomentar una cultura de consumo y producción de hongos ostra con vista en la investigación en las múltiples aplicaciones que tienen los hongos ostra en diversos campos, como la remediación ambiental, biomateriales y de bioproducción de moléculas de interés.

Valor nutricional del hongo ostra

Los hongos ostra son conocidos como nutricéuticos ya que son una rica fuente de proteínas, vitaminas y minerales que es su parte nutricional y además presentan principios activos que tienen diversas funciones para el beneficio de la salud. La cantidad de proteínas que presentan los hongos ostra puede llegar de 7g por cada 100g en peso húmedo, hasta 40g en cada 100g en peso seco, con proteínas de alta calidad que contienen todos los aminoácidos esenciales convirtiéndose en el sustituto ideal para la carne animal, además posee vitaminas del complejo B como la vitamina B12 que es la principal deficiencia de las dietas veganas y vegetarianas. También contiene fósforo, calcio y hierro muy similar al hierro encontrado en la carne animal, lo que evita los problemas de anemia en los vegetarianos y veganos (Agarwal, Kushwaha, Verma, & Singh, 2017).

Tabla 2*Valor nutricional del hongo ostra (Vega & Franco, 2013)*

Componente	unidad	presentaciones por cada 100g	
		Hongos frescos	Hongos secos
Energía	Kcal	336	336
Proteína	g	7	43
Grasas totales	g	12	1.98
Colesterol	g	0	0
Carbohidratos totales	G	4	27

Valor medicinal

El valor medicinal atribuido a los hongos ostra es por la presencia de varias moléculas que tienen principios activos en diferentes aspectos de la salud humana, en los hongos ostra hallamos la molécula mevinolina que tienen la función de disminuir el nivel de colesterol en sangre al actuar como un inhibidor de la enzima 3-hidroxi-3-metilglutaril CoA (HMG-CoA) reductasa que es la encargada de sintetizar el colesterol en la sangre (Bobek, Hromadova, & Ozdin, 1995), también tienen otras moléculas como los betaglucanos denominada pleuran que tienen función inmunomoduladora al activar el sistema inmune innato y adaptativo ya que estimulan la producción y activación de los macrófagos y los linfocitos T, también modulan el sistema histamínico lo que implica en la disminución de reacciones alérgicas (Quevedo, Maury, & Savón, 2018).

Manejo poscosecha de los hongos ostra

Una vez que se cosechan los hongos ostra no pueden permanecer en ambientes cálidos o húmedos, estos deben consumirse de forma inmediata o ser conservados en refrigeración. El tiempo de vida útil en anaquel de los hongos es de 7 días a 4 grados centígrados, estos deben consumirse frescos o someterse a un proceso de conservación por deshidratación o en vinagre y salmuera para que preserve sus características óptimas para el consumo humano.

El tiempo de vida útil de los hongos en fresco depende en gran medida de la tasa de respiración, por lo que el objetivo principal de cualquier tratamiento poscosecha es el de disminuir la tasa de transpiración y otros procesos metabólicos como la activación de enzimas oxidativas que pardean a los hongos. La tasa de respiración de los hongos ostra es muy elevada, puede ser incluso 3 veces mayor que las frutas y verduras. La degradación de los hongos puede darse a la presencia de bacterias y hongos que estaban en el cuerpo fructífero. Las características principales de los hongos como la firmeza y el color de su tejido se van oscureciendo. Y sobre todo gracias al alto contenido de agua que tienen los hongos ostra de un 95% aproximadamente favorece al crecimiento de bacterias.

Radiación Ultravioleta

La radiación Ultravioleta comprende la franja no visible de espectro electromagnético de la luz, comprende el rango entre la luz visible y los rayos X. La franja de UV está entre los 10nm hasta los 400nm y a su vez se lo divide en 4 franjas diferentes que son: UV vacío, UV-A, UV-B y UV-C. Cada franja tiene diferentes aplicaciones que se detallan a continuación:

- UV vacío: que va de los 10 a los 200 nm, se utiliza para la generación de ozono que se utiliza para la desinfección.
- UV-A: que va de los 315 a los 400 nm, no es nociva para el ser humano se la utiliza generalmente para identificar rastros de gérmenes en el cuerpo y la ropa.
- UV-B: que va de los 280 a los 315 nm que es nociva para el ser humano pero que en pequeñas dosis se la utiliza para tratamientos de ciertas enfermedades de la piel como psoriasis.
- UV-C: que va de los 200 a los 290nm que tiene un efecto germicida a aplicarlo sobre superficies.

Tratamientos UV-C

En los últimos años hay aumento en el interés de los consumidores por adquirir alimentos que beneficien también su salud. el aporte positivo que puede dar a la salud el consumo diversificado de frutas y verduras son bien conocidos por la comunidad científica y la sociedad en general (Barberán, Espín , & Villar, 2005) más el ritmo

acelerado ha obligado a la sociedad a adquirir productos vegetales listos para comer, que por la razón de su consumo inmediato han sido procesados técnicamente para que sean seguros microbiológicamente, pero estos tratamientos al aplicarse sobre los alimentos, genera que estos pierdan atributos nutricionales y sensoriales.

Por estas razones se han desarrollado nuevas tecnologías que tienen como objetivo generar alimentos más seguros microbiológicamente pero que a su vez mantengan sus atributos nutritivos y organolépticos. Entre estos tenemos los tratamientos con radiación ultravioleta de onda corta UV-C cuya aplicación en tratamientos de verduras y frutas, que tienen un gran potencial sobre todo en frutos rebanados (Ribero, Canada, & Alvarenga, 2012), ya que la inducción de radiación UV-C tiene la capacidad de inhibir ciertos tipos de virus, hongos y bacterias.

Actualmente en los supermercados la demanda de alimentos frescos de consumo inmediato ha ido en aumento lo que implica mayores costos de almacenamiento y de exhibición que implica una pérdida sustancial en productos que pueden ser fácilmente lastimados o contaminados durante su transporte; en estas circunstancias el uso de la tecnología de radiación UV-C es una solución para este problema al evitar que se desarrollen microorganismos en estas lastimaduras.

El tratamiento poscosecha con radiación UV-C es una alternativa idónea en reemplazo a uso de cloro como desinfectante de frutas, hortalizas y bebidas líquidas ya que si no se maneja con cuidado el cloro puede generar diversos problemas, entre ellos

está la formación de compuestos carcinógenos como el cloroformo producto de la reacción química con la materia orgánica, además que en si el cloro es un compuesto toxico y su manipulación se debe realizar con cuidado ya que puede producir irritación a la nariz, garganta, y ojos; incluso la exposición prolongada puede generar insuficiencia cardiaca y pulmonar (Mousati & Torres, 2011).

Acción de la radiación UV

La acción de la radiación UV se da por medio de dos mecanismos que son el daño fotoquímico y la hormesis.

Mecanismo de acción por daño fotoquímico

Se recomienda el uso de lámparas que generen radiación UV-C que está dentro de un rango de 100 a 280nm, se consideran radiaciones efectivas que tengan longitudes de onda cercanas a los 240nm con la que se ha visto un efecto en el ADN de los microorganismos provocando rompimiento de las cadenas y por ende inactivación reproductiva y metabólica de los mismos (López-Díaz, Palou, & López-Malo, 2012).

El mecanismo por el cual se produce el daño fototóxico en las células es por la acción de la luz UV que tiene longitud de onda de alta energía y por ende tiene la capacidad de penetrar la superficie de las células y llegar hasta el material genético e incidir directamente sobre el ADN o ARN causando una disrupción en estas cadenas que genera la formación de dímeros de pirimidina entre pares de citosinas imposibilitando su replicación y por ende su infecciosidad, lo que no impide que las células sigan

metabolizando y que puedan reparar su material genético por medio de fotoreactivación o recombinación que se dan generalmente por una mala aplicación del método (Vasantha & Yu, 2012).

Hormenesis en alimentos por radiación UV-C

La aplicación de tratamiento con radiación UV-C en frutas y verduras genera un efecto indirecto de mejoramiento de las propiedades intrínsecas fenómeno denominado hormenesis. La hormenesis provocada por la radiación UV-C en frutas y verduras se observa por el aumento de la producción de fitoalexinas que les permite tener una mayor resistencia a levaduras y mohos (Fonseca, 2009).

Se han venido realizando varias investigaciones sobre hormesis, de los cuales se puede citar:

- Uso de irradiación UV-C en uvas con las que se aumentó la producción de fitoalexinas como el resveratrol que es un potente antioxidante que se usa de forma habitual para la cosmética como agente antienvjecimiento (Barberán, Espín , & Villar, 2005).
- En manzanas, el uso de este tratamiento poscosecha UV-C aplicada (1.2 kJ/m²) induce la generación de una película protectora en la superficie de la fruta que previene la oxidación escape de jugos y desarrollo de malos olores (Ribero, Canada, & Alvarenga, 2012).

- En hongos shiitake tratados con radiación UV-C provocó un efecto de hormesis en los que se aplicaron dosis de 25 kJ/m² y 75 kJ/m², en los que se midió un aumento de vitamina D₂ de 2.8 hasta de 10.6 µg/g en los tratamientos irradiados (Ko, Lee, & Park, 2008).
- En champiñones comunes tratados con UV-C con dosis desde 0.45kJ/m² hasta 3.15 KJ/m² se mejoró el valor nutricional y aumento el nivel de ácido ascórbico (vitamina C) (Guan, Fan, & Yang, 2012).

Efecto de la radiación UV-C en algunos tipos de alimentos

El uso de luz ultravioleta UV-C ha dado resultados prometedores al aplicarlo en diferentes tipos de alimentos, como se muestra a continuación:

- En frutillas se utilizó irradiación UV-C para tratar *Cenicilla polvorienta* que demostró ser un tratamiento eficaz comparable a los tratamientos químicos. Dando como resultado un porcentaje de frutilla descompuestas un 30% más bajo que las del grupo control (Reho, 2011).
- En zapallo mínimamente procesado al ser irradiado con UV-C se mostró que dosis de 2.08 kJ/m² y 3.14 kJ/m², lograron disminuir la carga microbiana y prolongando su vida útil (Sosa, 2009).
- En frutos de duraznos y mango al ser irradiados con UV-C disminuye la carga microbiana y mejora las características organolépticas (Gonzales-Aguilar, Ayala-Zabala, Rivera-López, Villegas-Ochoa, & Espinoza, 2005).

- En champiñones comunes tratados con UV-C con dosis desde 0.45kJ/m² hasta 3.15 KJ/m² se aumentó el tiempo de vida útil de 14 días en refrigeración a 4 grados centígrados a 21 días (Guan, Fan, & Yang, 2012).

Dosis efectiva de radiación UV-C en alimentos

Para determinar la intensidad de la radiación UV-C de las lámparas, se puede utilizar un radiómetro digital. La intensidad de la radiación UV-C debe ser la media de 15 lecturas de la radiación en varios puntos de la cámara para determinar que la radiación sea homogénea. Ya seleccionada la intensidad adecuada, se mantienen fijas la intensidad de la radiación y la distancia.

Para calcular la dosis de radiación UV es la resultante de la multiplicación de la intensidad a la que está expuesta una superficie radiada por el tiempo de exposición.

Es decir:

DOSIS = Intensidad x Tiempo de exposición (Ecuación 1)

La dosis por radiación UV-C se expresa en las siguientes unidades de
1mJ/cm²=1000 micro Watt segundo/cm².

Hipótesis

Ho1: La aplicación de radiación UV-C sobre los hongos tipo ostra aumenta la vida útil de los hongos en refrigeración.

Materiales y métodos

Zona de estudio

El proyecto de investigación se realizó en dos fases: de campo y de laboratorio. La fase de campo se realizó en la planta de producción de hongos comestibles y medicinales Fungi Andino ubicado en la parroquia rural de Tumbaco provincia de Pichincha.

Obtención de Muestras

La muestra se obtuvo de los invernaderos de producción de hongos de Fungi Andino de manera aleatoria. La muestra de hongos frescos se tomó el mismo día de la realización del experimento. Se realizó una limpieza previa eliminando solamente los restos de sustratos de la base del hongo, luego se los dispuso en una bandeja para someterlo a la cámara UV.

Trabajo de laboratorio

La fase de laboratorio se realizó en los laboratorios de la empresa Fungi Andino ubicado en la parroquia rural de Tumbaco provincia de Pichincha.

Procedimientos

Tratamiento con Luz UV-C

Las muestras de hongos se dividieron en cuatro grupos:

- Muestras de control (no irradiadas)

- Muestras irradiadas con dosis de 0.225 KJ/m^2
- Muestras irradiadas con dosis de 0.45 KJ/m^2
- Muestras irradiadas con dosis de 0.90 KJ/m^2

El tratamiento con luz UV-C se realizó utilizando una cámara hecha de latas de latón recubiertas de papel aluminio para mejorar la exposición a la luz. En la parte superior de la cámara se colocó una lámpara de mercurio de baja presión de luz UV-C de una potencia de 20W y que emanan radiación de longitud de onda de 254nm de efecto germicida (Marca Techno Lite, mod Gr30T8). Se calculó la dosis multiplicando la intensidad por el tiempo de exposición (Ecuación 1). Para el cálculo de la intensidad se aumentó o disminuyó regulando la distancia desde la bandeja de soporte hasta las lámparas por medio de un soporte ajustable. La muestra se ubicó a una distancia de 38cm, la intensidad de la radiación fue calculada con la siguiente formula:

Los grupos de muestras que fueron irradiadas se sometieron al tratamiento durante 30 segundos para la dosis más baja, 60 segundos para la dosis media y 90 segundos para la dosis mayor, como se muestra en la figura 1. Para el cálculo de la dosis se utilizó la ecuación 1. Para cada tratamiento se realizaron tres repeticiones.

Figura 1

Aplicación de radiación UV-C sobre los hongos



Posterior a la irradiación las muestras de hongos fueron almacenadas en tarrinas plásticas troqueladas de 30g en refrigeración a 4 grados centígrados, como se muestra en la figura 2.

Figura 2

Almacenamiento de hongos en bandejas plásticas troqueladas



Evaluación de los hongos ostra

Los hongos fueron evaluados cada tres días durante 18 días. Al día 0, 3, 6, 9, 12, 15 y 18 días se tomaron 3 bandejas de cada tratamiento para analizar tres parámetros la firmeza al tacto, pérdida de peso e índice de deterioro.

Firmeza al tacto

Para determinar la firmeza al tacto se evaluó siguiendo la siguiente escala numérica

- 1=Firme
- 2=Ligeramente blando

- 3=Medianamente blando
- 4=Muy blando

Pérdida de peso

Se registró el peso de las bandejas al inicio de almacenamiento y después cada tres días y por 18 días, el resultado se expresó en porcentaje de pérdida de peso con relación a la muestra inicial siguiendo la siguiente ecuación:

$$\text{Porcentaje de pérdida de peso} = \frac{P_i - P_f}{P_i} * 100\%$$

Activación micelial

Para la activación micelial se mide de acuerdo al porcentaje de superficie del hongo en la que se observa crecimiento del micelio. La activación micelial se determinó usando la siguiente escala numérica:

- 1= 0% de la superficie no hay activación
- 2= 25% de la superficie ligera activación
- 3=50% de la superficie activación moderada
- 4=100% de la superficie activación completa

Pardeamiento visual

Para la evaluación del pardeamiento visual se determinó usando la siguiente escala numérica:

- 1=blanco característico
- 2=ligeramente bronceado
- 3=medianamente bronceado
- 4=totalmente bronceado (amarillo-marrón)

Olor

Para la evaluación del olor se determinó usando la siguiente escala numérica:

- 1=olor característico (olor dulzón)
- 2=olor ligeramente desagradable
- 3=olor medianamente desagradable
- 4=olor desagradable

Análisis estadístico y reporte de resultados

Se realizó un diseño factorial AxB con 2 factores, en donde el primer factor fue referente al tratamiento y el segundo al tiempo de almacenamiento en refrigeración. Con esto se determinó el comportamiento de los tratamientos sobre las variables de respuesta: firmeza al tacto, pérdida de peso, activación micelial, pardeamiento visual y

olor. Los resultados se procesaron con un análisis de varianza (ANOVA) por factores AxB utilizando Statgraphics y aplicando una prueba de mínima significancia DMS.

Resultados

Resultados del tratamiento UV-C sobre la firmeza al tacto

En los 18 días de almacenamiento refrigerado tanto los hongos control como los tratados con la radiación UV-C perdieron firmeza al tacto. Los datos obtenidos se detallan en los Anexos y se muestran los promedios de los mismos en la tabla 3.

Tabla 3

Indicadores obtenidos en las mediciones promedio de la firmeza al tacto

Día	Firmeza al tacto			
	Promedio C	Promedio T1	Promedio T2	Promedio T3
0	1	1	1	1
3	1	1	1	1
6	2	1	1	1
9	3	2	2	2
12	3	2	2	2
15	4	2	2	2
18	4	2	2	3

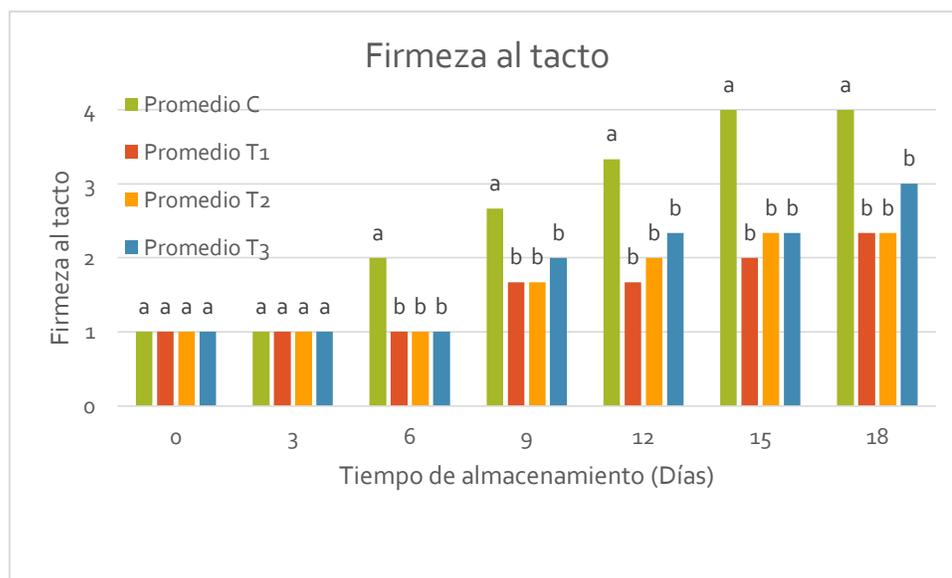
*1: Firme, 4: muy blando

Con los valores obtenidos de la tabla 3 se realizó la figura 3 que representa una gráfica de barras que muestra la variación de la firmeza al tacto de los hongos ostra a lo largo de los 18 días de medición. A partir del día 6 se pudo observar un cambio en la firmeza tanto en las muestras control como en las tratadas siendo la muestra control las que más perdieron firmeza. En el análisis de varianza (ANOVA) que se muestra en la Ilustración 1 se pudo observar que existen diferencias significativas entre los tratamientos y el control, sin embargo, los tres tratamientos conservan la firmeza, estadísticamente por igual, es decir la radiación UV-C evita que los hongos ostra pierdan

su firmeza de forma más paulatina a lo largo de los 18 días de almacenamiento refrigerado.

Figura 3

Comparación de los distintos tratamientos con respecto a la variación de la firmeza al tacto de los hongos durante el almacenamiento a 4°C.



**Letras diferentes indican diferencias significativas entre los tratamientos y en los días de análisis ($p < 0.05$)*

Se observa en la ilustración 1 que p-valor es menor a 0,05 indicando que los tratamientos tienen una incidencia en la firmeza al tacto.

Ilustración 1

Resumen del Test ANOVA para la influencia de los tratamientos sobre el tiempo de almacenamiento y un DMS para la clasificación de grupos.

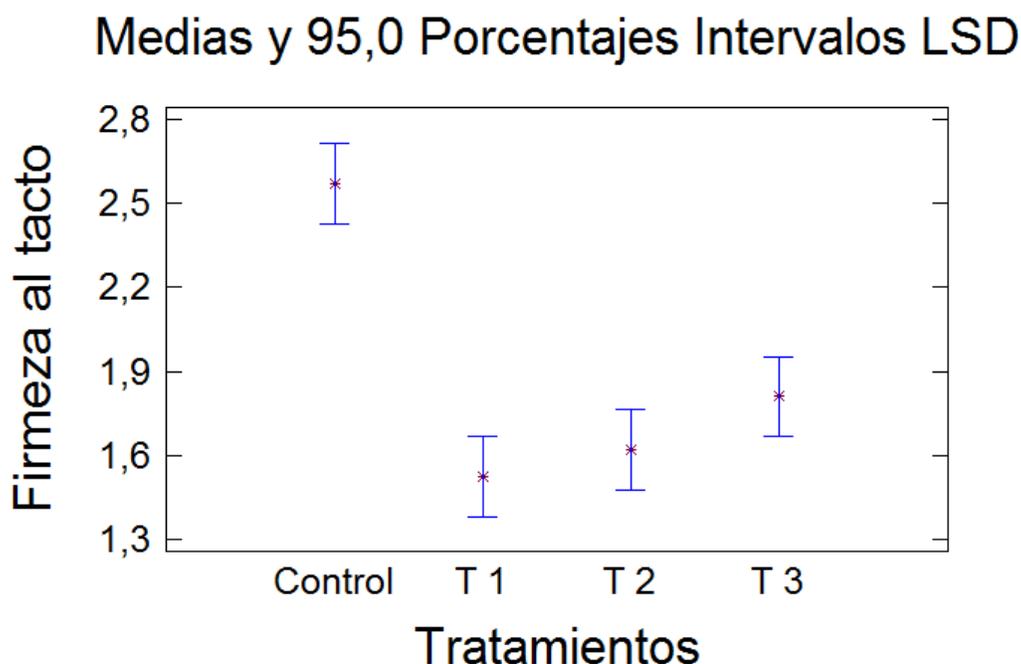
Análisis de la Varianza para Firmeza al tacto - Sumas de Cuadrados de Tipo III

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Tratamientos	14,2381	3	4,74603	21,60	0,0000
B:Día	46,3095	6	7,71825	35,12	0,0000
RESIDUOS	16,2619	74	0,219755		
TOTAL (CORREGIDO)	76,8095	83			

En la figura 4 se puede observar la homogeneidad de los grupos, siendo el control estadísticamente diferente a los tratamientos con UV-C y es el mismo que perdió mayor firmeza en el transcurso de los 18 días. Además, se observa que los tratamientos T1, T2 y T3 (0,225 KJ/m²; 0,45 KJ/m² y 0,90 KJ/m² respectivamente) son estadísticamente homogéneos con respecto a la firmeza, indicando que los 3 tratamientos evitan la pérdida de firmeza de manera similar, sin embargo, en la figura 4 se puede observar que el tratamiento 1 con 0,225 KJ/m² es el que reporta una firmeza más alta que los demás tratamientos.

Figura 4

Contraste múltiple de rangos entre los diferentes tratamientos en la firmeza al tacto.



Resultados de tratamiento UV-C sobre la pérdida de peso

En los 18 días de almacenamiento en refrigeración a 4 grados centígrados, los hongos irradiados como los no irradiados perdieron peso con respecto al día 0. Los valores obtenidos se detallan en los anexos y sus valores promedios expresados en porcentaje de pérdida de peso se detallan en la tabla 4. La pérdida de peso fue menor en el tratamiento T1 (0.225 KJ/m²) con un valor de 22,7%, seguido por el tratamiento T2 (0.45 KJ/m²) con 37,6% de pérdida de peso. Por último, el tratamiento T3 y el control fueron los que presentaron mayor pérdida de peso con 44,8 y 54,1% respectivamente como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4

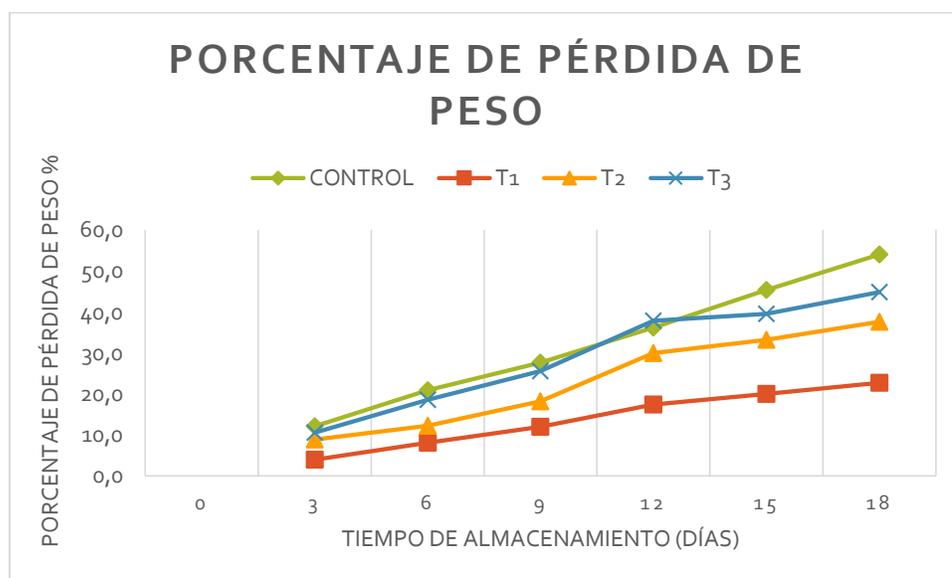
Valores obtenidos en las mediciones de la pérdida de peso del control

Día	Porcentaje de pérdida de peso (%)			
	CONTROL	T1	T2	T3
0				
3	12,0	4,0	8,9	10,5
6	20,9	8,0	12,1	18,6
9	27,7	12,0	18,2	25,5
12	36,1	17,3	29,9	37,9
15	45,3	20,0	33,2	39,5
18	54,1	22,7	37,6	44,8

Los valores promedio obtenidos se usaron para graficar varias curvas de crecimiento en las que se evidencian las diferencias entre tratamientos y el control, en donde el tratamiento T1 es el que menos pierde peso y el control el que más pierde peso como se muestra en la figura 5.

Figura 5

Comparación de los distintos tratamientos con respecto a la variación de la pérdida de peso de los hongos durante el almacenamiento a 4°C



El análisis estadístico demostró que existen diferencias significativas entre los tratamientos, lo que se puede observar en la ilustración 2 que muestra el análisis de varianza ANOVA con un p-valor menor a 0,05.

Ilustración 2

Resumen del Test ANOVA para la influencia de los tratamientos sobre el tiempo de almacenamiento y un DMS para la clasificación de grupos.

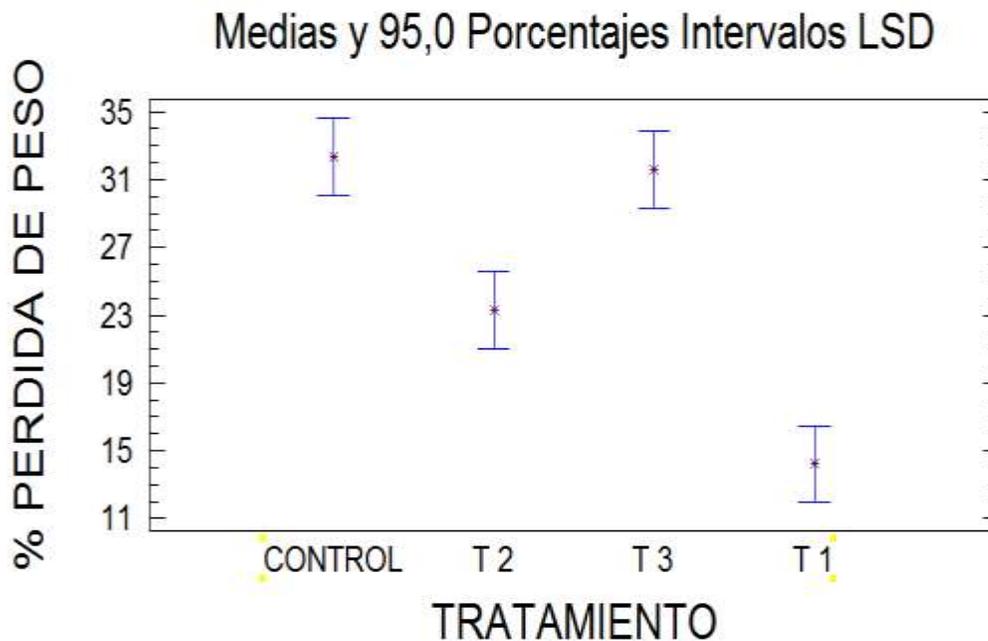
Análisis de la Varianza para PORCENTAJE DE PERDIDA DE PESO - Sumas de Cuadrados de Tipo III

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
EFECTOS PRINCIPALES					
A:TRATAMIENTO	1295,63	3	431,878	31,69	0,0000
B:DIA	2892,25	5	578,451	42,45	0,0000
RESIDUOS	204,407	15	13,6271		
TOTAL (CORREGIDO)	4392,29	23			

De igual manera en la figura 6 se muestra la homogeneidad de los grupos en donde el control es estadísticamente homogéneo al tratamiento T3 e indican que son los que pierden mayor peso durante los 18 días de estudio. Los tratamientos T1 y T2 son significativamente diferentes siendo el T1 el que menor pérdida de peso presentó, aproximadamente un 14,9% menos que el tratamiento T2.

Figura 6

Contraste múltiple de rangos entre los diferentes tratamientos en el porcentaje de pérdida de peso.



Resultados de tratamiento UV-C sobre la activación micelial

Durante los 18 días de almacenamiento en refrigeración se evidenció una activación micelial en todos los tratamientos, en donde se observó un retraso en la aparición del micelio en los hongos sometidos al tratamiento con UV-C, como se muestra en la tabla 5.

Tabla 5

Indicadores obtenidos en las mediciones promedio de la activación micelial.

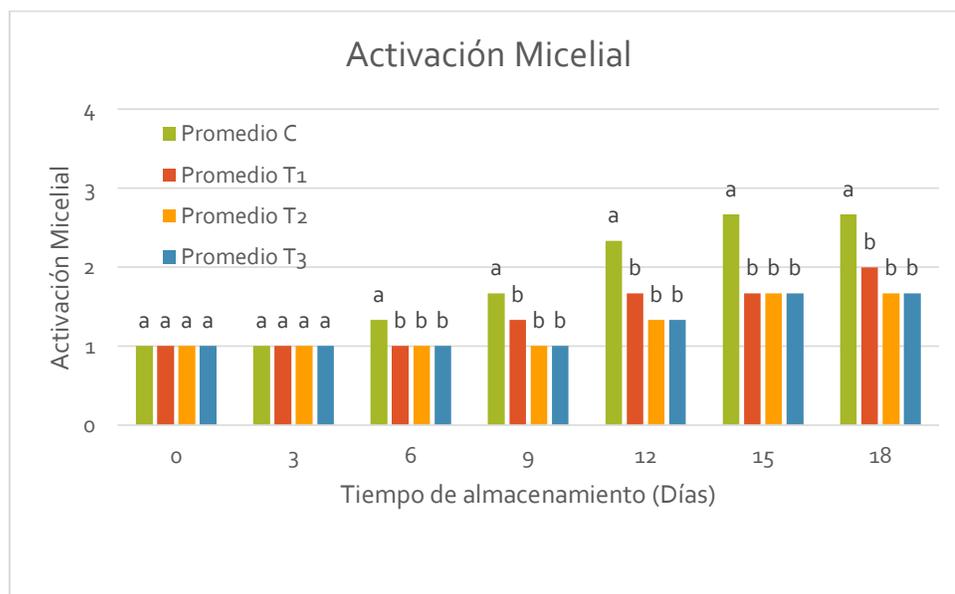
Día	Activación micelial			
	Promedio C	Promedio T1	Promedio T2	Promedio T3
0	1	1	1	1
3	1	1	1	1
6	1	1	1	1
9	2	1	1	1
12	2	2	1	1
15	3	2	2	2
18	3	2	2	2

*1: 0% no hay activación, 4: 100% activación completa

Con los valores obtenidos de la tabla 5 se realizó la figura 7, a partir del día 6 en el control comenzó a activarse el micelio de la superficie, mientras que en los hongos sometidos al tratamiento con UV-C la activación comenzó a partir del día 9 para el tratamiento T1 y el día 12 para el tratamiento T2 y T3. A partir del día 15 se observó que en el control el micelio se activó completamente abarcando más del 50% de la superficie del hongo, mientras que en los tratamientos apenas cubrió un 25% de la superficie.

Figura 7

Comparación de los distintos tratamientos con respecto a la variación de la activación micelial de los hongos durante el almacenamiento a 4°C



**Letras diferentes indican diferencias significativas entre los tratamientos y en los días de análisis ($p < 0.05$)*

Se observa en la ilustración 3 que p-valor es menor a 0,05 indicando que los tratamientos tienen una incidencia en la activación micelial.

Ilustración 3

Resumen del Test ANOVA para la influencia de los tratamientos sobre el tiempo de almacenamiento y un DMS para la clasificación de grupos

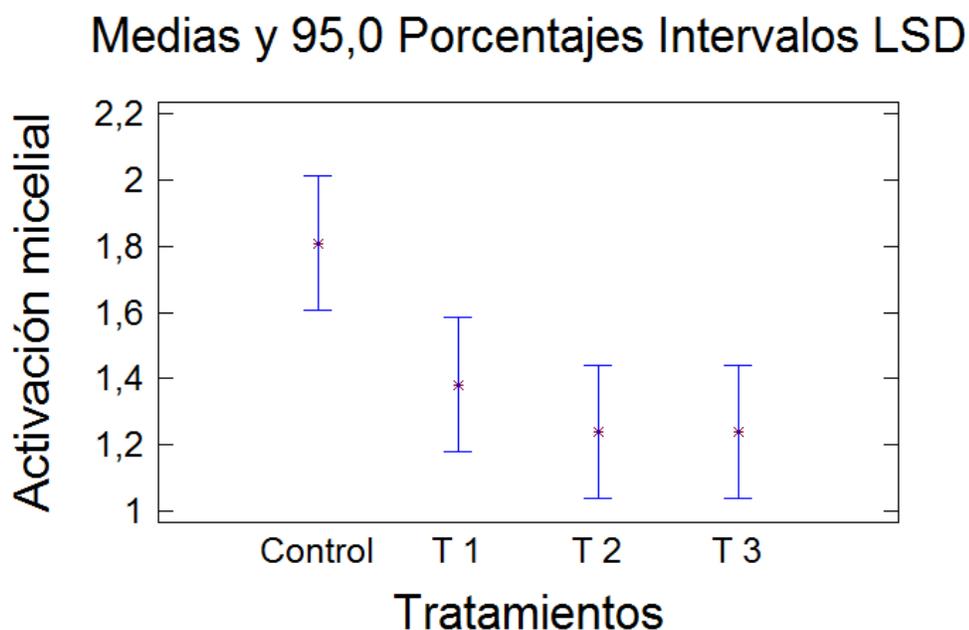
Análisis de la Varianza para Activación micelial - Sumas de Cuadrados de Tipo III

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Tratamientos	4,60714	3	1,53571	3,54	0,0188
B:Día	13,6667	6	2,27778	5,24	0,0002
RESIDUOS	32,1429	74	0,434363		
TOTAL (CORREGIDO)	50,4167	83			

De igual manera en la figura 8 se muestra la homogeneidad de los grupos en donde los tratamientos T1, T2 y T3 son estadísticamente homogéneos entre sí pero no al control e indica que es el que mayor activación micelial presento durante los 18 días de estudio.

Figura 8

Contraste múltiple de rangos entre los diferentes tratamientos en el porcentaje de pérdida de peso.



En la Figura 9 se puede observar los síntomas de deterioro que presentaron los hongos irradiados con UV-C y los no irradiados, se evidenció que los hongos tratados mantuvieron mejores características durante los 18 días de almacenamiento en comparación con las muestras control que presentaron un daño severo.

Figura 9

Síntomas de daño en los hongos no irradiados y en los hongos irradiados durante el almacenamiento

Tratamientos/ Días	Control	T1 (0.225 KJ/m ²)	T2 (0.45 KJ/m ²)	T3 (0.90 KJ/m ²)
0				
3				
6				
9				



Resultados de tratamiento UV-C sobre el pardeamiento visual

Durante los 18 días de almacenamiento refrigerado tanto los hongos control como los tratados con la radiación UV-C presentaron pardeamiento. Los datos obtenidos se detallan en los Anexos y se muestran los promedios de los mismos en la tabla 6.

Tabla 6*Indicadores obtenidos en las mediciones del pardeamiento visual*

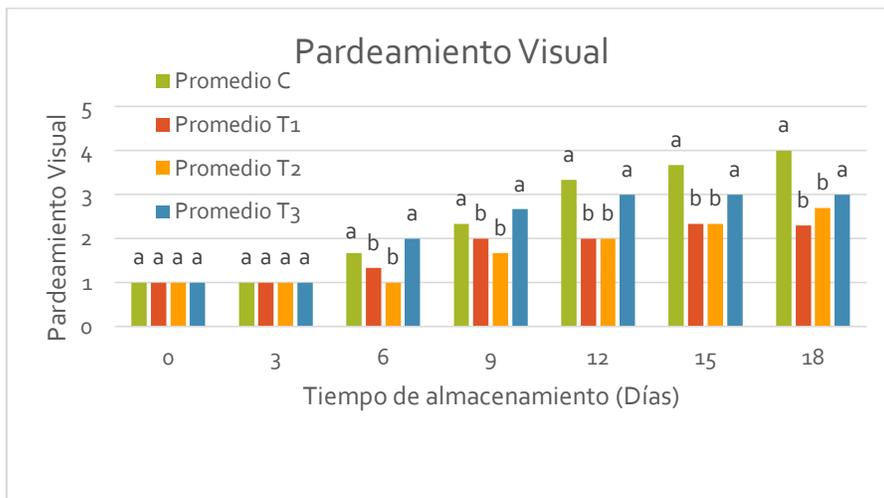
Pardeamiento visual				
Día	Promedio C	Promedio T1	Promedio T2	Promedio T3
0	1	1	1	1
3	1	1	1	1
6	2	1	1	2
9	2	2	2	3
12	3	2	2	3
15	4	2	2	3
18	4	2	3	3

*1: Blanco característico, 4: totalmente bronceado

Con los valores obtenidos de la tabla 6 se realizó la figura 10 que representa una gráfica de barras que muestra la variación del pardeamiento visual de los hongos ostra a lo largo de los 18 días de medición. A partir del día 6 se pudo observar un cambio en el color tanto en el control como en las muestras tratadas siendo el control y el tratamiento T3 los que mayor índice de pardeamiento presentaron.

Figura 10

Síntomas Comparación de los distintos tratamientos con respecto a la variación del pardeamiento visual de los hongos durante el almacenamiento a 4°C



*Letras diferentes indican diferencias significativas entre los tratamientos y en los días de análisis ($p < 0.05$)

El análisis estadístico demostró que existen diferencias significativas entre los tratamientos, lo que se puede observar en la ilustración 4 que muestra el análisis de varianza ANOVA con un p-valor menor a 0,05.

Ilustración 4

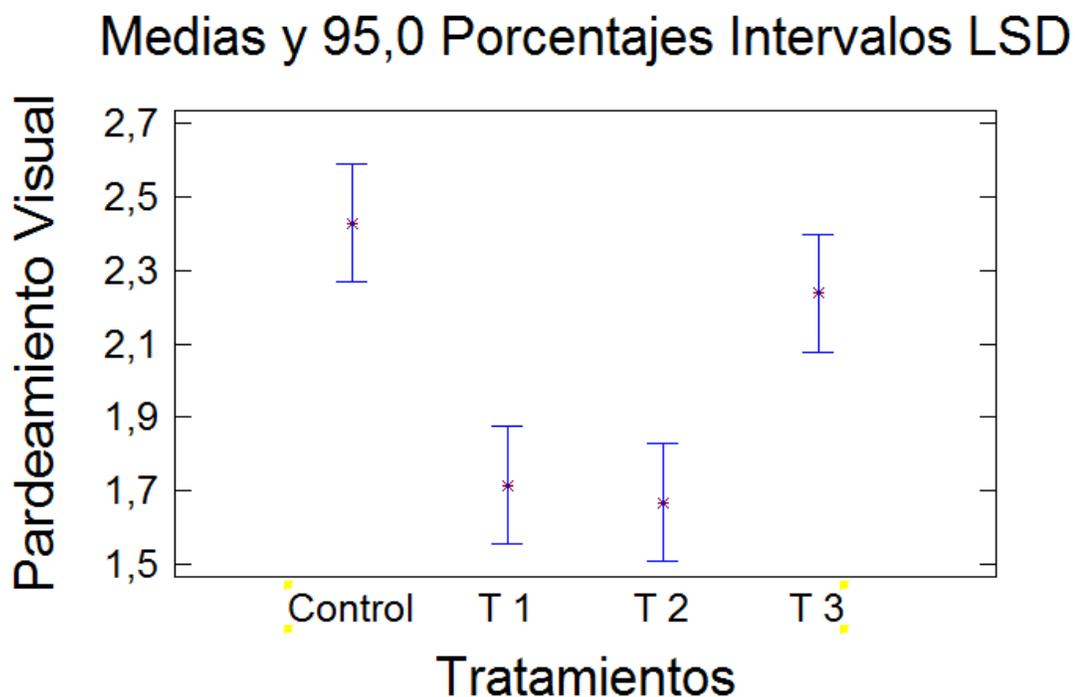
Resumen del Test ANOVA para la influencia de los tratamientos sobre el tiempo de almacenamiento y un DMS para la clasificación de grupos

Análisis de la Varianza para Pardeamiento visual - Sumas de Cuadrados de Tipo III					
Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Tratamiento	9,08333	3	3,02778	11,11	0,0000
B: Días	51,7381	6	8,62302	31,64	0,0000
RESIDUOS	20,1667	74	0,272523		
TOTAL (CORREGIDO)	80,9881	83			

En la figura 11 se observa la homogeneidad de los grupos en donde el control es estadísticamente homogéneo al tratamiento T3 e indican que son los que se pardean de forma simultánea durante los 18 días de estudio. Los tratamientos T1 y T2 son estadísticamente homogéneos siendo ambos tratamientos similares en cuanto al efecto de pardeamiento visual los cuales presentaron un menor pardeamiento con respecto al control.

Figura 11

Contraste múltiple de rangos entre los diferentes tratamientos en el pardeamiento visual.



Resultados de tratamiento UV-C sobre el olor

Dentro de los 18 días de almacenamiento refrigerado se presentaron cambios en el olor característico del hongo. A partir del día 12 el control comenzó a presentar un cambio en el olor, mientras que en las muestras irradiadas se dio este cambio en el último día de observación (día 18) indicando que el tratamiento UV-C influye directamente en el desarrollo de malos olores en los hongos ostra, como se muestra en la tabla 7.

Tabla 7.

Indicadores obtenidos en las mediciones del olor

Olor				
Día	Promedio C	Promedio T1	Promedio T2	Promedio T3
0	1	1	1	1
3	1	1	1	1
6	1	1	1	1
9	1	1	1	1
12	2	1	1	1
15	3	1	1	1
18	4	2	2	2

*1: Olor característico, 4: Olor desagradable

Figura 12

Comparación de los distintos tratamientos con respecto a la variación del olor de los hongos durante el almacenamiento a 4°C



*Letras diferentes indican diferencias significativas entre los tratamientos y en los días de análisis ($p < 0.05$)

El análisis estadístico demostró que existen diferencias significativas entre los tratamientos, lo que se puede observar en la ilustración 5 que muestra el análisis de varianza ANOVA con un p-valor menor a 0,05.

Ilustración 5

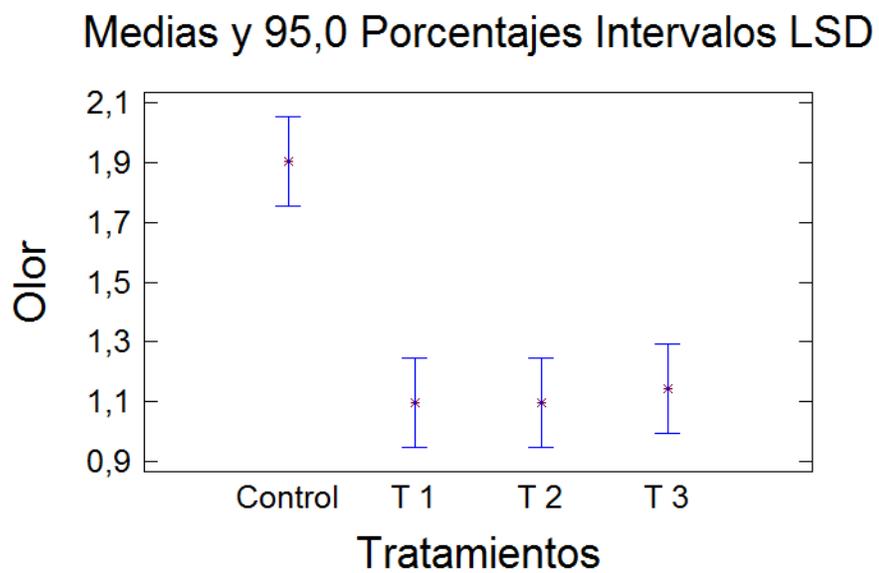
Resumen del Test ANOVA para la influencia de los tratamientos sobre el tiempo de almacenamiento y un DMS para la clasificación de grupos

Análisis de la Varianza para Olor - Sumas de Cuadrados de Tipo III					
Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
EFEKTOS PRINCIPALES					
A:Tratamientos	9,95238	3	3,31746	13,73	0,0000
B:Día	16,119	6	2,68651	11,12	0,0000
RESIDUOS	17,881	74	0,241634		
TOTAL (CORREGIDO)	43,9524	83			

La figura 13 muestra la homogeneidad estadística entre los grupos de los tratamientos T1, T2 y T3 y que son diferentes al control con respecto al olor durante los 18 días de estudio. Los tratamientos T1, T2 y T3 son similares entre sí, es decir que mantuvieron un olor muy parecido a la inicial. Mientras que el control se acercó más al indicador "olor desagradable" a partir del día 12, las muestra que fueron sometidas a tratamiento UV-C mantuvieron su olor característico por casi los 18 días completos de estudio.

Figura 13

Contraste múltiple de rangos entre los diferentes tratamientos en el Olor.



Discusión

Efecto de la radiación UV-C en la vida útil

Según Agarwal (2017) los parámetros que determinan la calidad de los hongos ostra y su tiempo de vida útil comercial son la apariencia física, la firmeza, el pardeamiento, el olor y la activación micelial. Los hongos ostra tienen una vida útil de 8 a 12 días aproximadamente y esto puede generar un problema al momento de comercializarlos debido a que existe mayor riesgo de pérdida del producto. Determinar un tratamiento adecuado que alargue el tiempo de vida útil es de gran importancia en esta industria. Se han realizado estudios previos con champiñón *Agaricus bisporus* aplicando radiación UV-C para prolongar la vida útil de los mismos y reducir su carga microbiana. Wenquiang (2011), demostró que las dosis de UV-C de 0.45 – 3,15 KJ/m² redujeron la carga microbiana de *E. coli* en el champiñón, además evitaron el desarrollo de lesiones en la superficie del hongo. Otros estudios en los que se ha utilizado radiación UV-C demuestran que la misma incrementa el tiempo de vida útil de los productos irradiados, por ejemplo, Beltrán (2010), demostró que la calidad de la fresa mejora al ser irradiada con dosis de 4,93 kJ/m² y reduce su proceso de maduración prolongando el tiempo de comercialización de la misma. Así mismo, Andrade (2010), determinó que la dosis de 13 KJ/m² en la carambola aumentó el tiempo de vida útil en 7 días más a las muestras no irradiadas. Por lo tanto, realizar pruebas con radiación UV-C en los hongos ostra puede mejorar el tiempo de vida comercial del mismo.

Firmeza al tacto

Los resultados obtenidos con respecto a la firmeza mostraron que los tratamientos con UV-C en cualquiera de sus dosis mantienen durante mayor tiempo la firmeza característica del hongo. Esto puede deberse a que según Guijarro (2012), la firmeza de los alimentos vegetales se debe a la integridad de las paredes celulares, por tanto, los tratamientos con radiación reducen la actividad enzimática dentro de la pared celular, retrasando la degradación de la misma y su consecuente ablandamiento.

Se pudo observar que en todas las dosis de estudio se mantuvo el mismo efecto con respecto a la firmeza y no existió diferencia significativa entre los tratamientos. Sin embargo, la muestra control perdió su firmeza a partir del día 6, indicando que el tratamiento UV-C es efectivo para esta variable. Resultados similares se obtuvieron en un estudio sobre carambola, en donde Andrade (2010), indicó que las muestras irradiadas con UV-C perdieron la firmeza a partir de los 14 días, mientras que el control de este estudio perdió su firmeza en el día 9.

Se muestra en la Ilustración 1 se pudo observar que existen diferencias significativas entre los tratamientos y el control, sin embargo, los tres tratamientos conservan la firmeza, estadísticamente por igual, es decir la radiación UV-C evita que los hongos ostra pierdan su firmeza de forma más paulatina a lo largo de los 18 días de almacenamiento refrigerado.

Pérdida de peso

La pérdida de peso en los hongos se da principalmente por su elevada tasa de transpiración y respiración que provoca una pérdida de agua después de la cosecha. En los hongos, el agua es el componente más abundante, entre 90 a 93% (Haeng-oon, Pyungchang-dong, & Jongno-gu, 2004), y son altamente sensibles a la deshidratación. Es por esto que es un parámetro muy importante al momento de comercializarlos ya que tienden a perder peso muy rápidamente y por ende disminuyen su valor monetario. Se pudo comprobar que los hongos sin tratamiento pierden hasta 21% de peso en los primeros 6 días después de su cosecha, mientras que las muestras irradiadas con el tratamiento T1 (0.225 KJ/m²) y T2 (0.45 KJ/m²) pierden menos peso en el mismo lapso de tiempo, siendo el tratamiento T1 con la mínima dosis de UV-C la que mejor mantiene el peso del hongo. Por otro lado, el tratamiento T3 con la más alta dosis (0.90 KJ/m²) se mantuvo similar al control. Esto puede deberse que según Guijarro (2012), la radiación UV-C disminuye la tasa de respiración de las células irradiadas debido a que los rayos UV-C reducen la actividad de las enzimas involucradas en estos procesos metabólicos y por tanto se disminuye la pérdida de agua. Sin embargo las dosis altas de UV-C pueden provocar un efecto destructivo en las células de los hongos y las enzimas involucradas en la respiración, de tal manera que se provoca un efecto de deshidratación en las muestras irradiadas (Valarezo, 2019), esto es lo que sucedió en el tratamiento T3 que la dosis alta de UV-C hizo que la pérdida de peso se asemeje a la del control. Los mismos resultados se dieron en un estudio con naranjilla, en donde una dosis demasiado alta de

UV-C hizo que la fruta pierda su firmeza y se reduzca su peso con mayor rapidez que la muestra control de este estudio (Valarezo, 2019). En el caso de los hongos ostra el tratamiento que conservo de mejor manera el peso fue el T1 con una dosis de 0.225 KJ/m².

Activación micelial

En los hongos ostra bajo ciertas condiciones después de su cosecha, se produce el crecimiento del micelio primario sobre el cuerpo fructífero a lo que se denomina activación micelial (Haeng-oon, Pyungchang-dong, & Jongno-gu, 2004). Este parámetro es muy importante a la hora de la comercialización debido a que la aparición del micelio puede generar confusión en los consumidores ya que puede asemejarse al crecimiento de hongos descomponedores. Según Agarwal (2017), La activación del micelio se puede dar por condiciones de aireación excesiva, baja temperatura y exceso de humedad, que generalmente son las condiciones que se pueden dar en refrigeración. Sin embargo, los tratamientos con radiación UV-C inactivan el micelio debido a que genera mutaciones a nivel celular, haciendo que los hongos pierdan su vigorosidad inicial (Wenqiang, Xuetong , & Ruixiang, 2011).

En los resultados obtenidos se observó que en la muestra control que no fue irradiada, el micelio comenzó a activarse en los cuerpos fructíferos a partir del día 9, mientras que en las que fueron irradiadas con UV-C se activaron a partir del día 12 para el tratamiento T1 y del día 15 para el tratamiento T2 y T3. En todas las muestras

irradiadas, el micelio no llegó a abarcar más del 25 % de la superficie del cuerpo fructífero y además se observó un crecimiento débil. En cambio, en la muestra control el micelio abarcó más de un 50 % de la superficie y su crecimiento era vigoroso y muy notable. Al ser este un parámetro de gran importancia durante la comercialización, se puede decir que los tratamientos con UV-C son muy adecuados para reducir la activación micelial.

Pardeamiento visual

El pardeamiento en los hongos ostra es un proceso natural que se da debido a la oxidación celular por la presencia de enzimas oxidasas propias del hongo (Lasso, 2019), los tratamientos con rayos UV-C tienden a acelerar este proceso o broncear la superficie del hongo. Este es una de las desventajas que se da al momento de aplicar rayos UV. En un estudio realizado con champiñón *Agáricus bisporus* por Wenqiang (2011), se determinó que, a pesar de incrementar la vida útil de los mismos, tuvieron un ennegrecimiento o bronceado, el cual era más severo conforme se aumentaban las dosis de UV-C. Del mismo modo, se observó que los hongos ostra sometidos a la mayor radiación (T3: 0.90 KJ/m²) se pardearon más que los que se sometieron a menor dosis. En este caso, el control presentó similar pardeamiento al tratamiento T3 debido a su proceso natural de degradación. Por el contrario, los hongos sometidos a dosis inferiores, como el tratamiento T1 (0.225 KJ/m²) y T2 (0.45 KJ/m²) se pardearon en menor proporción, esto se debe a que según Wenqiang (2011), la radiación inhibe la actividad de las enzimas oxidasas presentes en el hongo, ralentizando su pardeamiento.

Estos mismos resultados se pueden observar en diferentes alimentos, por ejemplo, en un estudio realizado con naranjilla por Valarezo (2019), se demostró que las altas dosis de UV-C produjeron cambios en el color superficial de la naranjilla tendiendo a su oscurecimiento, sin embargo, el sometimiento a dosis bajas mantuvo el color característico de la naranjilla durante los 21 días de estudio.

Olor

El olor característico de los hongos es ligeramente dulce, muy parecido al olor de las almendras, debido a la producción de benzaldehído (Haeng-oon, Pyungchang-dong, & Jongno-gu, 2004). Conforme transcurren los días de almacenamiento proliferan bacterias en la superficie de los hongos, provocando una pudrición lenta. Según Valarezo (2019), los rayos UV-C reducen la carga microbiana presente en la superficie de los hongos y además impiden la proliferación de las bacterias. Esto se produce debido a una alteración en las funciones metabólicas y enzimáticas de la membrana celular de las bacterias; sin embargo, la efectividad de esto va a depender de la dosis de radiación seleccionada, ya que, si bien se reduce la carga microbiana, también podría causar daños en las células del hongo ostra irradiado (Suárez, 2001). Esto es lo que precisamente se observó en los resultados obtenidos, en donde todos los tratamientos con UV-C evitaron los malos olores durante los 18 días, mientras que el control presentó mal olor a partir del día 12. En este caso, ninguna dosis fue lo suficientemente alta para dañar las células del hongo y por tanto los 3 tratamientos fueron homogéneos con respecto al olor.

Prolongación de la vida útil de los hongos ostra

Con respecto a todos los parámetros analizados en el presente estudio, se observó que la radiación UV-C incide positivamente en la vida útil de los hongos ostra. Los tres tratamientos fueron estadísticamente homogéneos entre sí para algunos de los parámetros analizados, como firmeza, olor y activación micelial, sin embargo, difieren en otros parámetros que son fundamentales para establecer la influencia en la prolongación de la vida útil de los hongos ostra, como el pardeamiento y la pérdida de peso. En estos últimos parámetros se determinó que el mejor tratamiento fue el T1 ya que conserva de mejor manera las características del hongo, incrementando la vida útil en al menos 5 días. Esto se corrobora debido a que el control, a partir del día 12, comenzó a presentar malos olores, pardeamiento, poca firmeza, actividad micelial en el 50% del cuerpo fructífero y presentó un mayor porcentaje de pérdida de peso. En cambio, con el tratamiento T1 los mismos síntomas comenzaron a aparecer gradualmente a partir del día 15, y fueron notorios (similares a la muestra control) en el día 18.

Conclusiones

Se evaluó la aplicación de la radiación UV-C sobre la calidad fisicoquímica y fisiológica de los hongos tipo ostra (*Pleurotus ostreatus*) en donde se determinó que la radiación UV-C influye positivamente en la calidad de los hongos.

Se determinó que la dosis óptima que mantuvo de mejor manera las características fisiológicas y fisicoquímicas del hongo fue la de 0,225 KJ/m² con un tiempo de exposición a la radiación de 30 segundos. Esta dosis aumentó la vida útil del hongo por 5 días extra en comparación a los hongos no irradiados.

Se determinó que los parámetros analizados como firmeza al tacto, pérdida de peso, activación micelial, pardeamiento y olor, no son directamente proporcionales ni equivalentes entre sí y por ende no se puede calcular un índice de deterioro visual generalizado, por lo que los parámetros se analizaron por separado.

Se determinó que la firmeza al tacto y el olor se conservan de mejor manera en las muestras irradiadas, así como se redujo considerablemente la activación micelial en comparación al control.

Las muestras sometidas al tratamiento de 0,225 KJ/m² se pardearon en menor intensidad que el control y que los otros tratamientos, y a su vez perdieron menor peso a lo largo de los 18 días de almacenamiento refrigerado.

Por último, el tratamiento con radiación UV-C se presenta como una alternativa efectiva para aumentar la vida útil de los hongos ostra si alterar significativamente sus propiedades fisicoquímicas.

Recomendaciones

Se recomienda realizar análisis nutricionales y de antioxidantes a los hongos ostra después de someterse a un tratamiento con radiación UV-C para determinar posibles alteraciones en la composición química de los hongos.

Se recomienda realizar ensayos para aumentar la vida útil de los hongos con cámaras de ozono ya que uno de los efectos de la luz UV-C es la generación de ozono, y sería recomendable analizar estos efectos por separado.

Se recomienda almacenar los hongos en refrigeración a una temperatura homogénea debido a que las fluctuaciones pueden interferir en los parámetros analizados.

Bibliografía

- Agarwal, S., Kushwaha, A., Verma, V., & Singh, M. (2017). *Nutritional attributes of Pleurotus mushroom*. Nova Science Publishers.
- Barberán, T., Espín, J., & Villar, C. (2005). *Tratamiento postcosecha de frutas y hortalizas mediante pulsos de irradiación ultravioleta*.
- Bobek, P., Hromadova, M., & Ozdin, L. (1995). *Oyster mushroom (Pleurotus ostreatus) reduces the activity of 3-hydroxy-3-methylglutaryl CoA reductase in rat liver microsomes*. Angeles: Nutrition.
- Chang, S. T., & Miles, P. (1989). *Edible Mushrooms and Their Cultivation*. Florida: CRC press.
- Courvoisier, M. (1999). *Les Champignons comestibles dans le monde*. Bul: Fed. Nat. Champ.
- Cury, K., Aguas, Y., Martinez, A., & Olivero, R. (2017). *Residuos agroindustriales su impacto, manejo y aprovechamiento*. Bogota: Ciencia Animal-RECIA.
- Fonseca, J. (2009). *Tratamiento ultravioleta: Efectos de la luz UV-C en calidad de hortalizas*. Productores de hortalizas.
- Gonzales-Aguilar, G., Ayala-Zabala, J., Rivera-López, J., Villegas-Ochoa, M., & Espinoza, W. T. (2005). *Reducción de deterioro en frutos de mango, durazno y nectarina utilizando irradiación ultravioleta (UV-C)*. Ciencia en la frontera.
- González, M. D. (1989). *Orígenes y bases de la revolución biotecnológica*. Revista del Centro de Estudios Constitucionales.
- Guan, W., Fan, X., & Yang, R. (2012). *Effects of UV_C treatment on inactivation of Escherichia coli O157:H7, microbial loads, and quality of button mushrooms*. Postharvest Biology and Technology.
- Guerrero, A. (2010). *Influencia de la radiación UV-C como tratamiento postcosecha sobre carambola (averocha carambola 1.)*. Quito, Ecuador: Universidad tecnologica Equinoccial.
- Haeng-oon, B., Pyungchang-dong, & Jongno-gu. (2004). *Manual Gircolas de cultivo de hongos ostra*. Seoul: MushWorld.

- Infoalimenta. (2019). *Propiedades nutricionales y saludables de los hongos* . Recuperado el 20 de Septiembre de 2020, de <http://infoalimenta.com/ciencia/129/65/propiedades-nutricionales-y-saludables-de-los-hongos/>.
- Karen , S., Chi, H., Yuanye, X., Marcus , P., Glicina, R., Russell, M., & Paterson, R. (2015). *From 2000 years of Ganoderma lucidum to recent developments in nutraceuticals* . Portugal: Elsevier.
- Ko, J. A., Lee, J. S., & Park, H. J. (2008). *Effect of UV-B exposure on the concentration of vitamin D2 in sliced shiitake mushroom (Lentinus edodes) and white button mushroom (Agaricus bisporus)*. Journal of agricultural and food chemistry.
- López-Díaz, A., Palou, E., & López-Malo, A. (2012). *Radiación ultravioleta en jugos de frutas: fundamentos y aplicaciones*. Puebla: Temas selectos de ingeniería de Alimentos.
- Mousati, N., & Torres, H. (2011). *Trihalometanos en aguas de consumo humano*. Pamplona, España: Revista de Toxicología.
- Quevedo , H. J., Maury, G. L., & Savón, R. C. (2018). *Evaluación de la actividad inmunomoduladora de bioproductos obtenidos de la seta comestible-medicinal pleurotus ostreatus*. Habana, Cuba: Anales de la Academia de Ciencias de Cuba.
- Reho, I. (2011). *Sistemas de control de patógenos por radiación UV*. Productores de hortalizas.
- Reserch, T. M. (2019). *EL mercado mundial de hongos romperá la marca de 69 mil millones de dólares para 2024*. Obtenido de <https://www.transparencymarketresearch.com/pressrelease/mushroom-market.htm>.
- Ribero, C., Canada, J., & Alvarenga, B. (2012). *Prospects of UV radiation for application in prosharvest technology*. Emirates Journal of Food and Agriculture.
- Royse, D. J., & Sánchez, J. (2017). *Produccion mundial de setas Pleurotus spp. con énfasis en países iberoamericanos. La biología, el cultivo y las propiedades nutricionales y medicinales de las setas Pleurotus spp*. Tapachula: El colegio de la Frontera Sur.
- Sosa, C. (2009). *Zapallo Anco (CUCURBITA MOSCHATA, D.) fresco cortado tratado con luz UV-C FACENA*. Argentina: Universidad Tecnológica Nacional.
- Souci, S. W., Fachman, W., & Krant, H. (1989). *Food Composition and Nutrition Tables*. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbh.

- Stevens, C., & Verhé, R. (2004). *Renewable bioresources: scope and modification for non-food applications*. John Wiley & Sons.
- Valnero, M., Quiroz, M., & Alvarez, C. (2010). *Utilización de Residuos Forestales Lignocelulósicos para Producción del Hongo Ostra*.
- Vasantha, H. P., & Yu, L. (2012). *Emerging Preservation Methods for Fruit Juices and Beverages*. Shangai, China: Intech Shangai.
- Vega, A., & Franco, H. (2013). *Productividad y calidad de los cuerpos fructíferos de los hongos comestibles *Pleurotus pulmonarius* RN2 y *P. djamor* RN81 y RN82 cultivados sobre sustratos lignocelulósicos*. Información tecnológica.
- Wilchez Rodríguez, J. C. (2015). *Valoración y crecimiento de hongos comestibles nutraceutico y nutraceuticos en sustratos agroindustriales del Valle del Cauca*. Valle del Cauca, Colombia.

Anexos