



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

“PROCESADO MÍNIMO DE *Pleurotus ostreatus*”

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS
EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGROALIMENTARIA

PRESENTA:

VENTURA AGUILAR ROSA ISELA



SEPTIEMBRE DE 2009
CHAPINGO, ESTADO DE MÉXICO



DIRECCIÓN GENERAL ACADÉMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXÁMENES PROFESIONALES

Tesis realizada por la alumna Rosa Isela Ventura Aguilar, bajo la dirección del Comité asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN
CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGROALIMENTARIA**

COMITÉ ASESOR

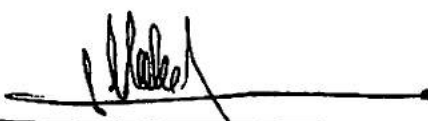
DIRECTOR:


DRA. MARIA TERESA COLINAS LEÓN

ASESOR:


DRA. MARIA TERESA MARTÍNEZ DAMIAN

ASESOR:


DR. SALVADOR VANLE GUADARRAMA

Chapingo, Texcoco, Estado de México, Septiembre de 2009

AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad Autónoma Chapingo**, por darme la oportunidad de formarme como profesionalista.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo económico brindado durante mi formación académica.

A la Dra. Ma. Teresa Colinas León por el apoyo incondicional y su decidida participación en la realización del presente trabajo de investigación.

A la Dra. Ma. Teresa Martínez por su paciencia y su acertada asesoría en el presente trabajo.

Al Dr. Salvador Valle por su oportuna asesoría y por el tiempo dedicado a la revisión de esta tesis.

A los profesores de la Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria, por contribuir en mi formación académica.

Al Ing. Cecilio por su apoyo incondicional durante el experimento y sus valiosas aportaciones.

A Margarita, Nadia, Rubén y a todos mis compañeros y amigos de la sexta generación; así como a las personas que sin aparecer en estas líneas compartieron momentos agradables conmigo, gracias por haber formado parte de mi vida.

DEDICATORIAS

**A mi madre, hermanos y
especialmente a mi hijo Emanuel**

DATOS BIOGRÁFICOS

Rosa Isela Ventura Aguilar, nacida en el Distrito Federal, el 23 de Noviembre de 1983; se formó académicamente en la Universidad Autónoma Chapingo a partir de la Preparatoria (1998-2001), pasando por la Licenciatura en Ingeniería Agroindustrial (2001-2005) y finalmente cursó una Maestría (2007-2009).

Email: iselaventura@yahoo.com.mx

Celular: 55 16356215

PROCESADO MÍNIMO DE *Pleurotus ostreatus*

MINIMALLY PROCESSED *Pleurotus ostreatus* MUSHROOMS

ROSA ISELA VENTURA AGUILAR
MAESTRIA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGROALIMENTARIA
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

(Bajo la dirección de Ma. Teresa Colinas León)

RESUMEN

Las setas presentan oscurecimiento y elevadas pérdidas de peso durante su vida poscosecha, afectándose la calidad organoléptica del producto, por ello el objetivo de este trabajo fue incrementar la vida útil de hongos mínimamente procesados, del género *Pleurotus*, mediante el uso de atmósferas modificadas (AM) (CP-9250, CRYOVAC® y sin cubierta plástica), temperatura (2, 5 y 17 °C) e inhibidores de oscurecimiento: a) 3 % eritorbato de sodio+1 % ácido cítrico y b) 1% eritorbato de sodio+1 % ácido cítrico y un testigo. Los resultados indican que mediante el uso de AM se produjo una reducción en la respiración, comparado con el testigo; mermas en peso de 1 %, menor actividad de la enzima Polifenoloxidasas (EC 1.10.3.1) e incremento en fenoles totales. El mejor tratamiento para prolongar la vida útil de *Pleurotus* fue el de película plástica, con inhibidores de oscurecimiento (3ES+1AC) y almacenamiento a 2 °C.

Palabras clave: eritorbato de sodio, ácido cítrico, vida útil, respiración, pérdida de peso

ABSTRACT

Mushrooms show susceptibility to darkening and high weight loss during their shelf life, affecting the organoleptic quality. Therefore, the objective of this study was to increase the shelf life of minimally processed *Pleurotus* mushrooms, using plastic films (CP-9250, CRYOVAC® and without film), temperatures (2, 5 and 17 °C) and darkening inhibitors: a) 3 % of sodium Erythorbate (SE) +1 % citric acid (CA) and b) 1% sodium erythorbate +1% citric acid. The results indicate that the use of plastic films produced a reduction in the respiratory rate, as compared to the control, weight losses of 1 %, and a reduction in luminosity loss, reduction in the activity of polyphenoloxidase (EC 1.10.3.1) and increase in total phenols. The best treatment to increase the shelf life of *Pleurotus* was the plastic films (CP-9250, CRYOVAC®) with darkening inhibitors (3SE+1CA) and storage at 2 °C.

Key words: sodium erythorbate, citric acid, shelf life, respiratory rate, weight loss

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	iii
DEDICATORIAS	iv
DATOS BIOGRÁFICOS.....	v
RESUMEN.....	vi
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE CUADROS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivos	3
1.2 Hipótesis.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Origen y distribución de <i>Pleurotus ostreatus</i> spp.	4
2.2 Importancia socioeconómica de los hongos.....	5
2.3 Morfología de las setas	8
2.4 Composición de <i>Pleurotus ostreatus</i>	10
2.5 Índices de cosecha.....	12

2.6 Índices de calidad	12
2.7 Fisiología y Bioquímica Postcosecha de <i>Pleurotus ostreatus</i>	13
2.7.1 Pérdida de humedad	13
2.7.2 Firmeza	14
2.7.3 Color	15
2.7.4 Intensidad Respiratoria	18
2.7.5 Etanol y acetaldehído	19
2.7.6 Polifenoloxidasas	20
2.7.7 Fenoles totales	23
2.8 Técnicas de conservación postcosecha en <i>Pleurotus ostreatus</i>	24
2.8.1 Temperatura	25
2.8.2 Atmosferas Modificadas	26
2.8.3 Irradiación	28
2.9 Productos mínimamente procesados	29
III. MATERIALES Y METODOS	32
3.1 Origen y características del material vegetal	32
3.2 Manejo del experimento	32
3.3 Material de empaque	34
3.4 Metodología	35

3.4.1 Variables físicas	35
3.4.1.1 Pérdida de Peso	35
3.4.1.2 Firmeza	35
3.4.1.3 Color	35
3.4.2 Variables fisiológicas	36
3.4.2.1 Intensidad Respiratoria	36
3.4.2.2 Etanol y acetaldehído	37
3.4.3 Variables bioquímicas.	39
3.4.3.1 Fenoles totales	39
3.4.3.2 Actividad de la enzima Polifenoloxidasa (EC 1.10.3.1)	40
3.5 Análisis Estadístico de los Resultados	41
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	42
4.1 Comportamiento postcosecha en <i>Pleurotus ostreatus</i> , almacenados en atmosferas modificadas, durante 28 días de almacenamiento.	42
4.1.1 Variables físicas	44
4.1.1.1 Pérdida de peso	44
4.1.1.2 Firmeza	46
4.1.1.3 Color	48
4.1.1.3.1 Luminosidad	48
4.1.1.3.2 Croma	53

4.1.2 Variables fisiológicas	55
4.1.2.1 Intensidad Respiratoria	55
4.1.2.2 Etanol y Acetaldehído	59
4.1.3 Variables bioquímicas	64
4.1.3.1 Actividad de la enzima Polifenoloxidasa (EC 1.10.3.1)	64
4.1.3.2 Fenoles totales	70
V. CONCLUSIONES	75
VI. RECOMENDACIONES	76
VII. LITERATURA CITADA	77

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación de los inhibidores de oscurecimiento. -----	16
Cuadro 2. Distribución de los tratamientos en el experimento de mínimo proceso de <i>Pleurotus ostreatus</i> .-----	34
Cuadro 3. Significancia estadística de las variables respuesta en <i>Pleurotus</i> mínimamente procesado almacenado a 2 ± 1 , 5 ± 1 y 17 ± 2 °C, con y sin película plástica y tratados con dos mezclas de inhibidores de oscurecimiento -----	42
Cuadro 4. Análisis de varianza de las variables respuesta en <i>Pleurotus ostreatus</i> mínimamente procesado durante 28 días de almacenamiento. -----	43
Cuadro 5. Efecto del factor película sobre la pérdida de peso (%) en <i>Pleurotus ostreatus</i> mínimamente procesado. -----	45
Cuadro 6. Comparación de medias del factor película sobre la pérdida de peso (%) en <i>Pleurotus ostreatus</i> mínimamente procesado. -----	46
Cuadro 7. Efecto de la interacción película*temperatura en la firmeza (kgf) de <i>Pleurotus ostreatus</i> mínimamente procesado.-----	47
Cuadro 8. Efecto de la interacción película*temperatura sobre la firmeza (Kgf) en <i>Pleurotus ostreatus</i> mínimamente procesado almacenado a 2 ± 1 , 5 ± 1 y 17 ± 2 °C, con y sin película plástica almacenados durante 28 días.-----	48
Cuadro 9. Efecto de la interacción película*temperatura en la Luminosidad de <i>Pleurotus ostreatus</i> mínimamente procesado.-----	49

Cuadro 10. Efecto de la interacción película*inhibidores de oscurecimiento en la Luminosidad de <i>Pleurotus ostreatus</i> mínimamente procesado.-----	49
Cuadro 11. Efecto de la interacción temperatura*inhibidores de oscurecimiento en la Luminosidad de <i>Pleurotus ostreatus</i> mínimamente procesado. -----	50
Cuadro 12. Efecto de las interacciones sobre la Luminosidad en <i>Pleurotus ostreatus</i> mínimamente procesado almacenado a 2 ± 1 , 5 ± 1 y 17 ± 2 °C, con y sin película plástica y tratados con dos mezclas de inhibidores de oscurecimiento, almacenados durante 28 días. -----	52
Cuadro 13. Efecto de los factores película y temperatura sobre el croma en <i>Pleurotus ostreatus</i> mínimamente procesado.-----	53
Cuadro 14. Efecto de la interacción película*temperatura en la intensidad respiratoria ($\text{mLCO}_2\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$) de <i>Pleurotus</i> mínimamente procesado. -----	56
Cuadro 15. Efecto de la interacción película*temperatura de almacenamiento sobre la intensidad respiratoria ($\text{mLCO}_2\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$) de <i>Pleurotus ostreatus</i> mínimamente procesado durante 28 días de almacenamiento.-----	57
Cuadro 16. Efecto del factor inhibidores de oscurecimiento sobre la intensidad respiratoria ($\text{mLCO}_2\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$) en <i>Pleurotus</i> mínimamente procesado. -----	58
Cuadro 17. Efecto de la interacción película*temperatura en la producción de acetaldehído ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ de peso fresco) en <i>Pleurotus ostreatus</i> mínimamente procesado. -----	61

Cuadro 18. Efecto de la interacción temperatura*inhibidores de oscurecimiento en la producción de acetaldehído ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ de peso fresco) en <i>Pleurotus ostreatus</i> mínimamente procesado.-----	62
Cuadro 19. Efecto de las interacciones sobre la producción de acetaldehído ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ de peso fresco) de <i>Pleurotus ostreatus</i> mínimamente procesado almacenado a 2 ± 1 , 5 ± 1 y 17 ± 2 °C, con y sin película plástica. -----	64
Cuadro 20. Efecto de la interacción película*temperatura sobre la actividad de la enzima polifenoloxidasas ($\text{UI}\cdot\text{g}^{-1}$ de peso fresco) en <i>Pleurotus ostreatus</i> mínimamente procesado.-----	65
Cuadro 21. Efecto de la interacción película*inhibidores de oscurecimiento sobre la actividad de la enzima polifenoloxidasas ($\text{UI}\cdot\text{g}^{-1}$ de peso fresco) en <i>Pleurotus ostreatus</i> mínimamente procesado.-----	66
Cuadro 22. Efecto de la interacción temperatura*inhibidores de oscurecimiento sobre la actividad de la enzima polifenoloxidasas ($\text{UI}\cdot\text{g}^{-1}$ de peso fresco) en <i>Pleurotus ostreatus</i> mínimamente procesado.-----	67
Cuadro 23. Efecto de las interacciones sobre la actividad de la enzima polifenoloxidasas ($\text{UI}\cdot\text{g}^{-1}$ de peso fresco) en <i>Pleurotus ostreatus</i> mínimamente procesado almacenados a 2 ± 1 , 5 ± 1 y 17 ± 2 °C, con y sin película plástica y tratados con dos mezclas de inhibidores de oscurecimiento.-----	69
Cuadro 24. Efecto de la interacción película*temperatura sobre la producción de fenoles totales ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ de peso fresco) en <i>Pleurotus ostreatus</i> mínimamente procesado.-----	70

Cuadro 25. Efecto de la interacción película*inhibidores de oscurecimiento sobre la producción de fenoles totales ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ de peso fresco) en *Pleurotus ostreatus* mínimamente procesado. -----71

Cuadro 26. Efecto de la interacción temperatura*inhibidores de oscurecimiento sobre la producción de fenoles totales ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ de peso fresco) en *Pleurotus ostreatus* mínimamente procesado. -----72

Cuadro 27. Efecto de las interacciones sobre la producción de fenoles totales ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ de peso fresco) en *Pleurotus ostreatus* mínimamente procesado almacenados a 2 ± 1 , 5 ± 1 y 17 ± 2 °C, con y sin película plástica y tratados con dos mezclas de inhibidores de oscurecimiento. -----74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Producción Mundial de Hongos y Trufas (2005).	6
Figura 2. Morfología de las setas.	10
Figura 3. Mecanismo de la polifenoloxidasa (PPO)	22
Figura 4. Relación estándar para determinar concentraciones de etanol	38
Figura 5. Relación estándar para determinar acetaldehído	39
Figura 6. Relación estándar para determinar fenoles totales	40
Figura 7. Valores alcanzados en índice de saturación (croma) en <i>Pleurotus ostreatus</i> mínimamente procesado para el factor a) película plástica (···●··· testigo y ---◇---película CP-9250®) y b) temperatura (—◇— 2±1°C, ···○··· 5±1°C y —■— 17±1°C) durante 28 días de almacenamiento	54
Figura 8. Intensidad respiratoria (mLCO ₂ ·kg ⁻¹ ·h ⁻¹) en <i>Pleurotus ostreatus</i> mínimamente procesado a 25±2 °C, tratado con 3% de eritorbato de sodio+1% de ácido cítrico (—■—), 1% de eritorbato de sodio+1% de ácido cítrico (—◇—) y sin tratamiento (·····●·····).	59

I. INTRODUCCIÓN

Los hongos son muy utilizados en el consumo humano por su facilidad de producción y propagación, entre ellos *Pleurotus spp*, que es una seta caracterizada por producir esporas sexuales en cuerpos fructíferos, llamados basidiocarpos (parte comestible), crecen en una diversidad de sustratos como en desechos de col, orujo de uva, bagazo, por mencionar algunos. Este hongo contiene 16 aminoácidos, vitaminas (B₁, B₂ y C), minerales y tiene un bajo aporte calórico. Además previene la hipertensión y proporciona fibras vegetales fáciles de digerir; características que le dan un valor alimenticio por arriba de la mayoría de las frutas y hortalizas que consumimos (Bermúdez *et al.*, 2003).

Según Ancona *et al.* (2005) México es el principal productor de setas en América, las cuales sólo son superadas en consumo por el champiñón. Sin embargo, su comercialización en fresco se ve afectado por sus altas tasas respiratorias, elevada transpiración y susceptibilidad a la oxidación (González *et al.*, 2005).

Ante ésta problemática en la comercialización, se pretende encontrar las condiciones óptimas durante el almacenamiento que permitan la conservación del hongo *Pleurotus*; y al mismo tiempo ofrecer una nueva presentación que facilite su consumo, a través de un mínimo procesado, que se define como un producto parcialmente elaborado que no requiere de preparación adicional para

su uso, el grado de procesamiento varía según el vegetal, pudiendo presentarse pelado, cortado, rallado, etc. (Romojaro *et al.*, 1996).

La aparición de los productos mínimamente procesados, también llamados de IV gama, está asociada a los cambios en los hábitos de consumo en donde la comodidad se presenta como una característica preferida por los consumidores ya que estos alimentos son prácticos para el consumo y de fácil preparación; además se modifican muy poco los atributos y características originales del producto fresco (Rodríguez *et al.*, 2006).

Por ello encontramos los mayores consumos de productos frescos cortados en países desarrollados, que tienen capacidad de consumo y hábitos de vida muy acelerados, tales como Estados Unidos donde su comercialización representa del 8-10 % de las ventas del sector frutas y hortalizas (Cantwell y Suslow, 2002) o Francia donde el 20 % de los consumidores compran productos cortados (González *et al.*, 2004).

En contraste con Estados Unidos y Francia en Latinoamérica la industria de frutos y vegetales cortados se ha desarrollado poco y está siendo impulsada por las cadenas de supermercados. Por ejemplo en Brasil (Sao Paulo) en 1999 se tenía un consumo de mínimos procesados de 1.3 %, con ventas aproximadas de 47 millones de pesos incrementándose con el paso del tiempo (González *et al.*, 2004). y en México (2003) se tuvo un consumo de frutas y vegetales frescos del 75 %, de los cuales el 0.6 % es consumido como fresco cortado, con ventas aproximadas de 80 millones de pesos (INEGI, 2003 ay b).

Por lo anterior, se estima que en los próximos años la comercialización de frutas y hortalizas frescas y en particular los productos precortados continuarán mostrando una dinámica comercial muy alta en donde la calidad y lo novedoso de los productos serán los factores clave para las empresas que incursionen en esta actividad (Mercado, 2004).

1.1 Objetivos

General

Evaluar el efecto de bajas temperaturas, películas plásticas e inhibidores de oscurecimiento en la conservación de *Pleurotus ostreatus* mínimamente procesado.

Particulares

Cuantificar los cambios físicos, fisiológicos y bioquímicos de *Pleurotus ostreatus* mínimamente procesado, que se presentan durante el almacenamiento.

Evaluar el efecto de dos mezclas de inhibidores de oscurecimiento (eritorbato de sodio y ácido cítrico) en los cambios de color de setas de mínimo proceso.

1.2 Hipótesis

El uso de bajas temperaturas, en combinación con inhibidores de oscurecimiento y películas plásticas, preservan las características de calidad en setas mínimamente procesadas.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Origen y distribución de *Pleurotus ostreatus* spp.

El cultivo de hongos comestibles es una actividad que se ha desarrollado desde hace más de 200 años en Europa con el cultivo del champiñón *Agaricus bisporus* y en Asia con el cultivo de especies como *Lentinula edodes* y *Auricularia* spp. Esta tecnología llegó al nuevo mundo hacia finales del siglo XIX y la primera mitad del siglo XX de una manera muy discreta. No fue sino hacia la segunda mitad de este siglo, gracias al mejoramiento de las técnicas existentes, que esta industria se hizo presente de una manera importante en varios países de América (Sánchez y Royse, 2001).

El cultivo de *Pleurotus* spp. pertenece al siglo XX. A pesar de ser relativamente reciente, ha tenido un desarrollo muy rápido, de tal manera que en la actualidad se cultiva en casi todas las latitudes del mundo (Sánchez y Royse, 2001).

Su caso merece una atención especial: más que cualquier otro de los géneros cultivados hasta ahora, debido a que no sólo aporta ventajas nutritivas, sino también económicas y sociales para México, ya que representa una fuente de empleo aún no explotada. Por otra parte su cultivo en subproductos agrícolas ha dado buenos resultados, por el bajo costo de producción; además de que los desechos que quedan pueden usarse como alimento para animales y así se minimizan los problemas de contaminación, erosión y ocupación ociosa de superficies cultivables (Medina y Ancona, 2004).

En México, la seta (nombre comercial con que se conoce en el país) empezó a cultivarse en 1974 (Martínez-Carrera, 1997), para 1997, la producción se estimaba en 1825 toneladas anuales (Leal, 1998) y para ese entonces, ya se consideraba a este país como el principal productor de *Pleurotus* spp., en toda América (Sánchez y Royse, 2001).

A partir de la década pasada se adaptaron las técnicas de cultivo conocidas empleando cepas silvestres y extranjeras. Por ello, grupos como los géneros *Auricularia*, *Volvariella*, *Cookeinia* y *Pleurotus*, entre otros son motivo de investigación y explotación comercial (Ancona *et al.*, 2005).

En la mayoría de las poblaciones del país, dichos hongos son comercializados en fresco, a granel o empacados en charolas de poliestireno o cajas de cartón tanto en mercados como tiendas de autoservicio (Soto *et al.*, 2005).

2.2 Importancia socioeconómica de los hongos

De acuerdo con la FAO (2007), el 61 % de la producción mundial de hongos y trufas se concentra en China (49 %) y Estados Unidos (13 %), como se muestra en la Figura 1.

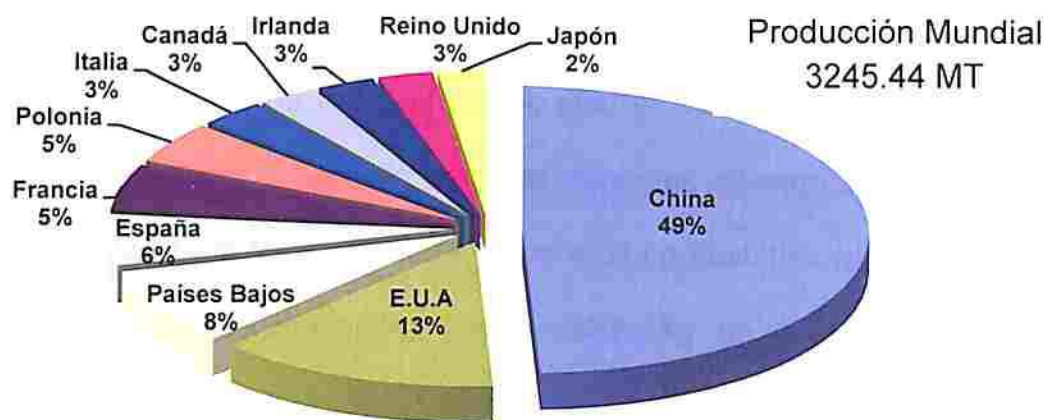


Figura 1. Producción Mundial de Hongos y Trufas (2005).

Fuente: FAO, 2007

El volumen de hongos producidos en México asciende a cerca de 28,000 toneladas por año. El 93 % corresponde a los champiñones (*Agaricus*), 6.97 % a las setas (*Pleurotus*), y 0.03 % al shiitake (*Lentinula*), obtenidas a partir de más o menos 280,000 toneladas de diversos subproductos agroindustriales y forestales, acelerando así su biodegradación y reciclaje en la naturaleza (Martínez y López, 2003).

La mayor parte de la producción del país se concentra en los Estados de Jalisco, Hidalgo, México, Morelos, Puebla, Querétaro, Tlaxcala y Veracruz (Martínez y López, 2003), consumiéndose principalmente en restaurantes de comida mexicana, italiana, española, china y francesa; así como en supermercados, tianguis y mercados regionales (Aguilar y Domínguez, 1996).

De acuerdo con las investigaciones llevadas a cabo por el Colegio de Postgraduados campus Puebla y realizadas por primera vez en el país, el

49.4% de los consumidores urbanos compran hongos comestibles, independientemente de su nivel social, sólo el 3.2 % de los consumidores de hongos comestibles manifestó comprar especies silvestres. Con estos datos, incluyendo la oferta total estimada de hongos comestibles (producción nacional disponible más importaciones) puede estimarse un consumo *per capita* de 0.346 kg en 1997 (Martínez-Carrera *et al.*, 2000) y 0.562 kg en 2004, considerando la población total del país. Si sólo se toma en cuenta la población consumidora de hongos comestibles, el consumo *per capita* en 2004 se eleva a 1.138 kg (Martínez-Carrera *et al.* 2007).

Aunque predominan los hongos frescos dentro de las preferencias, es importante resaltar que existe una fuerte tendencia de los consumidores mexicanos (40.3 %) por nuevos productos, tales como hongos comestibles cocinados, congelados, secos, entre otros (envasados, botanas, precocidos, rebanados, desinfectados) (Martínez-Carrera *et al.*, 2007).

Existe una creciente demanda de hongos comestibles en el mercado de los productos orgánicos y de consumidores vegetarianos, quienes lo perciben como un excelente producto sustituto de la carne. Asimismo, es posible desencadenar el consumo en aquel sector de consumidores urbanos que actualmente no compra hongos comestibles y que representa el 50.6 % de la población del país (Martínez-Carrera *et al.*, 2007).

2.3 Morfología de las setas

A partir del micelio subterráneo se forma una masa esférica llamada primordio o huevo, el cual al romperse, por la presión interior, deja salir al sombrero y parte superior del pie de la futura seta, cuyas partes constituyentes se muestran en la Figura 2 y se describen a continuación:

La cutícula: Es la membrana exterior que recubre al sombrero y pie, normalmente está formada por una o unas pocas capas de células (celular), o por una red compacta de filamentos hifales (filamentosa). En ambos casos puede contener o no sustancias colorantes almacenadas, fácilmente degradados por acción de la luz (Calonge, 1990).

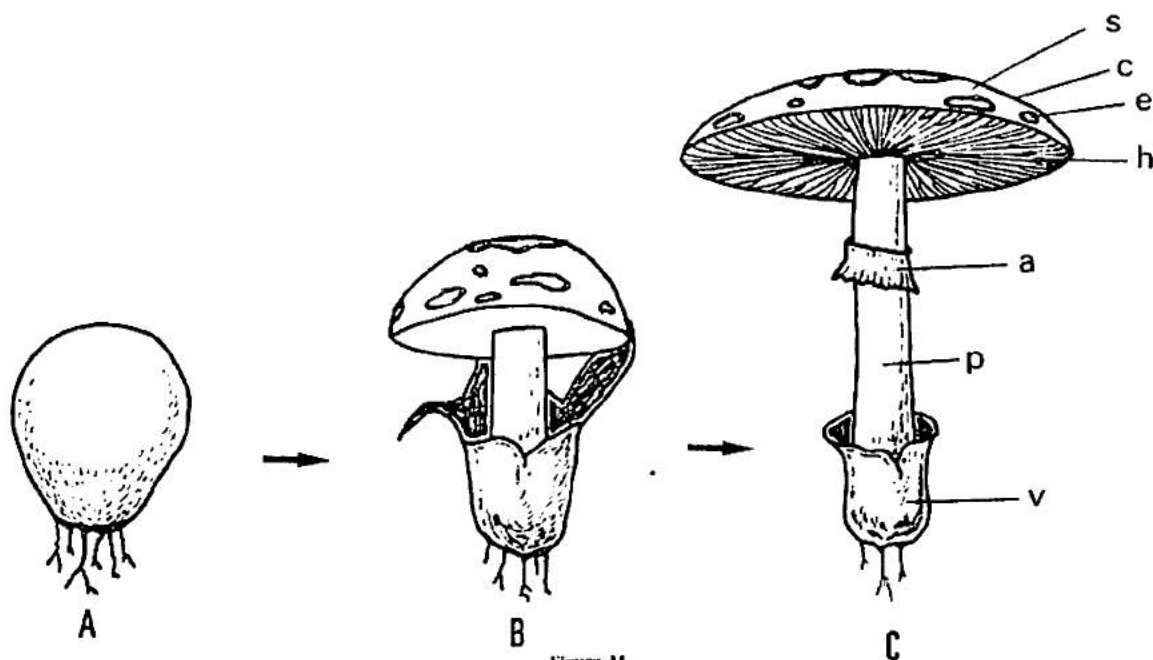
El sombrero. Es la parte más ancha de la seta situada por encima del pie y puede presentar una amplia gama de formas y colores. Exteriormente el sombrero puede presentarse liso, ondulado, agrietado, escamoso, viscoso, seco, etc. (Calonge, 1990).

El himenóforo. Con este nombre se denomina a la parte del carpóforo que sostiene el himenio, siendo el himenio la zona donde se encuentran localizadas las esporas de origen sexual (Calonge, 1990).

El pie. Es la parte de la seta que sostiene al sombrero pudiendo ser recto, o curvado y muy comúnmente cilíndrico, que es la forma más generalizada. La estructura del pie es fibrosa (Calonge, 1990).

El anillo. Es la parte residual procedente del "velo interno", también llamado "velo parcial". Este velo se sitúa debajo del sombrero y su principal función es la de proteger el himenio y facilitar así la normal maduración de las esporas, una vez que esto ocurre el velo interno se rompe, quedando sobre el pie a manera de anillo (Calonge, 1990).

La volva. Con este nombre se define a la parte basal, generalmente subterránea, membranosa, que rodea la base del pie de algunas especies. Su origen está en el velo universal que es una membrana blanquecina que envuelve completamente al joven carpóforo o seta, cuando ésta se encuentra en fase embrionaria. Al llegar a la madurez, este velo universal, se rompe y se desintegra, dando lugar a pequeños fragmentos, que a veces quedan adheridos a la cutícula del sombrero en forma de escamas, mientras que otra parte residual se mantiene subterránea protegiendo al pie; ésta se denomina volva (Calonge, 1990).



A=Primordio o huevo; B=Sombbrero y parte superior del pie de la seta; C=Partes que constituyen una seta. s: sombrero, c:cutícula, e:escamas, h:himenio, a:anillo, p:pie, v:volva.

Figura 2. Morfología de las setas.

Fuente: Calonge, 1990.

2.4 Composición de *Pleurotus ostreatus*

En todo el mundo, el cultivo de hongos macroscópicos comestibles es ya una excelente alternativa en la producción ya que, según Vedder (1986), su valor alimenticio proporciona una gran cantidad de vitaminas, tales como la tiamina, (B1), riboflavina (B2), vitamina (D) y demás compuestos del complejo B; comparándose con la carne de pollo y el huevo, con la ventaja de que son bajos en grasa y colesterol.

Cabe mencionar que su contenido de agua es muy alto (90-95 %), aumentando con la edad y disminuyendo por la refrigeración. Como cifras de referencia podemos decir que en 100 g de *Pleurotus ostreatus* fresco hay, además del

agua: 0.8-2 g de proteínas, 3-6 g de hidratos de carbono, 0.05-0.3 g de grasa y 0.5-1 g de compuestos minerales. Es, por tanto, un alimento poco energético, que proporciona entre 15-20 calorías por 100 g. Las cifras, son mayores cuando las setas han perdido el agua que contiene en estado fresco (García, 2003).

Piqueras (2004) afirma que del 10 al 50 % del peso seco de los hongos está constituido por sustancias con efecto de fibra, las cuales son: β -glucanos de alto peso molecular, sustancias similares a la quitina, heteropolisacáridos, pectinas, hemicelulosas y poliurónidos. En su mayor parte son hidratos de carbono, no digeribles por las enzimas humanas y con la peculiaridad de ser parcialmente fermentables por bacterias del cólon. Como acciones funcionales se les atribuyen: el incremento del bolo fecal y el estímulo de la motilidad intestinal, el aumento de la excreción de ácidos biliares, y propiedades antioxidantes.

Otro efecto benéfico de la ingestión de *Pleurotus* es referente al metabolismo de lípidos, pues ayuda a reducir los triglicéridos libres previniendo la aterosclerosis (Oliveira *et al.*, 2002).

2.5 Índices de cosecha

El cultivo de setas se realiza mediante diferentes técnicas, pero en todas ellas se siembra el micelio sobre un sustrato leñoso-celulósico húmedo (casi siempre pasteurizado); se incuba a 20-25 °C, mientras se tiene envuelto en plástico y por último se mantiene descubierto en sitios húmedos a menos de 15 °C, hasta que brotan las setas (Guzmán *et al.*, 2002).

Para producir una cosecha de calidad es necesario usar índices adecuados de cosecha y condiciones de almacenamiento. Una vez que se ha iniciado la formación del hongo, el shiitake con frecuencia puede ser cosechado después de 2 a 7 días, haciendo que las cosechas sean diarias. El estado óptimo de cosecha es antes de que el sombrero se abra completamente (Leatham, 1982).

2.6 Índices de calidad

De acuerdo con el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (1992), las características mínimas de calidad para las setas comestibles son:

- Deben estar enteras
- Con aspecto fresco
- Sanas: Se excluyen en todo caso las setas afectadas con podredumbre o alteraciones que las hagan impropias para el consumo.
- Libres de insectos y otros parásitos

- Limpias; libres de restos visibles de productos de tratamiento y de cuerpos extraños distintos de la tierra de cobertura, no permitiéndose el lavado
- Libres de humedad exterior anormal
- Libres de daños causados por las heladas
- Libres de olores y sabores extraños
- Con el micelio (raíz) eliminado por un corte neto
- Las setas deberán presentar un desarrollo suficiente que les permita: Soportar la manipulación y el transporte
- Responder a las exigencias comerciales en el lugar de destino

2.7 Fisiología y Bioquímica Postcosecha de *Pleurotus ostreatus*

2.7.1 Pérdida de humedad

La pérdida de agua o transpiración es un importante proceso fisiológico que afecta a las principales características de calidad de las setas frescas, como la apariencia y la textura. Una pérdida de peso de sólo 5 % puede causar apariencias de marchitez (Mahajan *et al.*, 2007).

El hongo *Pleurotus* carece de una estructura epidérmica especializada y está protegido únicamente por una capa epitelial. Esta falta de protección propicia una pérdida rápida de humedad y por consecuencia el endurecimiento durante su almacenamiento (Anantheswaran y Roy, 2001).

Para evitar la desecación los hongos deben mantenerse a una humedad relativa próxima al 90 % en combinación con protecciones de plástico que permitan cierto intercambio de aire (Namesny, 1993).

Algunos de los estudios sobre pérdidas de agua se reportan por Martínez *et al.* (2002) quienes estudiaron el comportamiento de hongos silvestres Matsutake, después de 1 día de almacenamiento a -27 °C y posteriormente a -20 °C por 7 meses, encontrando una pérdida de peso de 103 %. Este cambio pudo deberse a una pérdida de los cuerpos fructíferos y exudados durante la congelación. Sin embargo; no se encontraron pérdidas en aroma.

2.7.2 Firmeza

La firmeza de las hortalizas y su forma, no permanecen constantes, debido fundamentalmente a los cambios en su contenido de agua (pérdida de turgencia), y a la ruptura de la pared celular (Potter y Hotchkiss, 1995).

Durante la maduración de la mayoría de las frutas y hortalizas, se presentan cambios de firmeza, resultado de la degradación de la pared celular. Estos cambios consisten en una aparente disolución de la región de la lámina media de la pared celular, rica en pectina (Seymour *et al.*, 1993).

Las sustancias pécticas totales se incrementan durante el desarrollo de los frutos; mientras que durante la madurez el contenido de pectatos y pectinatos solubles se incrementa, pero al mismo tiempo, las sustancias pécticas totales

decrecen; con estos cambios que ocurren en la pectina, la firmeza de los frutos decrece (Pantastico, 1975).

De acuerdo con Rojas *et al.* (2007) la pérdida de firmeza en rebanadas de manzana, está directamente relacionada con el proceso de madurez; así mismo, encontraron que la firmeza no se ve afectada por la composición de la atmósfera dentro del empaque, pero sí por los tipos de inhibidores de oscurecimiento usados.

2.7.3 Color

La senescencia en hongos es un proceso oxidativo que involucra degradación de estructuras celulares y macromoléculas; así como la movilización de los productos de degradación a otras partes del hongo. La susceptibilidad a la oxidación depende de la capacidad de las células para lograr el balance entre compuestos oxidantes y antioxidantes (Fei *et al.*, 2006).

El oscurecimiento enzimático no ocurre en células intactas, ya que los compuestos fenólicos (sustratos) se encuentran en vacuolas y separados de la enzima polifenoloxidasas (PPO) que está en citoplasma. El grado de oscurecimiento es catalizado por la actividad de la PPO, la cantidad de los compuestos fenólicos, pH, temperatura y oxígeno disponible (González *et al.*, 2005).

La aplicación de inhibidores químicos de la actividad de la enzima PPO representa el método más común para evitar oscurecimiento enzimático. De los diversos inhibidores conocidos, sólo algunos son aceptables en términos de seguridad y costo; los de uso más frecuente son el ácido ascórbico, ácido cítrico y el cloruro de sodio (Quevedo *et al.*, 2005).

Los inhibidores de oscurecimiento se pueden clasificar de acuerdo a su modo de acción principal, como se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Clasificación de los inhibidores de oscurecimiento.

Modo de acción	Inhibidores de oscurecimiento
Agentes reductores	Sulfitos
	Ácido ascórbico
	Cisteína
	Glutathion
Agentes quelantes	Ácidos orgánicos
	Fosfatos
	EDTA
	Ácido cítrico
Acidulantes	Ácido fosfórico
	4-Hexilresorcinol
Inhibidores enzimáticos	Alcoholes Alifáticos
	Ácidos carboxílicos aromáticos
Tratamientos enzimáticos	Proteasas
	Oxigenasas
Agentes complejantes	Ciclofexinas

Fuente: González *et al.*, 2005

Algunas de las investigaciones que utilizan inhibidores de oscurecimiento en alimentos, son reportadas por Sapers *et al.* (1994) quienes encontraron resultados favorables con una inmersión en agua oxigenada (5 %) previa al

tratamiento con eritorbato de sodio (4.5 %), cisteína (0.2 %), EDTA (500 y 1000 ppm), a un pH de 5.5 y una temperatura de 4 °C; en champiñones intactos y en cortes de estos durante 5 días de almacenamiento.

Asimismo, Quevedo *et al.* (2005) recomiendan utilizar ácido cítrico (0.5 M) como inhibidor de oscurecimiento del nopal verdura mínimamente procesado; así como, ácido ascórbico (0.5 M) para disminuir, además del oscurecimiento, pérdida de firmeza, la secreción del mucílago y mantener el color verde, durante el almacenamiento a 5 °C y 10 °C, permitiendo una vida de anaquel de 20 y 11 días, respectivamente. Los tratamientos fueron sumergidos en 0.2 % de sorbato de potasio y 200 mg·L⁻¹ de agua clorada, previamente a la aplicación de los inhibidores químicos antes mencionados.

Dorantes *et al.* (1998) afirman que una combinación de L-cisteína (0.2 %) y pirofosfato tetrasódico (1 %), a un pH de 5.5 y con una actividad de agua (*aw*) de 0.8, proporcionan resultados aceptables de color, sabor y firmeza en muestras de aguacate mínimamente procesado.

Chávez (1996) reportó el uso de 0.02 % de metabisulfito de sodio; bisulfito de sodio al 0.2 % y 0.015 % de metabisulfito de sodio combinado con 0.05 % de ácido cítrico; como inhibidores de pardeamiento en hojuelas de papa variedad Atlantic. Mientras que Arciniega (1999), encontró resultados benéficos exponiendo por 8 horas las hojuelas de papa de la variedad antes mencionada a 200 ppm de SO₂ gaseoso.

2.7.4 Intensidad Respiratoria

La respiración es el proceso por el cual los materiales orgánicos almacenados (carbohidratos, proteínas y grasas) son desdoblados en productos terminales simples, con liberación de energía. En este proceso se utiliza oxígeno (O_2) y se produce dióxido de carbono (CO_2) (Kader, 2007).

La intensidad respiratoria de un fruto depende de su grado de desarrollo. A lo largo del crecimiento se produce en primer lugar un incremento de la respiración, la cual va disminuyendo lentamente hasta el estado de madurez (Belitz y Grosch, 1997).

Hay tres fases en que se puede llevar a cabo la respiración: a) descomposición de polisacáridos en azúcares simples, b) oxidación de azúcares a ácido pirúvico y c) transformación aeróbica de piruvato y otros ácidos orgánicos en CO_2 , agua y energía (Pantastico, 1975).

Durante la respiración, la pérdida de reservas alimenticias ocasiona el aceleramiento de la senescencia; a medida que las reservas que proporcionan energía para mantener el estatus viviente del producto se agotan, el valor alimenticio para el consumidor y la calidad de sabor se reduce y hay pérdida de peso seco (Kader, 2007).

De acuerdo con Villaescusa y Gil (2003) en *Pleurotus* la producción de CO₂ sigue un comportamiento no climatérico presentando tasas respiratorias elevadas durante el primer día de almacenamiento (0.5, 0.99 y 1.23 $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$) a 0, 4 y 7 °C respectivamente, las cuales se ven reducidas en un 50 % a partir del segundo día de almacenamiento.

Asimismo, Watada *et al.* (1996) reportaron que la respiración en productos mínimamente procesados es, en general, más alta que la correspondiente a productos intactos. Estos autores midieron un incremento de 12.9 % en la respiración de cubos de melón (*Cucumis melo* L var. *Reticulatus* Naud), comparados con los melones intactos, almacenados a 0 °C.

2.7.5 Etanol y acetaldehído

Los cambios en aroma y sabor de frutas y hortalizas constituyen un factor de importancia en la aceptación de las mismas por parte del consumidor. González *et al.*, (2005) indicaron que los compuestos responsables del aroma en productos hortícolas intactos tiene su origen en 3 rutas principales: ruta de los isoprenos, ruta del ácido shiquímico y la β -oxidación. La primera de ellas contribuye a la generación de terpenos, mientras que la del ácido shiquímico proporciona alcohol benzílico y compuestos fenólicos volátiles, por último la β -oxidación representa una ruta para la generación de aromas a través de la oxidación de ácidos grasos.

Los hongos, al igual que muchos de los productos no climatéricos, no mejoran su sabor y aroma luego de la cosecha, por lo tanto deben ser almacenados bajo condiciones adecuadas para que preserven sus características de recién cortados, pues el efecto del almacenamiento se refleja en cambios en el contenido de acetaldehído y etanol (Meier *et al.*, 2004).

La cuantificación de etanol y acetaldehído puede proveer un medio de determinación de la actividad metabólica de los frutos y su acumulación puede impartir sabores y aromas indeseables a las frutas y hortalizas (Meier *et al.*, 2004).

Otro uso que tiene conocer la presencia de metabolitos gaseosos como: CO₂, C₂H₄, etanol y acetaldehído, es evaluar y detectar las alteraciones organolépticas, fisiológicas y patológicas antes de que se manifiesten los síntomas (Artés *et al.*, 2003).

2.7.6 Polifenoloxidasas

Las reacciones de oscurecimiento enzimático, son catalizadas por un complejo de enzimas llamadas polifenoloxidasas, cuyo nombre sistemático es o-difenol: oxígeno óxidoreductasas, trivialmente reciben los nombres de tirosinasas, polifenolasas, fenolasas, catecoloxidasas, cresolasas y catecolasas (Santos, 1992).

Generalmente estas enzimas presentan dos tipos de actividad enzimática, por los cuales se efectúan las reacciones de oscurecimiento: dicha actividad se ha dividido en: a) fenol hidroxilasa o cresolasa, que hidroxila normalmente los anillos aromáticos en posición para y forma hidroxiquinonas; b) polifenol oxidasa o catecolasa, que efectúa una oxidación y produce una o-quinona (Badui, 2006).

En el centro activo de la polifenoloxidasa hay dos iones Cu^{1+} , cuyo campo de ligandos consta de dos restos de histidina cada uno. Siguiendo un campo ordenado la enzima liga primero el oxígeno y después el monofenol, con participación de los intermediarios indicados en la Figura 3. Se produce un cambio de valencia de los iones cobre ($\text{Cu}^{1+} \longrightarrow \text{Cu}^{2+}$) y se forma un complejo ([] de la Figura 3), en el que el enlace O-O está tan polarizado que se produce la hidroxilación a o-difenilo. La oxidación del o-difenol a o-quinona termina el ciclo. Las o-quinonas son punto de partida de gran variedad de reacciones, entre otras aquellas que conducen a la formación de coloraciones pardas anormales en la fruta y productos derivados ("pardeamiento enzimático") (Belitz y Grosch, 1997).

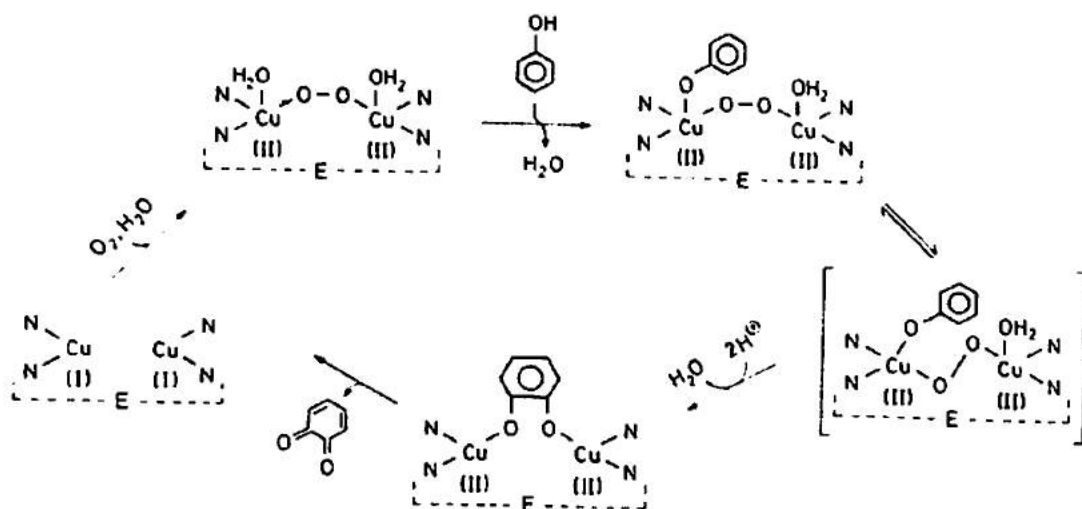


Figura 3. Mecanismo de la polifenoloxidasasa (PPO)

Fuente: Belitz y Grosch (1997)

A continuación se muestran algunos resultados de investigaciones relacionadas con el comportamiento de la enzima polifenoloxidasasa (PPO) en presencia de inhibidores de oscurecimiento.

Rojas *et al.*, (2008) encontraron que la actividad de la enzima PPO en rebanadas de manzana Fuji (tratadas con mezclas de los inhibidores de oscurecimiento: 4-hexilresorcinol, ácido ascórbico, cisteína y glutatión), se incrementó en los primeros días después de que habían sido procesadas. Mientras que, la menor actividad relativa de la enzima se consiguió con la aplicación de N-cisteína (1 % m/v); así como también de glutatión (1 % m/v).

Según Arias *et al.* (2007a), la enzima PPO en hongos es inactivada irreversiblemente si se incuba con ácido ascórbico. Este comportamiento depende del estado oxidativo de su centro activo.

De acuerdo con, Deirdre *et al.* (2006) el inhibidor más efectivo de la enzima PPO en manzana Bramley's es el metabisulfito de sodio que en una concentración de 10 mM inhibe el 100 % de la actividad enzimática; seguido de éste se encuentran L-cisteína, ácido ascórbico, N-acetil-L-cisteína, ácido cítrico y ácido benzoico, que en concentraciones de 10 mM inhiben el 100, 99, 99, 98 y 96 % respectivamente, de la actividad de la enzima PPO.

2.7.7 Fenoles totales

Los compuestos fenólicos son sustancias con uno o más anillos aromáticos y, al menos, un sustituyente hidroxilo. Existen dos grandes grupos: los ácidos fenólicos (benzoico y cinámico) y los flavonoides (flavonoides, antocianinas y taninos). Los pigmentos fenólicos reaccionan fácilmente con un ácido orgánico o un azúcar, como los flavonoides y las antocianinas, o entre sí para formar polímeros, como los taninos (Badui, 2006).

Los compuestos fenólicos proporcionan cierto grado de astringencia a las frutas y en muchos casos contribuyen al color y al sabor de las mismas, además son sustratos para las fenoloxidasas (Belitz y Grosch, 1997). Estos compuestos se encuentran en mayor proporción en los tejidos de las plantas, comparado con los frutos (Seymour *et al.*, 1993).

De acuerdo con Wu y Hansen (2008) el contenido de fenoles totales en hongos *Lentinus edodes* varía de acuerdo con el estado de madurez y el medio en el que se desarrolló el hongo, pues durante la maduración ocurre una disminución

del contenido de fenoles activos, debido a la oxidación de fenoles monohídricos y o-dihídricos (Rao y Chundawat, 1989).

Por otra parte, el contenido fenólico de los frutos y vegetales puede incrementar o decrecer dependiendo de las condiciones de almacenamiento. Wilhelmina (2005) encontró que en manzanas almacenadas a 5 °C, se perdió el 27 % del contenido de fenoles totales después de seis meses de almacenamiento. Asimismo, frutos de fresa almacenados en atmósferas con alto CO₂, presentaron una disminución en la actividad enzimática relacionada con la síntesis de fenoles y un incremento en el pH del tejido (Kader, 2007).

2.8 Técnicas de conservación postcosecha en *Pleurotus ostreatus*

Los productos vegetales continúan vivos tras la recolección y manifiestan procesos metabólicos de respiración, transpiración, crecimiento, maduración y senescencia. Para optimizar su aprovechamiento económico se debe regular su vida útil para adaptarla a las exigencias comerciales. Aunque a veces se necesita acelerar la maduración postcosecha, lo habitual es prolongar la supervivencia de los productos hasta el consumo, con una adecuada calidad y seguridad. Para ello se aplican técnicas que frenan el metabolismo en la postrecolección: refrigeración (sin llegar a congelar, ni al umbral de sensibilidad a los daños por el frío), elevada humedad relativa (HR) sin que condense agua sobre los productos y la renovación del ambiente viciado (Artés, 2006).

2.8.1 Temperatura

Tanto en los productos climatéricos como en los no climatéricos, al descender la temperatura disminuye el ritmo de deterioro; éste es el método más suave de conservación de alimentos, tiene pocos efectos adversos en el sabor, textura, valor nutritivo y otros atributos; siempre y cuando los tiempos de almacenamiento no sean excesivamente largos (Potter y Hotchkiss, 1995).

La velocidad de las reacciones enzimáticas, en el rango fisiológico de temperatura de los productos, aumenta exponencialmente al incrementarse ésta y puede describirse matemáticamente mediante el coeficiente de temperatura o Q_{10} , que es el número de veces que se incrementa o se reduce la velocidad de una reacción por cada 10° de aumento o reducción en la temperatura (Wills *et al.*, 1998).

De acuerdo con Namesny (1993), un rápido descenso de temperatura ralentiza los procesos vitales en *Pleurotus ostreatus*, encontrando que pueden conservarse por una semana a una temperatura de $0-4^{\circ}\text{C}$ y 95 % de Humedad Relativa.

Aguayo *et al.* (2004) afirman que la temperatura y el tipo de corte en los melones frescos cortados, afectan significativamente la calidad total y la respiración. La mejor calidad de éstos se obtiene a 0°C debido a que se reduce suavidad, se mejora apariencia y se mantiene el aroma típico de los productos.

Por otra parte, Mohapatra *et al.* (2007) mencionan que la temperatura tiene un efecto importante en la actividad de las enzimas peroxidasa (POD) y polifenoloxidasas (PPO); de manera que, un incremento en la temperatura origina una rápida actividad enzimática, hasta llegar a un nivel de estrés; a partir de este momento los hongos (*Agaricus bisporus* spp.) tienen una vida de anaquel muy corta.

2.8.2 Atmósferas Modificadas

Las atmósferas modificadas son usadas en la conservación de frutas y hortalizas enteras o cortadas, y pueden considerarse como un complemento al manejo de la temperatura y humedad relativa adecuados. El potencial del beneficio o riesgo de las atmósferas modificadas depende del producto, cultivar o variedad, edad fisiológica, composición atmosférica, así como de la temperatura y duración del almacenamiento (Kader, 2007).

Esta técnica consiste en la modificación en la composición del proceso respiratorio, reduciendo el O₂ y enriqueciendo el CO₂ y vapor de agua el interior del empaque donde se encuentra el producto (Romojaro *et al.*, 1996).

Las propiedades de semipermeabilidad de las películas permiten que el exceso de CO₂ se difunda hacia afuera de ellas, pero sólo permiten que haya una difusión limitada de CO₂ hacia adentro. Cuando los procesos de respiración y difusión de gases han alcanzado un equilibrio, las concentraciones de O₂ y CO₂

dentro del empaque dependen de la cantidad y velocidad de respiración de los productos (Yahia e Higuera, 1992).

Existen dos modalidades de envasado en atmósferas modificadas que son:

- a) **Pasivo:** Implica la colocación de los productos en un envase permeable a los gases, cerrado del envase y a continuación permitir que la propia respiración de los productos origine una reducción de la concentración de O₂ y aumento del CO₂, dentro del envase hasta que se alcance un estado de equilibrio adecuado (Smith *et al.*, 1990).
- b) **Activo:** Implica colocación de los productos en un envase permeable en los gases, evacuación del aire del envase y su sustitución mediante una corriente con una mezcla preseleccionada de los gases O₂, CO₂ y N₂ seguido por un cierre rápido de envase (Smith *et al.*, 1990).

La combinación de una baja temperatura y una atmósfera enriquecida de CO₂, es el mejor tratamiento para mantener la calidad organoléptica de *Pleurotus ostreatus*. Henze (1989), encontró los mejores resultados para su conservación con una atmósfera compuesta por 30 % de CO₂, frente a concentraciones menores a 1 % de oxígeno, 1 °C de temperatura y 94 % de humedad relativa, manteniendo una calidad aceptable durante 10 días.

En un estudio de champiñones en rodajas, Simon *et al.* (2005) encontraron que las atmósferas modificadas que contienen 2.5 % CO_2 y 10-20 % de O_2 reducen la cuenta microbiana y las atmósferas que contienen un 15 % de CO_2 y <0.1 % de O_2 inhiben el desarrollo de hongos, el endurecimiento y reducen la proliferación microbiana. Asimismo, Cliffe y O'Beirne (2007), demostraron que se puede minimizar la respiración y mantener la calidad en champiñones, usando una atmósfera modificada cuya composición sea de 5 % de O_2 y 5 % de CO_2 .

Por otra parte, Pereira *et al.*, (2004) encontraron que las atmósferas modificadas pasivas, proveen niveles intermedios de O_2 y altos niveles de CO_2 y tienen una fuerte influencia sobre la preservación de color en guayaba y evitan la pérdida de peso de los productos, durante el almacenamiento.

2.8.3 Irradiación

El término irradiación de alimento, se refiere fundamentalmente a radiaciones electromagnéticas. El espectro electromagnético puede dividirse sobre la base de la longitud de onda, considerándose las longitudes de onda cortas como las más dañinas para los sistemas biológicos (Wiley, 1997).

Cuando las radiaciones ionizantes de un nivel energético atraviesan los alimentos, se producen colisiones entre las radiaciones ionizantes y el alimento a nivel molecular y atómico. Cuando la energía de las colisiones es suficientemente grande para separar un electrón de la órbita se generan pares

iónicos y radicales libres, los cuales son responsables de la alteración de los microorganismos, las enzimas y los constituyentes de los alimentos durante la irradiación (Potter y Hotchkiss, 1995).

La radiación y los tratamientos que usan altas presiones, inhiben significativamente la actividad de la enzima PPO y con ello pueden prevenir el oscurecimiento enzimático de frutas y vegetales, entre ellos los hongos, logrando extender la vida útil de los productos. Estos tratamientos afectan las propiedades moleculares, interrumpiendo el orden de la estructura de las enzimas (Sun y Song, 2003).

Reale *et al.*, (2009) encontraron que en trufas es necesario una limpieza de la superficie antes del tratamiento de irradiación; además, las dosis de irradiación mayores a 2 kGy mostraron un fuerte efecto bactericida, pero tuvo un efecto negativo en las características sensoriales de trufas frescas, mientras que la irradiación de 1,5 kGy fue eficaz en la ampliación de la vida útil de la trufa almacenada a 4 °C.

2.9 Productos mínimamente procesados

Las frutas y hortalizas mínimamente procesadas se definen como las preparadas mediante una única o varias operaciones unitarias apropiadas tales como pelado, cortado en rodajas y fragmentación; asociadas a un parcial tratamiento de conservación no definitivo que puede incluir el uso de calentamiento mínimo, un conservador o radiación. La conservación o la

tecnología pueden incluir control de pH, antioxidantes, inmersión en agua clorada o una combinación de éstos u otros tratamientos, además de un adecuado manejo observando la cadena de frío (2-7 °C) (Wiley, 1997).

Rolle y Chism (1987) sugieren que los tejidos vivos que disponen de una gran reserva energética tales como papa, remolacha deshojada y manzana son los que tienen una vida postcosecha más larga; mientras los de reservas escasas presentan mayores problemas, tales como; maíz dulce, frambuesa, berenjena y fresas. En contraste, los productos mínimamente procesados de alta reserva tendrán una vida media más corta que los productos frescos o crudos intactos.

En los últimos años se ha observado un incremento significativo en el consumo de vegetales procesados en fresco ante la necesidad de disminuir el tiempo de preparación, así como el mayor conocimiento de las propiedades benéficas de los vegetales, por parte de los consumidores (González *et al*, 2005).

El aspecto nutricional en vegetales y frutos es el de mayor importancia para los consumidores, de ahí que se ha encontrado que el pelado, cortado y lavado del producto son algunas de las etapas que favorecen la pérdida de nutrientes y fitoquímicos por lixiviación o solubilidad en el agua de lavado. Así, el proceso de corte del tallo durante la preparación de floretes de brócoli produce una disminución del 36 % en el contenido de vitamina C, por ser ésta la parte de la planta con el mayor contenido en esta vitamina (Martínez *et al.*, 2004).

Por otra parte, se ha estudiado el aspecto microbiológico, encontrándose que el procesamiento rápido, el lavado efectivo y la continuidad de la refrigeración

reducen la contaminación en algunos productos tales como la ensalada de lechuga roja (Guerzoni *et al.*, 1996).

Respecto a la temperatura se ha estudiado el empleo de otras tecnologías, por ejemplo la aplicación de atmósferas modificadas, tratamientos térmicos con agua caliente, sola o clorada, en cebollas verdes (Cantwell *et al.*, 2001); atmósferas controladas en cubos de mango (Rattanapanome *et al.*, 2001); lavado con agua con peróxido caliente en melón cantaloupe (de red) mínimamente procesado combinado con atmósferas modificadas (Sapers *et al.*, 2001); atmósferas modificadas en mezclas de lechuga, mezclas de pimientos rojo, verde y amarillo, rodajas de pepinos (Jacxsens *et al.*, 2002).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Origen y características del material vegetal

Se utilizaron hongos seta, *Pleurotus ostreatus* los cuales se cultivan en escala comercial dentro de la empresa Niebla®, ubicada en el municipio de Nopaltepec, Estado de México, el cual se encuentra ubicado en el vértice nororiental del Estado de México, colindando con el estado de Hidalgo. La cabecera municipal, con asentamiento en el pueblo de Nopaltepec, se localiza a los 19° 47' 45" de latitud norte, a los 98° 42' 43" de longitud oeste del Meridiano de Greenwich, a una altura de 2,400 msnm; colinda al norte con el estado de Hidalgo, al sur con el municipio de Axapusco, al este con el estado de Hidalgo y al oeste con el municipio de Axapusco. Su distancia aproximada a la capital del estado de México es de 250 km (Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, Gobierno del Estado de México, 2005).

El material vegetal adquirido se cosechó en madurez comercial y en racimos, que es la forma típica en que se lleva a cabo el proceso; las setas presentaban una diferencia de tamaños al interior de cada racimo, resultado de la competencia por nutrientes, agua y luz.

3.2 Manejo del experimento

Con la finalidad de poder aprovechar los hongos de menor tamaño, se homogenizó el material vegetal de diferentes tamaños, desechando aquellos hongos que presentaban manchas u otras anomalías.

Las setas fueron almacenadas a 4 °C durante 24 horas (Pilizota y Sapers, 2004), posterior a su cosecha, en el laboratorio de Fisiología de Frutales del Departamento de Fitotecnia, con la finalidad de reducir el calor de campo del producto.

Posterior al enfriamiento se cortó la estípita del hongo y se homogenizó el material vegetal. Las setas se lavaron sumergiéndolas en una solución de hipoclorito de sodio (200 ppm) durante 3 minutos, posteriormente se enjuagaron en agua y drenaron (Rojas *et al.*, 2007). Enseguida se hicieron cortes de aproximadamente 0.5 cm de ancho y 4 cm de largo.

Las muestras fueron sumergidas durante 10 minutos (Arias *et al.*, 2007b) (en dos diferentes mezclas de inhibidores del oscurecimiento: 1 % m/v de eritorbato de sodio (Laitz[®]) + 1 % m/v de ácido cítrico (Sigma[®]) y 3 % m/v eritorbato de sodio + 1 % m/v de ácido cítrico; además se dejó un testigo sin inhibidores de oscurecimiento). Finalmente se drenaron y centrifugaron (manualmente) las setas durante 10 minutos.

Cada unidad experimental se conformó por una bolsa con 150 gramos setas, se obtuvieron 18 tratamientos por día de evaluación (Cuadro 2), los cuales se analizaron por triplicado en cada uno de los días evaluados. De tal manera que se empacaron 270 unidades en bolsas de polietileno CP9250 (CRYOVAC[®]) y 270 sin empaque, almacenándose a 90-95 % H.R. Las evaluaciones se hicieron los días 1, 3, 5, 9, 13, 16, 20, 24 y 28.

Cuadro 2. Distribución de los tratamientos en el experimento de mínimo proceso de *Pleurotus ostreatus*.

Película	Temperatura	Inhibidores de oscurecimiento
CP9250® y Sin empaques	2±1 °C	Sin tratamiento
	5±1 °C	3% ES + 1% AC
	17±1 °C	1% ES + 3% AC

AC: Acido Cítrico y ES: Eritorbato de Sodio

Las variables evaluadas fueron: pérdida de peso, firmeza, color, respiración etanol, acetaldehído, fenoles totales y polifenoloxidasas

3.3 Material de empaque

Se utilizaron bolsas de polietileno CP9250 (CRYOVAC®), de 17.8 cm de ancho y 20.3 cm de largo, con las siguientes características (según el fabricante):

Película multicapa de polietileno lineal coextruida, no termoformable, transparente, con alto brillo, excelente estabilidad dimensional a temperaturas desde 0 °C hasta 90 °C, con espesor de 0.445 µm ± 10 %, una transmisión al vapor de agua (100 in²/ 24 horas a 38 °C, 100 % HR) de 0.65 g y una permeabilidad al oxígeno (100 in²/24 horas a 23 °C, 1 atmósfera) de 245 cm³.

3.4 Metodología

3.4.1 Variables físicas

3.4.1.1 Pérdida de Peso

La pérdida de peso se cuantificó mediante una balanza, en cada una de las unidades experimentales, por medio de la siguiente fórmula:

$$\% PP = \frac{(P_i - P_f)}{P_i} \times 100$$

Donde: % PP= Porcentaje de pérdida de peso; P_i = Peso inicial del producto [=] g; P_f = Peso final [=] g

3.4.1.2 Firmeza

La dureza o rigidez de los hongos, se evaluó con un medidor de fuerza digital CHATILLON® DFE, en unidades de kilogramo-fuerza (kgf), utilizando una punta cónica que penetró 3 mm al producto.

3.4.1.3 Color

El color en las setas se cuantificó en cada una de las unidades experimentales, con un colorímetro Hunter Lab (ColorTec-PCM®). Con los valores obtenidos de las mediciones se obtuvieron las dimensiones: L, a y b. Donde "L" corresponde a la claridad y a, b corresponden a la cromaticidad. Concretamente "a" define el componente rojo-verde; los valores positivos representan al rojo y los negativos al verde. El parámetro "b" define el componente amarillo-azul; los valores positivos para el amarillo y los valores negativos para el azul. Los colores son

más saturados cuanto más separados se encuentran del centro del gráfico los puntos que lo definen (Calvo y Durán, 1997).

Los valores de color serán reportados como luminosidad (L), pureza de color (croma) y tono (Hue), los cuales serán calculados con las siguientes formulas:

$$croma = \sqrt{a^2 + b^2} \qquad Hue = \arctan \frac{b}{a}$$

3.4.2 Variables fisiológicas

3.4.2.1 Intensidad Respiratoria

Para medir la velocidad de respiración (producción de CO₂), se siguió la metodología propuesta por (Mendoza-Wilson y Báez-Sañudo, 2000) en un sistema cerrado. El CO₂ se cuantificó por cromatografía de gases, utilizando el detector de conductividad térmica (TCD).

Se tomaron 10 g de *Pleurotus ostreatus* de cada una de las unidades experimentales, y se depositaron en recipientes de vidrio sellados herméticamente, durante una hora, al término del cual se tomaron 3 mL de muestra gaseosa, y se almacenó en tubos de vidrio, marca vacutainer®, posteriormente fueron inyectadas en un cromatógrafo para su determinación y registro con el software (Star Chromatography Workstation Versión 4.5) Varian 1996.

Se utilizó un cromatógrafo de gases marca Varian Modelo 3400, con una columna capilar Chrompack con capa porosa sílica fundida (PLOT) y fase estacionaria poraplot Q, con una columna de 27.5 m de largo, 0.32 mm de diámetro interno y 0.45 mm de diámetro externo. El flujo en la columna capilar fue de 3.2 mL·min⁻¹. Los gases usados y sus flujos en el detector fueron: nitrógeno como gas de arrastre, hidrogeno y aire, con una presión de 34 psi, en la cabeza de la columna. La columna del cromatógrafo fue calentada a 80 °C y 150 °C en el inyector, 170 °C en los detectores y 200 °C en el filamento. El tiempo de corrida por muestra fue de 5 minutos, encontrando un tiempo de retención de CO₂ de 2.33 minutos.

Los resultados se obtuvieron mediante la siguiente fórmula:

$$mL\ CO_2.Kg.h^{-1} = \frac{CO_2\ (\%).\ volumen\ de\ espacio\ vacio\ (mL)}{Peso\ muestra\ (Kg^{-1}) . tiempo\ (h^{-1})}$$

3.4.2.2 Etanol y acetaldehído

Se utilizó la técnica de Davis y Chace (1969). De cada tratamiento evaluado se tomaron tres muestras de 5 g de tejido fresco, que se colocaron en un vial de vidrio con tapa de teflón y septa de goma y se incubaron a 60 °C durante 60 minutos. De cada frasco se tomó un 1 mL del gas en el espacio de cabeza y se inyectó en un cromatógrafo de gases, equipado con un detector de ionización de flama (FID).

Las condiciones de operación del cromatógrafo para la determinación de ambos volátiles son: columna Propak N, nitrógeno como gas de arrastre, 150 °C de temperatura en el inyector, 145 °C en la columna y 150 °C, en el detector de iniciación de flama (FID). Previamente se prepararan patrones con concentraciones conocidas de etanol ($34.83 \text{ mg} \cdot 100 \text{ mL}^{-1}$) y acetaldehído ($6.28 \text{ mg} \cdot 100 \text{ mL}^{-1}$), para la obtención de la curva estándar. Con un tiempo de retención de 3.51 para acetaldehído y 4.4 para etanol. Los resultados de etanol y acetaldehído, se expresaran como $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ de muestra.

La curva estándar para etanol mostró un ajuste con una $R^2=0.968$; mientras que para el acetaldehído el ajuste fue de $R^2=0.978$, ambas curvas se muestran en la Figura 4 y 5 respectivamente. Las ecuaciones obtenidas con la regresión fueron: a) $Y=(8792)(X)-7410$ (etanol); b) $Y=(7666)(X)-4366$ (acetaldehído). Donde: Y= Área bajo la curva; X= Concentración de etanol y acetaldehído.

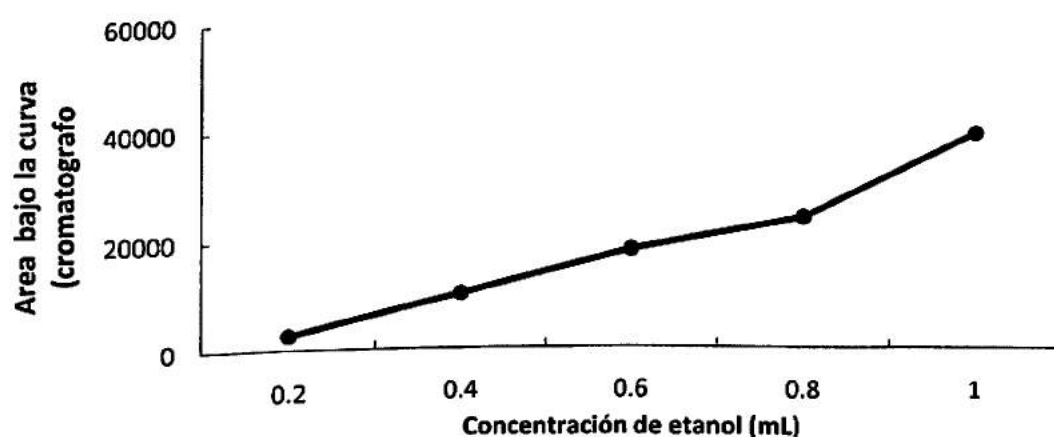


Figura 4. Relación estándar para determinar concentraciones de etanol

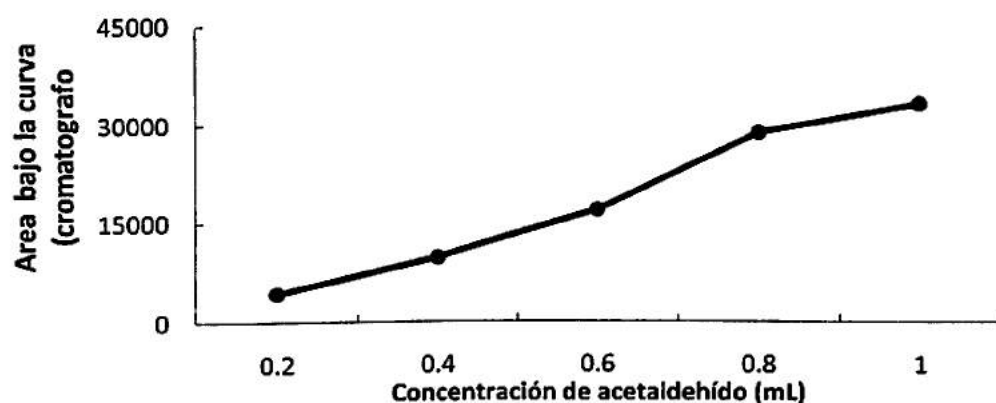


Figura 5. Relación estándar para determinar concentraciones de acetaldehído

3.4.3 Variables bioquímicas.

3.4.3.1 Fenoles totales

La extracción de fenoles se hizo partiendo de 0.5 g de pulpa de setas a la que se agregó 5 mL de solución extractora (9:1 metanol:agua) y se homogenizó en un agitador orbital durante 30 segundos; finalmente se centrifugó a 25000 xg. La metodología para determinar fenoles fue la de Folin-Ciocalteu, modificada por Waterman y Mole (1994) en la siguiente rutina: se adicionaron 100 μ L del sobrenadante de la solución de metanol-agua (9:1) + 7.5 mL de agua destilada + 0.5 mL de la solución Folin-Ciocalteu. Después de 1 a 8 minutos se adicionó 1.5 mL de la solución de Na_2CO_3 al 20 % (anotando como tiempo cero), y se aforó a 10 mL con agua destilada. La solución se dejó reposar por 2 horas y se tomó la lectura a 760 nm en el espectrofotómetro. El contenido de fenoles se reportará en $\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ de peso fresco.

La cuantificación de fenoles totales se realizó estableciendo una curva estándar de ácido tánico (Figura 6), de acuerdo con lo descrito por la AOAC (1995), la cual mostró un ajuste con una $r^2=0.998$. La ecuación obtenida con la regresión fue: $Y = 0.021 + 0.061 (X)$. Donde: Y = absorbancia; X = concentración de fenoles.

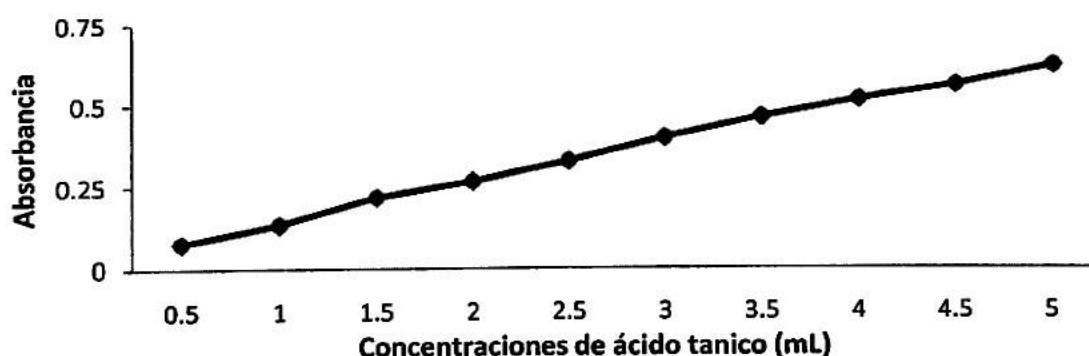


Figura 6. Relación estándar para determinar concentraciones de fenoles totales

3.4.3.2 Actividad de la enzima Polifenoloxidasa (EC 1.10.3.1)

La actividad de la enzima polifenoloxidasa se evaluó con el método propuesto por Lamikanra (1995) con modificaciones. La enzima se extrajo a partir de 0.5 g de hongo fresco con 5 mL de solución extractora Trizma HCl (tris-HCl) 100 mM (pH 7.1), fría, que contenía 1 % de polivinil pirrolidona (PVP). La muestra de hongos en solución tris-HCl se trituro por 30 segundos con un homogenizador de tejidos (Kika Labortechnik® T25 basic). El extracto se centrifugó (centrifuga Sorvall® RC-5B Refrigerated Superspeed) a 25000 xg y 4 °C durante 50 minutos y una vez obtenido el sobrenadante, se tomó una alícuota de 400 µL (extracto de la enzima) y se le adicionarán 3 mL de catecol (Sigma®). El cambio

de absorbancia se evaluó con un espectrofotómetro (Spectronic 21D Milton Roy®) a 420 nm durante un minuto. La actividad enzimática se presenta en unidades por gramo de tejido fresco ($\text{UI}\cdot\text{g}^{-1}$ peso fresco), y cada unidad de polifenoloxidasa cataliza la síntesis de un $\text{mol}\cdot\text{min}^{-1}$ de ó-benzoquinona.

3.5 Análisis Estadístico de los Resultados

La evaluación estadística de los datos obtenidos durante el experimento se llevó a cabo a través de un diseño completamente al azar con arreglo factorial, con tres repeticiones por cada tratamiento, el modelo se muestra a continuación.

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + c_k + \alpha_i * \beta_j + \alpha_i * c_k + \beta_j * c_k + \alpha_i * \beta_j * c_k + \epsilon_{ijkl}$$

i= Factor A (efecto del empaque) con dos niveles: presencia o ausencia de película plástica

j= Factor B (efecto de temperatura) con tres niveles: 2, 5 y 17 °C

k= Factor C (efecto de inhibidores de oscurecimiento) con tres niveles: 1 % de eritorbato de sodio + 1% de ácido cítrico, 3% eritorbato de sodio + 1% de ácido cítrico y testigo. Para los análisis estadísticos se usó el paquete computacional Statistical Analysis System versión 6.12 (SAS, 1985)

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Comportamiento postcosecha en *Pleurotus ostreatus*, almacenados en atmósferas modificadas, durante 28 días de almacenamiento.

En el Cuadro 3 se presenta la significancia estadística de las variables evaluadas durante el almacenamiento de *Pleurotus ostreatus* mínimamente procesado, siendo las variables etanol y el ángulo Hue, las que resultaron no ser estadísticamente significativas.

Cuadro 3. Significancia estadística de las variables respuesta en *Pleurotus* mínimamente procesado almacenado a 2 ± 1 , 5 ± 1 y 17 ± 2 °C, con y sin película plástica y tratados con dos mezclas de inhibidores de oscurecimiento

Variable	Significancia
Pérdida de peso	*
Firmeza	*
Color	
Luminosidad (L)	*
Índice de saturación (croma)	*
Tono (Hue)	NS
Respiración	*
Etanol	NS
Acetaldehído	*
Polifenoloxidasas (PPO)	*
Fenoles totales	*

*Significancia a una $P \leq 0.05$; NS= No significativo

Con relación al análisis por factor, así como las interacciones de estos, en cada una de las variables evaluadas se encontró que se presentaron diferencias significativas para el factor película en 8 de las 10 variables evaluadas, como se

muestra en el Cuadro 4, mientras que para el factor temperatura la significancia estadística se presentó en las variables: firmeza, luminosidad, croma, acetaldehído, PPO y fenoles totales, respecto al factor inhibidores de oscurecimiento la significancia estadística se encontró en las variables: intensidad respiratoria, acetaldehído, PPO y fenoles totales.

Con relación a las interacciones dobles y triples generadas por los factores película, temperatura e inhibidores de oscurecimiento, se encontró significancia estadística en las variables: luminosidad, PPO y fenoles totales; sin embargo la variable acetaldehído mostro significancia en las interacciones temperatura*inhibidores de oscurecimiento y película*temperatura; en esta última interacción también se encontró significancia en las variables firmeza e intensidad respiratoria.

Cuadro 4. Análisis de varianza de las variables respuesta en *Pleurotus ostreatus* mínimamente procesado durante 28 días de almacenamiento.

F.V.	G.L	PP	F	L	C	H	IR	ET	ACE	PPO	FENOL
P	1	*	*	*	*	NS	*	NS	*	*	*
T	2	NS	*	*	*	NS	NS	NS	*	*	*
A	2	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	*	*	*
P*T	2	NS	*	*	NS	NS	*	NS	*	*	*
P*A	2	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	*	*
T*A	4	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	*	*	*
P*T*A	4	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	*
CV		99.3	36.4	7.78	25.7		75.1	1881	81.2	102.9	66.47

F.V: Factor de variación; * Significancia a una $P \leq 0.05$; NS: No significativo; CV: Coeficiente de variación; G.L: Grados de libertad; P: Película; T: Temperatura; A: Inhibidores de oscurecimiento; P*T: Película*Temperatura; P*A: Película* Inhibidores de oscurecimiento; T*A: Temperatura* Inhibidores de oscurecimiento; P*T*A: Película*Temperatura*Inhibidores de oscurecimiento; PP: Pérdida de peso (%); F: Firmeza (kgf); L: Luminosidad; C: Croma; H: Hue ($^{\circ}$); IR: Intensidad respiratoria ($\text{mLCO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$); ET: Etanol ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ de peso fresco); ACE: Acetaldehído ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ de peso fresco); PPO: Polifenoloxidasas ($\text{UI} \cdot \text{g}^{-1}$ de peso fresco); FENOL: Fenoles ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ de peso fresco).

4.1.1 Variables físicas

4.1.1.1 Pérdida de peso

El factor película fue el que produjo diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$) en relación a la pérdida de peso en setas de mínimo proceso, durante su almacenamiento (Cuadro 4).

Mediante el uso de película plástica se obtuvo en las setas una pérdida de peso de aproximadamente 1 % (Cuadro 5), que se encuentra por debajo del límite máximo de 2 % identificado por Sveeine *et al.*, (1967) en hongos para ser comercializables; de igual manera, Lasanthi y Chamara (2005), obtuvieron pérdidas de peso de 1.9 % en hongos almacenados con 1 g de óxido de magnesio en cada una de las bolsas de polietileno de baja densidad usadas, Villaescusa y Gil (2003) reportaron pérdidas de peso en *Pleurotus* de 0.6 % durante 7 días de almacenamiento a 0 y 4 °C y Tano *et al.*, (1999) reportaron de 1-8 % de pérdida en peso en hongos almacenados a 4 °C por 12 días en atmósferas modificadas. La reducción en pérdida de humedad observada en las muestras pudo ser debida a que la humedad relativa dentro del envase alcanza valores altos, lo cual reduce el déficit de presión de vapor (Wills *et al.*, 1998).

Respecto a las setas almacenadas sin cubierta plástica se observó una pérdida de peso de aproximadamente 60 % durante el almacenamiento (Cuadro 4); resultados similares fueron reportados por Nichols y Hammond (1973) quienes encontraron pérdidas de peso de 50 % en hongos almacenados a 2 °C durante

5 días. Estas elevadas pérdidas de humedad presentes en el experimento pueden deberse al alto contenido de agua de los hongos y al incremento en área superficial que se obtiene al rebanar el producto, generando mayor susceptibilidad a la deshidratación (Villaescusa y Gil, 2003).

Cuadro 5. Efecto del factor película sobre la pérdida de peso (%) en *Pleurotus ostreatus* mínimamente procesado.

Factor	Niveles	
Película	SP	58.43 a ^z
	CP	0.617 b

^z Letras minúsculas iguales, en sentido de columna, son estadísticamente iguales según la prueba de comparación de medias tukey ($\alpha=0.05$). SP: Sin película; CP: Película plástica CP-9250®;

Con relación al comportamiento en pérdida de peso de *Pleurotus* durante el experimento (Cuadro 6), se encontró que las muestras almacenadas en película plástica presentaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en pérdida de peso a partir del día 5; mientras que las setas sin cubierta plástica lo hicieron a partir del día 3; de igual manera se observaron diferencias significativas con respecto a la presencia o ausencia de película plástica durante el almacenamiento

Cuadro 6. Comparación de medias del factor película sobre la pérdida de peso (%) en *Pleurotus ostreatus* mínimamente procesado.

Factor	Niveles	Tiempo de almacenamiento (días)				
		1	3	5	13	28
Película	SP	8.765 aA ^c	27.41 Ac	29.602 aC	58.43 aD	
	CP	0.128 bA	0.369 bB	0.792 bC	0.874 bC	0.932D
DMS		0.5215	1.2081	3.235	2.233	

Z Letras minúsculas iguales, en sentido de columna, son estadísticamente iguales; y letras mayúsculas iguales, en sentido de fila, son estadísticamente iguales según la prueba de comparación de medias tukey ($\alpha=0.05$). SP: Sin película; CP: Película plástica CP-9250®; DMS: Diferencia Mínima Significativa

4.1.1.2 Firmeza

Mediante la evaluación de firmeza en las setas, se encontró significancia estadística ($P \leq 0.05$) en la interacción entre los factores película y temperatura (Cuadro 4). Al analizar ésta interacción se encontró que los hongos almacenados dentro de empaque plástico y fuera de éste se comportan de manera diferente a la temperaturas de 2 y 5 °C, pero a 17 °C, no se presentaron diferencias significativas.

Además los hongos almacenados en atmósferas modificadas no presentaron diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$) en firmeza, entre las temperaturas de almacenamiento (2, 5 y 17 °C); mientras que las muestras almacenadas sin película plástica presentaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en el almacenamiento a 17 °C (Cuadro 7)

También se encontró que las muestras almacenadas en atmósferas modificadas fueron menos firmes en comparación con las muestras sin

empaque plástico, lo que puede deberse a que el almacenamiento sin empaque favoreció la pérdida de agua, induciendo daños en los tejidos, y cuando esto ocurre tiene lugar una desnaturalización de las proteínas, lo que ocasiona una pérdida de permeabilidad selectiva de membranas; por lo que ésta no puede mantener la presión osmótica en vacuolas y protoplastos, y el agua y las sustancias disueltas salen de la célula, dejando marchito al tejido restante (Potter y Hotchkiss, 1995).

Cuadro 7. Efecto de la interacción película*temperatura en la firmeza (kgf) de *Pleurotus ostreatus* mínimamente procesado.

Película	Temperatura (°C)		
	2±1	5±1	17±2
SP	0.319 a A ^z	0.284 a A	0.210 a B
CP	0.281 b A	0.249 b A	0.254 a A

Z Letras minúsculas iguales, en sentido de columna, son estadísticamente iguales; y letras mayúsculas iguales, en sentido de fila, son estadísticamente iguales según la prueba de comparación de medias tukey ($\alpha=0.05$). SP: Sin película; CP: Con película CP-9250®

En cuanto al comportamiento de la firmeza en setas, a lo largo del experimento, se encontró, que las setas almacenadas sin empaque plástico a 2 °C, no mostraron diferencias estadísticamente significativas ($P\leq 0.05$) durante su almacenamiento; mientras que, las muestras almacenadas bajo las mismas condiciones de empaque a temperaturas de 5 y 17 °C, presentaron diferencias significativas ($P\leq 0.05$) en firmeza a partir del día 3. Con relación a las setas almacenadas en película plástica se encontraron diferencias significativas en la firmeza de las setas a la temperatura de 2 °C a partir del día 5, mientras que las setas almacenadas a 5 y 17 °C presentan diferencias significativas en firmeza a partir del día 13 (Cuadro 8).

Cuadro 8. Efecto de la interacción película*temperatura sobre la firmeza (Kgf) en *Pleurotus ostreatus* mínimamente procesado almacenado a 2 ± 1 , 5 ± 1 y 17 ± 2 °C, con y sin película plástica almacenados durante 28 días.

Película	Temperatura (°C)	Tiempo de almacenamiento (días)					
		1	3	5	13	20	28
SP	2	0.32 cdA ^z	0.34abA	0.34aA	0.30aA		
	5	0.34bcdA	0.30bAB	0.29abAB	0.16cC		
	17	0.28dA	0.14cB				
CP	2	0.53aA	0.39aB	0.27bC	0.22bCD	0.21aD	0.22aD
	5	0.42abcA	0.28bB	0.28bB	0.21bC	0.19aC	0.21aC
	17	0.45abA	0.29bAB	0.21cBC	0.17cC		
		0.1104	0.0822	0.0543	0.0359	0.0266	0.0119

Z Letras minúsculas iguales, en sentido de columna, son estadísticamente iguales; y letras mayúsculas iguales, en sentido de fila, son estadísticamente iguales según la prueba de comparación de medias tukey ($\alpha=0.05$). SP: Sin película; CP: Con película CP-9250®; DMS: Diferencia Mínima Significativa

4.1.1.3 Color

4.1.1.3.1 Luminosidad

Los parámetros que explican los cambios de color durante el almacenamiento de los productos hortofrutícolas y entre ellos los hongos son: luminosidad, índice de saturación (croma) y tono (hue). Durante el almacenamiento de hongos *Pleurotus ostreatus* se encontró significancia estadística ($P\leq0.05$) en los parámetros de luminosidad y croma (Cuadro 3).

Respecto al parámetro luminosidad, se encontró significancia estadística ($P\leq0.05$) en los factores película, temperatura y en las interacciones película*temperatura, película*inhibidores de oscurecimiento y temperatura*inhibidores de oscurecimiento (Cuadro 4).

En el Cuadro 9 se puede observar el comportamiento de la interacción película*temperatura, se encontró que las diferencias significativas ($P\leq0.05$) en

luminosidad se presentaron entre las setas almacenadas con y sin película plástica. Las setas almacenadas con película plástica no presentan diferencias significativas en función de la temperatura, mientras que las muestras testigo son más luminosas las setas almacenadas a 17 °C.

Cuadro 9. Efecto de la interacción película*temperatura en la Luminosidad de *Pleurotus ostreatus* mínimamente procesado.

Película	Temperatura (°C)		
	2±1	5±1	17±2
SP	65.931 aA	62.815 aA	69.439 aB
CP	61.511 bA	61.143 aA	61.343 bA

Z Letras minúsculas iguales, en sentido de columna, son estadísticamente iguales; y letras mayúsculas iguales, en sentido de fila, son estadísticamente iguales según la prueba de comparación de medias tukey ($\alpha=0.05$). SP: Sin película; CP: Con película CP-9250®

Con relación a la interacción película*inhibidores de oscurecimiento (Cuadro 10), se encontraron diferencias significativas ($P\leq 0.05$) en luminosidad entre las setas almacenadas con y sin película plástica; sin embargo, no se presentaron diferencias entre las muestras tratadas con y sin inhibidores de oscurecimiento.

Cuadro 10. Efecto de la interacción película*inhibidores de oscurecimiento en la Luminosidad de *Pleurotus ostreatus* mínimamente procesado.

Película	Inhibidores de oscurecimiento		
	ST	3ES1AC	1ES1AC
SP	67.434 aA ²	64.453 aA	65.089 aA
CP	61.344 bA	60.863 bA	61.968 bA

Z Letras minúsculas iguales, en sentido de columna, son estadísticamente iguales; y letras mayúsculas iguales, en sentido de fila, son estadísticamente iguales según la prueba de comparación de medias tukey ($\alpha=0.05$). SP: Sin película; CP: Con película CP-9250®; ST: Sin tratamiento; 3ES1AC: 3% Eritorbato de Sodio + 1% Ácido cítrico; 1ES1AC: 1% Eritorbato de Sodio + 1% Ácido cítrico.

En la interacción temperatura*inhibidores de oscurecimiento (Cuadro 11) se observó que durante el almacenamiento a 5 °C, las muestras testigo presentaron mayor luminosidad, estos resultados coinciden con los reportados por Martínez-Flores *et al.* (2008) quienes encontraron que la refrigeración retarda la pérdida de luminosidad en huitlacoche. Sin embargo, en las muestras tratadas con inhibidores de oscurecimiento (3ES+1AC y 1ES+1AC) se encontró mayor luminosidad a mayor temperatura

Cuadro 11. Efecto de la interacción temperatura*inhibidores de oscurecimiento en la Luminosidad de *Pleurotus ostreatus* mínimamente procesado.

Temperatura (°C)	Inhibidores de oscurecimiento		
	ST	3ES1AC	1ES1AC
2±1	61.893 aA ^z	62.377 abB	61.919 aB
5±1	65.209 bA	60.866 bA	62.736 aA
17±2	62.893 abA	63.492 aAB	67.125 bB

Z Letras minúsculas iguales, en sentido de columna, son estadísticamente iguales; y letras mayúsculas iguales, en sentido de fila, son estadísticamente iguales según la prueba de comparación de medias tukey ($\alpha=0.05$). ST: Sin tratamiento; 3ES1AC: 3% Eritorbato de Sodio + 1% Ácido cítrico; 1ES1AC: 1% Eritorbato de Sodio + 1% Ácido cítrico.

El parámetro de luminosidad resultó ser el que explicó mejor el color en las setas, observándose valores decrecientes durante el almacenamiento del producto, los cuales de acuerdo con Quevedo *et al.* (2005), son indicadores de oscurecimiento. Respecto al comportamiento de las setas durante el experimento, para interacción película*temperatura (Cuadro 12), sólo en el día 13 se encontraron diferencias significativas ($P\leq 0.05$) entre los tratamientos, siendo las setas almacenadas en película plástica a 2 y 5 °C, las de menor

luminosidad; mientras que las setas almacenadas a 2 °C, sin película plástica fueron las más luminosas. Este comportamiento puede atribuirse a que dentro de los empaques hubo elevados niveles de CO₂ y esto coincide con Lasanthi y Chamara (2005) quienes reportan que en hongo seta dicho comportamiento puede asociarse con bajos niveles de luminosidad.

Con relación a la interacción película plástica*inhibidores de oscurecimiento se encontró que las setas almacenadas sin película plástica, tratadas con 3% ES + 1% AC y las muestras testigo, presentaron la mayor luminosidad, después de 13 días de almacenamiento (Cuadro 12). Finalmente en la interacción temperatura*inhibidores de oscurecimiento se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$) en el día 13, a la temperatura de 17 °C, en las muestras testigo y las muestras tratadas con 3% ES + 1% AC, las cuales son muestras menos luminosas con respecto al resto de los tratamientos.

Cuadro 12. Efecto de las interacciones sobre la Luminosidad en *Pleurotus ostreatus* mínimamente procesado almacenado a 2±1, 5±1 y 17±2 °C, con y sin película plástica y tratados con dos mezclas de inhibidores de oscurecimiento, almacenados durante 28 días.

Tiempo de almacenamiento (días)		1	3	5	13	20	28
PELICULA*TEMPERATURA							
SP	2°C	64.80aAB ^z	68.33 bA	62.98 aB	68.74 aA		
	5°C	64.96 aA	67.55 bA	62.31abA	51.93 cB		
	17°C	66.79 aA	67.55 bA	56.28 bB			
CP	2°C	63.16 aA	63.32 bA	60.73abA	60.93 bA	60.53 aA	62.28 aA
	5°C	64.09 aAB	65.01 bA	58.82abBC	60.61abcABC	58.75aBC	58.19 aC
	17°C	62.83 aA	62.79 bA	62.71abA	55.26 Cb		
	DMS	4.910	5.85	6.472	4.407	2.719	4.901
PELICULA*INHIBIDORES DE OSCURECIMIENTO							
SP	ST	67.57 aA	68.93abA	65.88aA	70.32aB		
	3ES1AC	63.46aAB	68.11 abA	59.71 abB	68.47aA		
	1ES1AC	65.52 aB	73.01 aA	59.95 abB	59.68bB		
CP	ST	62.76 aA	64.57 bcA	61.53 abA	59.39bA	60.72 aA	58.47 aA
	3ES1AC	64.25 aA	62.16cA	58.67 bB	59.27bB	59.62aB	61.95aAB
	1ES1AC	63.05 aA	64.39 bcA	62.06 abA	59.56 bA	58.39aA	62.37 aA
	DMS	4.910	5.85	6.261	5.114	4.232	7.627
TEMPERATURA*INHIBIDORES DE OSCURECIMIENTO							
2 °C	ST	64.45 aA	67.74abB	67.50 aA	65.82 aA	63.53 aA	61.47 aA
	3ES1AC	64.212 aA	64.74abB	58.91b A	65.94 aB	59.65 aA	62.99 aA
	1ES1AC	63.27 aA	64.99abA	59.16 abA	62.76 abA	58.393aA	62.37 aA
5 °C	ST	65.71aAB	67.30abA	60.88abAB	62.5abcAB	57.91aAB	55.47 aB
	3ES1AC	62.95 aA	62.81 bA	59.92 abA	58.2 bcdA	59.59 aA	60.91 aA
	1ES1AC	64.93aAB	68.72abA	60.90abAB	60.44 abB		
17 °C	ST	65.347 aA	65.22abA	59.60abAB	54.55 abB		
	3ES1AC	64.43aAB	67.85abA	58.25 bBC	56.20 dC		
	1ES1AC	64.66aAB	72.40 aA	62.95 abB			
	DMS	6.590	7.858	8.543	6.068	6.223	11.214

Z Letras minúsculas iguales, en sentido de columna, son estadísticamente iguales; y letras mayúsculas iguales, en sentido de fila, son estadísticamente iguales según la prueba de comparación de medias tukey ($\alpha=0.05$). SP: Sin película; CP: Con película; DMS: Diferencia Mínima Significativa; ST: Sin tratamiento; 3ES1AC: 3% Eritorbato de Sodio + 1% Ácido cítrico; 1ES1AC: 1% Eritorbato de Sodio + 1% Ácido cítrico

4.1.1.3.2 Croma

Con relación al índice de saturación (croma) los factores película y temperatura fueron estadísticamente significativos ($P \leq 0.05$) durante el almacenamiento de setas (Cuadro 3).

En el Cuadro 13 se muestra que las setas almacenadas sin película plástica presentaron los mayores valores de saturación; es decir, las muestras resultaron amarillas con respecto a las almacenadas en película CP-9250®, de manera que se ve favorecido la permanencia del color inicial en el producto y esto es un factor que favorece la aceptación del producto por el consumidor. Por otra parte, en relación al factor temperatura se observó que al igual que en la variable luminosidad, el croma aumentó en función de la temperatura.

Cuadro 13. Efecto de los factores película y temperatura sobre el croma en *Pleurotus ostreatus* mínimamente procesado.

Factor	Niveles	
Película	SP	16.282 a ^z
	CP	12.967 b
DMS		0.795
Temperatura (°C)	2	13.419 a
	5	14.526 ab
	17	15.064 b
DMS		1.156

Z Letras minúsculas iguales, en sentido de columna, son estadísticamente iguales; y letras mayúsculas iguales, en sentido de fila, son estadísticamente iguales según la prueba de comparación de medias tukey ($\alpha=0.05$). SP: Sin película; CP: Con película; DMS: Diferencia Mínima Significativa.

En cuanto al comportamiento de la variable croma durante el almacenamiento de setas, se puede observar de la Figura 6 con relación al factor película que las setas testigo a partir del día 9 presentaron incrementos en el croma; comparado con las muestras almacenadas en atmósferas modificadas, las cuales no presentaron diferencias significativas durante el almacenamiento.

Para el factor temperatura se puede observar que a 17 °C se encuentran los incrementos en croma a partir del día 3; mientras que a 2 °C este efecto se ve retardado, encontrándose dichos incrementos a partir del día 13, con lo cual se puede concluir que las bajas temperaturas favorecen la reducción del parámetro croma en setas mínimamente procesadas.

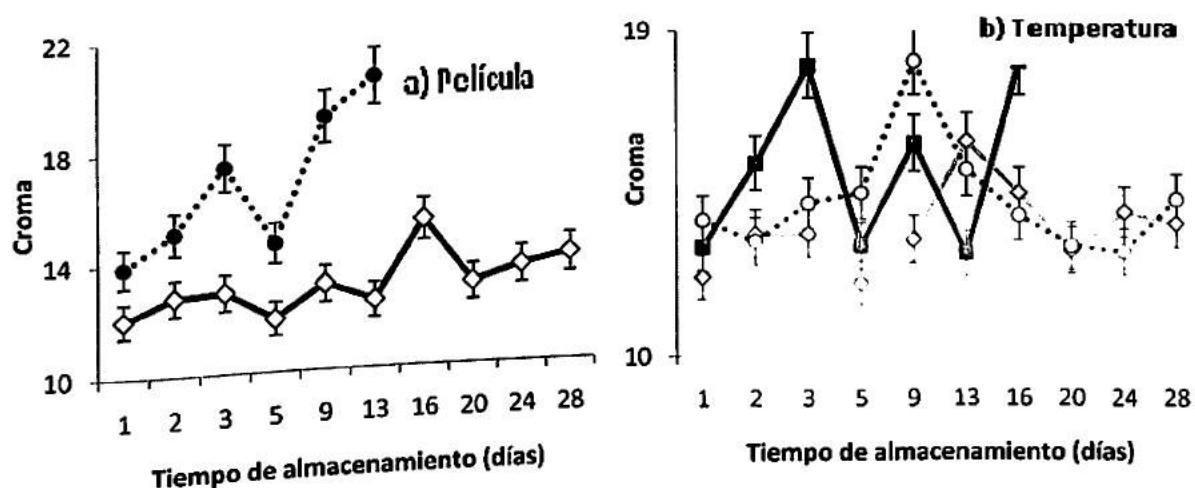


Figura 7. Valores alcanzados en índice de saturación (croma) en *Pleurotus ostreatus* mínimamente procesado para el factor a) película plástica (····●···· testigo y ···◇···· película CP-9250®) y b) temperatura (····◇···· 2±1°C, ···○···· 5±1°C y —■— 17±1°C) durante 28 días de almacenamiento. Medias ± error estándar.

4.1.2 Variables fisiológicas

4.1.2.1 Intensidad Respiratoria

De acuerdo con el análisis de varianza los factores que presentaron significancia ($P \leq 0.05$) en relación a la intensidad respiratoria del hongo seta fueron: película, inhibidores de oscurecimiento y la interacción película*temperatura (Cuadro 4).

La combinación de los factores película y temperatura presentados en el Cuadro 14, permiten observar que las diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$) para la producción de CO_2 en setas, se debieron a la presencia o ausencia de película plástica, independientemente de la temperatura; encontrando los menores niveles de CO_2 en las setas almacenadas en atmósferas modificadas. Estos resultados coinciden con los de Ares *et al.* (2006) quienes encontraron que mediante empaques de polipropileno y polietileno las concentraciones de CO_2 dentro del empaque aumentaban y eso inducía una disminución en la respiración en hongo shitake así mismo Lasanthi y Chamara (2005) encontraron una reducción en la respiración de *Pleurotus*, mediante el uso de empaques de polietileno lineal de baja densidad, que generaba un concentración interna de 8.5 % de O_2 y 4.5 % de CO_2 .

La reducción en la intensidad respiratoria de los productos mediante el uso de atmósferas modificadas, pudo deberse a que mediante esta técnica se frena el

metabolismo, reduciéndose el consumo de sustratos, producción de CO₂, consumo de O₂ y desprendimiento de calor (Romojaro *et al.*, 1996); además a través de empaques plásticos se modifica el ambiente interno de los productos sometiéndolos a una mezcla de gases distinta a las condiciones del ambiente, una reducción en los niveles de oxígeno genera una reducción proporcional en la intensidad respiratoria de los productos (Cliffe y O'Beirne, 2007).

Cuadro 14. Efecto de la interacción película*temperatura en la intensidad respiratoria (mLCO₂·kg⁻¹·h⁻¹) de *Pleurotus ostreatus* mínimamente procesado.

Película	Temperatura (°C)		
	2±1	5±1	17±2
SP	195.01 aA ^Z	219.09 aA	144.24 aA
CP	97.07 bA	81.45 bA	101.22 bA

Z Letras minúsculas iguales, en sentido de columna, son estadísticamente iguales; y letras mayúsculas iguales, en sentido de fila, son estadísticamente iguales según la prueba de comparación de medias tukey ($\alpha=0.05$). SP: Sin película; CP: Con película CP-9250®

En cuanto al comportamiento de la intensidad respiratoria en setas, durante su almacenamiento (Cuadro 15), únicamente se encontraron diferencias ($P \leq 0.05$) en las setas sin cubierta plástica, encontrando que a mayor temperatura se incrementa la respiración y se presentan en un menor tiempo los valores máximos de ésta; es decir, las setas almacenadas a 17 °C presenta su valor máximo de respiración en el día 3, mientras que las setas almacenadas a 5 °C y 2 °C presentan el más alto valor en la intensidad respiratoria en los días 5 y 13 respectivamente; dichos resultados coinciden Wills *et al.*, (1998) quienes afirman que la respiración de los producto hortofrutícolas aumenta en función de la temperatura.

Asimismo, se encontró un mismo comportamiento en producción de CO₂ en el día 3, en las muestras almacenadas a las temperaturas de 2 y 5 °C sin empaque plástico y las muestras almacenadas a 17 °C con película plástica; la coincidencia en los niveles de CO₂ producidos en condiciones distintas puede ser debido a que las muestras almacenadas en película plástica a 17 °C ven reducidos sus niveles de O₂ en el interior del empaque y con esto baja la intensidad respiratoria (Cliffe y O'Beirne, 2007).

Cuadro 15. Efecto de la interacción película*temperatura de almacenamiento sobre la intensidad respiratoria (mLCO₂·kg⁻¹·h⁻¹) de *Pleurotus ostreatus* mínimamente procesado durante 28 días de almacenamiento.

Película	Temperatura (°C)	Tiempo de almacenamiento (días)					
		1	3	5	13	20	28
SP	2 °C	103.9 ^a abC	107.0 bC	264.4 abAB	378.94 aA		
	5 °C	98.60 abA	97.25 bA	323.58 aB	120.75 bA		
	17 °C	111.09 aA	152.9 aA				
CP	2 °C	18.80 cD	52.5 cCD	122.40 bcB	229.31 bA	89.19 aBC	53.20 aCD
	5 °C	33.40 cC	49.37 cC	104.2cAB	125.3 bA	78.2 aABC	63.29 aABC
	17 °C	45.50 cA	86.46 bB	139.93 bcC	175.02bcC		
	DMS	60.361	40.316	150.66	124.35	29.68	22.18

Z Letras minúsculas iguales, en sentido de columna, son estadísticamente iguales; y letras mayúsculas iguales, en sentido de fila, son estadísticamente iguales según la prueba de comparación de medias tukey ($\alpha=0.05$). SP: Sin película CP: Película plástica CP 9250[®] DMS: Diferencia Mínima Significativa.

Además de la temperatura y las películas plásticas, influyeron sobre la intensidad respiratoria los inhibidores de oscurecimiento. Se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre las setas tratadas con 1% ES + 1% AC, y las setas sin tratamiento; siendo las setas tratadas con la mezcla de inhibidores de oscurecimiento 1% ES + 1% AC, cuyo pH de la solución fue de 3.18, la que presentó la producción más baja de CO₂. Estos resultados pueden

atribuirse a que en condiciones de bajo pH se generan menores niveles de oxígeno dentro del empaque (Quevedo *et al.*, 2005) y con esto disminuye la respiración de los productos. Por otra parte las muestras tratadas con la mezcla de 3% ES + 1% AC, cuyo pH de la solución es de 4.06, y la muestra testigo no presentaron diferencias significativas (Cuadro 16).

Cuadro 16. Efecto del factor inhibidores de oscurecimiento sobre la intensidad respiratoria ($\text{mLCO}_2\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$) en *Pleurotus ostreatus* mínimamente procesado.

Factor		Niveles	
Inhibidores de oscurecimiento	de ST		143.17 a ^z
	3ES1AC		134.23 ab
	1ES1AC		106.71 b

Z Letras minúsculas iguales, en sentido de columna, son estadísticamente iguales; según la prueba de comparación de medias tukey ($\alpha=0.05$). 3ES1AC: 3% Eritorbato de Sodio + 1% Acido cítrico; 1ES1AC: 1% Eritorbato de Sodio + 1% Acido cítrico

Al analizar el comportamiento de las setas tratadas con inhibidores de oscurecimiento durante su almacenamiento, se puede observar de la Figura 9 que las diferencias significativas ($P\leq 0.05$) entre los tratamientos aplicados se presentan a partir del día 5 y hasta el día 13, en este periodo de tiempo las setas tratadas con la mezcla de 1% ES + 1% AC no presentan diferencias significativas en su intensidad respiratoria; sin embargo, si son diferentes estadísticamente a las muestras testigo y las setas tratadas con 3% ES + 1% AC, las cuales alcanzan su máximos valores respiratorios en los días 9 y 13 respectivamente; este desfase en los máximos en respiración puede deberse a la diferencia de pH a la que se encuentran las muestras.

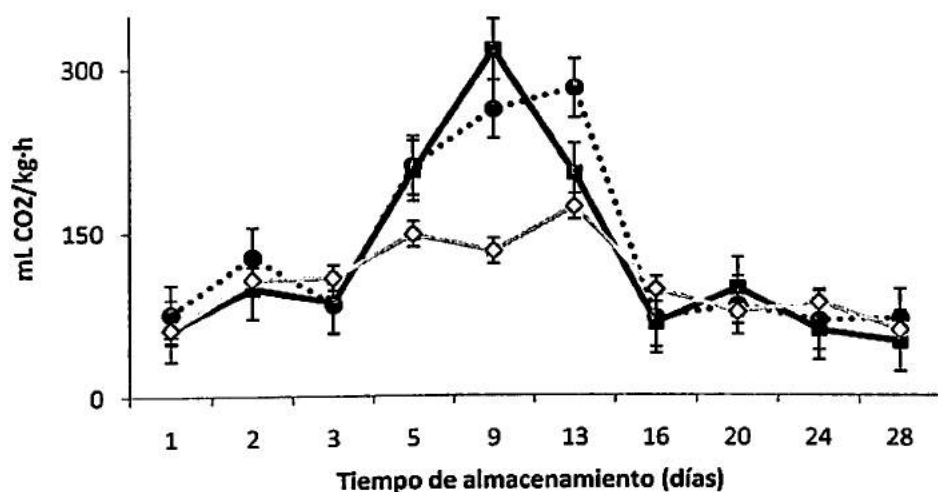


Figura 8. Intensidad respiratoria ($\text{mLCO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) en *Pleurotus ostreatus* mínimamente procesado a 25 ± 2 °C, tratado con 3% de eritorbato de sodio+1% de ácido cítrico (—■—), 1% de eritorbato de sodio+1% de ácido cítrico (—◇—) y sin tratamiento (.....●.....). Medias $\pm$ error estándar.

4.1.2.2 Etanol y Acetaldehído

Durante el almacenamiento de setas mínimamente procesadas no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$) en la producción de etanol. Sin embargo, si se presentaron diferencias ($P \leq 0.05$) en la producción de acetaldehído (Cuadro 3). Comportamientos similares han sido reportados por autores como Kimmerer y Kozłowski (1982) quienes encontraron que los árboles de abedul en condiciones de estrés hídrico redujeron la producción de etanol, pero los niveles de acetaldehído continuaron incrementándose; del mismo modo Meier *et al.* (2004) reportaron que en frutos de naranja almacenados a 2 °C no se observan diferencias significativas en el contenido de etanol, pero si se presentaron en el contenido de acetaldehído a lo largo del período de almacenamiento.

Con relación a la producción de acetaldehído los factores película, temperatura, inhibidores de oscurecimiento, así como, en las interacciones película*temperatura y temperatura*inhibidores de oscurecimiento, resultaron estadísticamente significativas (Cuadro 4).

En cuanto a la interacción película*temperatura (Cuadro 17) se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en la producción de acetaldehído entre las muestras almacenadas en atmósferas modificadas y sin ellas, encontrando que en ambos casos se produce este metabolito, esto se debe a que el acetaldehído es un componente natural del aroma en la mayoría de los productos y se acumula durante la maduración aún bajo condiciones aeróbicas (Pesis, 2005)

También se encontró que las muestras testigo no presentaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre las temperaturas de almacenamiento (2, 5 y 17 °C); sin embargo, las muestras almacenadas en atmósferas modificadas a 2 °C son estadísticamente diferentes en producción de acetaldehído a las muestras almacenadas en las dos temperaturas restantes (5 y 17 °C).

Cuadro 17. Efecto de la interacción película*temperatura en la producción de acetaldehído ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ de peso fresco) en *Pleurotus ostreatus* mínimamente procesado.

Película	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)		
	2 $\pm$ 1	5 $\pm$ 1	17 $\pm$ 2
SP	0.021 aA ^z	0.022 aA	0.023 aA
CP	0.072 bA	0.104 bB	0.109 bB

Z Letras minúsculas iguales, en sentido de columna, son estadísticamente iguales; y letras mayúsculas iguales, en sentido de fila, son estadísticamente iguales según la prueba de comparación de medias tukey ($\alpha=0.05$). SP: Sin película; CP: Con película CP-9250®

Respecto a la interacción temperatura*inhibidores de oscurecimiento (Cuadro 18), se encontró que las muestras tratadas con 1% ES+1% AC almacenadas a 2 $^{\circ}\text{C}$ fueron diferentes estadísticamente ($P\leq 0.05$) a las dos tratamiento restantes (testigo y 3% ES+1% AC) y a las temperaturas de 5 y 17 $^{\circ}\text{C}$ se comportan igual que el testigo; en ambos casos fueron las que presentaron los mayores niveles de acetaldehído.

Esto puede ser debido a que el tratamiento (1% ES+1% AC) correspondió a un menor pH de la solución que formo, con respecto a la mezcla de antioxidantes formada por 3% ES+1% AC; y coincidieron con los de Kimmerer y Kozlowski (1982) quienes encontraron que en las plantas almacenadas en condiciones anaeróbicas la producción de acetaldehído y etanol puede ser el resultado de una reducción en el pH del citoplasma debido a la acumulación de ácidos orgánicos activando la enzima piruvato descarboxilasa, tan pronto como esto pasa, iniciará la producción de acetaldehído e inmediatamente después si está presente la enzima alcohol deshidrogenasa (ADH) o si ésta es inducida o activada por acetaldehído comenzará la producción de etanol. Asimismo se

encontró, que en las setas tratadas con 3% ES+1% AC, la temperatura de 2 °C fue la que generó los menores niveles de acetaldehído.

Cuadro 18. Efecto de la interacción temperatura*inhibidores de oscurecimiento en la producción de acetaldehído (mg·g⁻¹ de peso fresco) en *Pleurotus ostreatus* mínimamente procesado.

Temperatura (°C)	Inhibidores de oscurecimiento		
	ST	3ES1AC	1ES1AC
2±1	0.048 aA ^z	0.041 aA	0.073 aB
5±1	0.083 bA	0.062 aA	0.087 aA
17±2	0.110 bA	0.066 aB	0.096 aB

Z Letras minúsculas iguales, en sentido de columna, son estadísticamente iguales; y letras mayúsculas iguales, en sentido de fila, son estadísticamente iguales según la prueba de comparación de medias tukey ($\alpha=0.05$). ST: Sin tratamiento; 3ES1AC: 3% Eritorbato de Sodio + 1% Ácido cítrico; 1ES1AC: 1% Eritorbato de Sodio + 1% Ácido cítrico.

Al analizar el comportamiento de setas durante su almacenamiento se encontró que en la interacción formada por los factores película y temperatura (Cuadro 19), las setas almacenadas sin empaque plástico a diferentes temperaturas (2, 5 y 17 °C); así como las setas almacenadas a 2 °C con película plástica no muestran diferencia estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$). También se encontró que la mayor producción de acetaldehído en setas almacenadas a 2°C se presentó a partir del día 20, mientras que las setas almacenadas a 5 °C presentaron este comportamiento a partir del día 13; es decir, las bajas temperaturas retardaron los incrementos en la producción de acetaldehído. Los resultados encontrados coinciden con los reportados por Meier *et al.* (2004) quienes mencionan que frutos de naranja almacenados a 2 °C, presentaron los menores niveles de acetaldehído y de etanol sin inducir daños por frío; mientras

que en naranjas almacenadas a 20 °C, la acumulación de estos metabolitos se incrementó a niveles considerablemente más altos.

Respecto a la combinación de los factores temperatura e inhibidores de oscurecimiento (Cuadro 19), se observó que las muestras almacenadas entre las temperaturas de 2 y 5 °C no muestran diferencias significativas ($P \leq 0.05$) durante los tres primeros días de almacenamiento independientemente del tratamiento para inhibir oscurecimiento que se les aplicó.

Posteriormente después del día 13 se mostraron diferencias entre las setas almacenadas a 2 y 5 °C, pero se encontró que las setas tratadas con 1% ES + 1% AC almacenadas a 5 °C no mostraron diferencias significativas con las setas almacenadas a 17 °C (ST, 3% ES + 1% AC y 1% ES + 1% AC) y son éstos los tratamientos con mayor producción de acetaldehído. Después del día 20 las muestras almacenadas a 17 °C ya no fue posible evaluarlas por las condiciones en que se encontraba el producto, por lo que ahora se observa que no hay diferencias significativas entre las muestras almacenadas a 2 °C tratadas con 1% ES + 1% AC y las muestras almacenadas a 5 °C (ST, 3% ES + 1% AC y 1% ES + 1% AC).

Cuadro 19. Efecto de las interacciones sobre la producción de acetaldehído ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ de peso fresco) de *Pleurotus ostreatus* mínimamente procesado almacenado a 2 ± 1 , 5 ± 1 y 17 ± 2 °C, con y sin película plástica.

Tiempo de almacenamiento (días)		1	3	13	20	28
PELICULA*TEMPERATURA						
SP	2 °C	0.05 bA ²	0.013cA	0.019bA		
	5 °C	0.053bA	0.012cB			
	17 °C	0.042bA	0.014cB			
CP	2 °C	0.052bB	0.026cC	0.045bBC	0.101aA	0.108aA
	5 °C	0.127aAB	0.044bC	0.089aAB	0.154bA	0.164bA
	17 °C	0.084aA	0.097aA	0.123aA		
DMS		0.0673	0.0157	0.0528	0.0289	0.0237
TEMPERATURA*INHIBIDORES DE OSCURECIMIENTO						
2 °C	ST	0.072bcAB	0.017cB	0.024cB	0.109bcA	0.108bcA
	3ES1AC	0.049bcAB	0.019cA	0.029cA	0.061cB	0.078cB
	1ES1AC	0.027bcA	0.024cA	0.065bcA	0.133abcBC	0.138abcBC
5 °C	ST	0.164aA	0.021cB	0.052bcB	0.187aA	0.159abA
	3ES1AC	0.04abA	0.028bA	0.045bA	0.136abB	0.178aB
	1ES1AC	0.065bcA	0.034bcA	0.169aA	0.139abA	0.156abA
17 °C	ST	0.115abA	0.052abA	0.144abA		
	3ES1AC	0.022cA	0.051abA	0.101abcA		
	1ES1AC	0.052bcA	0.063aA			
DMS		0.0903	0.021	0.0922	0.0773	0.0633

Z Letras minúsculas iguales, en sentido de columna, son estadísticamente iguales; y letras mayúsculas iguales, en sentido de fila, son estadísticamente iguales según la prueba de comparación de medias tukey ($\alpha=0.05$). SP: Sin película; CP: Película plástica CP-9250®; DMS: Diferencia mínima Significativa; 3ES1AC: 3% Eritorbato de Sodio + 1% Acido cítrico; 1ES1AC: 1% Eritorbato de Sodio + 1% Acido cítrico

4.1.3 Variables bioquímicas

4.1.3.1 Actividad de la enzima Polifenoloxidas (EC 1.10.3.1)

Se encontró significancia estadística ($P\leq 0.05$) en los factores película, temperatura e inhibidores de oscurecimiento, así como sus respectivas interacciones (Cuadro 4). Con relación a la interacción película*temperatura (Cuadro 20) se observó que las setas almacenadas a 2 °C no presentan diferencias significativa entre la presencia o ausencia de empaque; sin

embargo, las setas almacenadas a 5 y 17 °C si presentan diferencias con relación al empaque.

También se encontró que las setas testigo presentaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en la actividad de la enzima PPO, en cada una de las temperaturas de almacenamiento (2, 5 y 17 °C); no obstante, las setas almacenadas en atmósferas modificadas no presentaron diferencias significativas en la actividad de la enzima PPO entre las temperaturas de 2 y 5 °C con respecto a las muestras almacenadas a 17°C; lo cual puede atribuirse a que el frío disminuyó las actividades metabólicas, entre ellas la actividad de la PPO (Wiley, 1997).

Resultados similares fueron presentados por Quevedo *et al.* (2005) quienes encontraron que hay una mayor inhibición de oscurecimiento en nopal mínimamente procesado a 5 °C respecto a 10 °C, así mismo Mohapatra *et al.*, (2008) mencionan que los hongos (*Agaricus spp.*) almacenados a bajas temperaturas mantienen bajos niveles de actividad enzimática por más tiempo y por tanto tienen menor susceptibilidad a desarrollar oscurecimiento

Cuadro 20. Efecto de la interacción película*temperatura sobre la actividad de la enzima polifenoloxidasas ($\text{UI} \cdot \text{g}^{-1}$ de peso fresco) en *Pleurotus ostreatus* mínimamente procesado.

Película	Temperatura (°C)		
	2±1	5±1	17±2
SP	2.220 aA ^z	4.665 aB	6.789 aC
CP	1.756 aA	1.670 bA	4.005 bB

Z Letras minúsculas iguales, en sentido de columna, son estadísticamente iguales; y letras mayúsculas iguales, en sentido de fila, son estadísticamente iguales según la prueba de comparación de medias tukey ($\alpha=0.05$) SP Sin película CP Con película CP 9250[®]

Respecto a la interacción película*inhibidores de oscurecimiento (Cuadro 21), se presentaron diferencias significativas entre las setas almacenadas con y sin película plástica para cada uno de los tratamientos de inhibidores de oscurecimiento usados (1% ES + 1% AC, 3% ES + 1% AC y testigo). De igual manera, se encontró que en las muestras almacenadas sin empaque tratadas con 1% ES + 1% AC y las muestras testigo se comportan igual estadísticamente, presentando la mayor actividad enzimática.

Con relación a las setas almacenadas en atmósferas modificadas, estas son diferentes estadísticamente ($P \leq 0.05$) en cada uno de los tratamientos de inhibidores de oscurecimiento aplicados (1% ES + 1% AC, 3% ES + 1% AC y testigo), observándose que el tratamiento 3% ES + 1% AC, produjo la menor actividad enzimática respecto al testigo, lo cual pudiera deberse a que el eritorbato de sodio en solución es fácilmente oxidado si se expone al aire, pero es muy estable en atmósferas modificadas por lo que tiene un amplia aplicación en éstas (Cubero *et al.*, 2002).

Cuadro 21. Efecto de la interacción película*inhibidores de oscurecimiento sobre la actividad de la enzima polifenoloxidasas ($\text{U} \cdot \text{g}^{-1}$ de peso fresco) en *Pleurotus ostreatus* mínimamente procesado.

Película	Inhibidores de oscurecimiento		
	ST	3ES1AC	1ES1AC
SP	5.155 aA ²	1.767 aB	5.183 aA
CP	3.919 bA	0.789 bB	1.612 bC

Z Letras minúsculas iguales, en sentido de columna, son estadísticamente iguales; y letras mayúsculas iguales, en sentido de fila, son estadísticamente iguales según la prueba de comparación de medias tukey ($\alpha=0.05$). SP: Sin película; CP: Con película CP-9250®; ST: Sin tratamiento; 3ES1AC: 3% Eritorbato de Sodio + 1% Ácido cítrico; 1ES1AC: 1% Eritorbato de Sodio + 1% Ácido cítrico.

Respecto a la interacción temperatura*inhibidores de oscurecimiento (Cuadro 22), se encontró que las setas almacenadas a 2 y 5 °C con y sin tratamiento de inhibidores de oscurecimiento, no presentaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en la actividad enzimática, pero si resultaron diferentes a las setas almacenadas a 17 °C. Por otra parte, no se encontraron diferencias significativas entre las setas tratadas con 1% ES + 1% AC y las muestras testigo; pero ambas resultaron diferentes a las setas tratadas con 3% ES + 1% AC las cuales presentaron la menor actividad de la enzima PPO durante el almacenamiento.

Cuadro 22. Efecto de la interacción temperatura*inhibidores de oscurecimiento sobre la actividad de la enzima polifenoloxidas (U·g⁻¹ de peso fresco) en *Pleurotus ostreatus* mínimamente procesado.

Temperatura (°C)	Inhibidores de oscurecimiento		
	ST	3ES1AC	1ES1AC
2±1	2.984 aA ^z	0.616 aB	2.058 aA
5±1	3.724 aA	1.033 aB	2.705 aC
17±2	7.622 bA	2.039 bB	5.992 bA

Z Letras minúsculas iguales, en sentido de columna, son estadísticamente iguales; y letras mayúsculas iguales, en sentido de fila, son estadísticamente iguales según la prueba de comparación de medias tukey ($\alpha=0.05$). ST: Sin tratamiento; 3ES1AC 3% Eritorbato de Sodio + 1% Acido cítrico; 1ES1AC: 1% Eritorbato de Sodio + 1% Acido cítrico

El comportamiento en actividad de la enzima PPO durante el almacenamiento de *Pleurotus* se aprecia en el Cuadro 23, donde se observó que las setas sin empaque plástico presentan diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en la actividad de PPO a partir del día 3 en cada una de las temperaturas de almacenamiento (2, 5 y 17 °C). En cuanto a las setas almacenadas en atmósferas modificadas se encontró que a 2 °C, las diferencias significativas en actividad de PPO se

presentan en el día 13 y en el caso del almacenamiento a 5 y 17 °C, dichas diferencias se presentan a partir del día 3; es decir, al reducir la temperatura se redujo la actividad de la enzima PPO.

Al revisar el comportamiento de la interacción película*inhibidores (Cuadro 23) de oscurecimiento se encontró que a partir del día 1 y hasta el día 3 no hubo diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en actividad de la enzima PPO, entre las setas tratadas con inhibidores de oscurecimiento almacenadas sin empaque plástico y las setas sin tratamiento almacenadas en atmósferas modificadas, las cuales presentaron la mayor actividad de PPO, y estos tratamientos antes mencionados reducen dicha actividad a partir del día 13, comportándose estadísticamente igual a las muestras tratadas con 3% ES + 1% AC empacadas con atmósferas modificadas.

Por otra parte, respecto al efecto combinado de los factores temperatura e inhibidores de oscurecimiento (Cuadro 23), se observa que entre las temperaturas de 2 y 5 °C no se encontró diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$) para cada uno de los tratamientos (testigo, 3% ES + 1% AC, 1% ES + 1% AC). Por otra parte, a 2 °C en el día 1 y 13 las setas tratadas con 3% ES + 1% AC y 1% ES + 1% AC resultaron diferentes, mientras que a 5 °C las diferencias en cuanto a actividad enzimática se presentaron en los días 1 y 20; la mayor actividad de PPO se presentó con el tratamiento de 1% ES + 1% AC; esto puede atribuirse a que en este último tratamiento el eritorbato de sodio estuvo presente en menor concentración y éste es considerado un fuerte

agente reductor y muy estable en soluciones ácidas, y ha sido reportado por diversos autores como un sustituto eficaz de los sulfitos en frutas y vegetales (Sapers *et al.*, 1994; Cubero *et al.*, 2002; Deirdre *et al.*, 2006).

Cuadro 23. Efecto de las interacciones sobre la actividad de la enzima polifenoloxidasas ($U \cdot g^{-1}$ de peso fresco) en *Pleurotus ostreatus* mínimamente procesado almacenados a 2 ± 1 , 5 ± 1 y 17 ± 2 °C, con y sin película plástica y tratados con dos mezclas de inhibidores de oscurecimiento.

Tiempo de almacenamiento (días)		1	3	13	20	28
PELICULA*TEMPERATURA						
SP	2 °C	5.799 abA ^Z	0.5973dB	0.4810cB		
	5 °C	5.6780abcA	3.3621bB			
	17 °C	4.4336bcdA	10.827aB			
CP	2 °C	2.5656dA	2.5721bcA	1.5516bB	1.0987aB	1.1409aB
	5 °C	3.6445cdA	1.1082cdB	1.3291bB	1.0662aB	0.9440aB
	17 °C	7.0670aA	1.5429cdB	2.4592aC		
	DMS	2.0853	1.5575	0.3761	0.2978	0.2256
PELICULA*INHIBIDORES DE OSCURECIMIENTO						
SP	ST	5.5852bA	6.4466aA	0.5263cB		
	3ES1AC	1.3993cA	2.8609bB	0.4698cC		
	1ES1AC	8.4374aA	2.7698bB	0.4469cB		
CP	ST	8.1249aA	3.1139bB	2.8537aB	2.1146aB	1.9177aB
	3ES1AC	1.4456cA	0.4087cB	0.5683cB	0.7282bB	0.5212bB
	1ES1AC	3.2866cA	1.6236bcB	1.3291bBC	0.3846bC	0.5116bBC
	DMS	2.0853	1.5496	0.5568	0.438	0.3381
TEMPERATURA*INHIBIDORES DE OSCURECIMIENTO						
2 °C	ST	5.765bA	2.3bcdB	1.497cB	2.468aB	2.168aB
	3ES1AC	1.270cA	0.3881dB	0.413dB	0.394cdB	0.438bB
	1ES1AC	4.757bA	1.532cdB	1.098cB	0.435cdB	0.656bB
5 °C	ST	6.0782abA	4.147bAB	2.366bBC	1.762abC	1.668aC
	3ES1AC	1.564cA	0.8434dAB	0.404dB	1.103bcAB	0.605bAB
	1ES1AC	6.341abA	1.672cdB	0.909cdB	0.334dB	0.367bB
17 °C	ST	8.7225aA	8.751aA	3.727aB		
	3ES1AC	1.411cA	3.574bcB	0.938cdC		
	1ES1AC	7.127abA	4.099bB			
	DMS	2.7874	2.0901	0.6699	0.7583	0.5858

Z Letras minúsculas iguales, en sentido de columna, son estadísticamente iguales; y letras mayúsculas iguales, en sentido de fila, son estadísticamente iguales según la prueba de comparación de medias tukey ($\alpha=0.05$). SP: Sin película; CP: Con película; ST: Sin tratamiento; 3ES1AC: 3% Eritorbato de Sodio + 1% Ácido cítrico; 1ES1AC: 1% Eritorbato de Sodio + 1% Ácido cítrico

4.1.3.2 Fenoles totales

La producción de fenoles totales, mostró significancia estadística ($P \leq 0.05$), en los factores película, temperatura e inhibidores de oscurecimiento; así como sus respectivas interacciones (Cuadro 4).

Respecto al efecto combinado de la película y la temperatura (Cuadro 24), sobre la producción de fenoles totales se encontró que hubo diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre la presencia y ausencia de película plástica; además las setas almacenadas sin empaque plástico no presentaron diferencias significativas entre las temperaturas de 5 y 17 °C; mientras que las muestras almacenadas en atmósferas modificadas, presentaron diferencias significativas en producción de fenoles en las tres temperaturas de almacenamiento evaluadas (2, 5 y 17 °C).

Cuadro 24. Efecto de la interacción película*temperatura sobre la producción de fenoles totales ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ de peso fresco) en *Pleurotus ostreatus* mínimamente procesado.

Película	Temperatura (°C)		
	2±1	5±1	17±2
SP	0.573 aA ^Z	0.198 aB	0.232 aB
CP	0.365 bA	0.514 bB	0.436 bC

Z Letras minúsculas iguales, en sentido de columna, son estadísticamente iguales; y letras mayúsculas iguales, en sentido de fila, son estadísticamente iguales según la prueba de comparación de medias tukey ($\alpha=0.05$). SP: Sin película; CP: Con película CP-9250®

En relación a la interacción película*inhibidores de oscurecimiento (Cuadro 25), no se encontró diferencia estadística ($P \leq 0.05$) en las muestras tratadas con 1% ES + 1% AC y las muestras testigo, almacenadas sin película plástica; pero si son diferentes estadísticamente cuando se almacenan bajo atmósferas

modificadas. Las setas tratadas con 3% ES + 1% AC, presentaron los mayores niveles de fenoles totales almacenadas con y sin empaque plástico en el rango de (0.67 a 0.72 mg·100 g⁻¹), estos valores están por arriba de los reportados por Oms-Oliu *et al.* (2008) quienes encontraron una producción de fenoles totales de 50 mg·100 g⁻¹ de peso fresco en muestras de peras tratadas con N-acetil cisteína y glutatión y 40 mg·g⁻¹ peso fresco en muestras sin antioxidantes; sin embargo no se trata del mismo producto pero si se presenta una tendencia similar en cuanto a que los productos tratados con antioxidantes producen mayor cantidad de fenoles totales.

Cuadro 25. Efecto de la interacción película*inhibidores de oscurecimiento sobre la producción de fenoles totales (mg·g⁻¹ de peso fresco) en *Pleurotus ostreatus* mínimamente procesado.

Película	Inhibidores de oscurecimiento		
	ST	3ES1AC	1ES1AC
SP	0.156 aA ^Z	0.719 aB	0.229 aA
CP	0.226 bA	0.674 aB	0.426 bC

Z Letras minúsculas iguales, en sentido de columna, son estadísticamente iguales; y letras mayúsculas iguales, en sentido de fila, son estadísticamente iguales según la prueba de comparación de medias tukey ($\alpha=0.05$). SP: Sin película; CP: Con película CP-9250®; ST: Sin tratamiento; 3ES1AC: 3% Eritorbato de Sodio + 1% Acido cítrico; 1ES1AC: 1% Eritorbato de Sodio + 1% Acido cítrico.

En el Cuadro 26, se presenta la interacción temperatura*inhibidores de oscurecimiento en donde no se encontraron diferencias significativas ($P\leq 0.05$) en la producción de fenoles totales en cada una de las temperaturas de almacenamiento (2, 5 y 17 °C), pues las diferencias significativas ($P\leq 0.05$) se presentaron entre los tratamientos aplicados (ST, 3% ES + 1% AC y 1% ES + 1% AC). Por otra parte las setas tratadas con 3% ES + 1% AC, mostraron

diferencias significativas ($P \leq 0.05$) durante el almacenamiento a 17 °C con respecto al almacenamiento en las temperaturas de 2 y 5 °C; mientras que las setas tratadas con 1% ES + 1% AC y las muestras testigo no mostraron diferencias ($P \leq 0.05$) entre las temperaturas de almacenamiento (2, 5 y 17 °C).

Cuadro 26. Efecto de la interacción temperatura*inhibidores de oscurecimiento sobre la producción de fenoles totales ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ de peso fresco) en *Pleurotus ostreatus* mínimamente procesado.

Temperatura (°C)	Inhibidores de oscurecimiento		
	ST	3ES1AC	1ES1AC
2±1	0.219 aA ^Z	0.820 aB	0.338 aC
5±1	0.187 aA	0.697 aB	0.378 aC
17±2	0.186 aA	0.501 bB	0.348 aC

Z Letras minúsculas iguales, en sentido de columna, son estadísticamente iguales; y letras mayúsculas iguales, en sentido de fila, son estadísticamente iguales según la prueba de comparación de medias tukey ($\alpha=0.05$). ST: Sin tratamiento; 3ES1AC: 3% Eritorbato de Sodio + 1% Ácido cítrico; 1ES1AC: 1% Eritorbato de Sodio + 1% Ácido cítrico.

Con relación al comportamiento de las setas durante 28 días de almacenamiento (Cuadro 27), se encontró que las setas almacenadas en empaque plásticos presentaron un comportamiento decreciente, lo que posiblemente se debió a que durante la maduración ocurrió la oxidación de fenoles monohídricos y o-dihídricos, y por lo tanto se dio la disminución del contenido de fenoles activos (Rao y Chundawat, 1989); una tendencia similar fue encontrada por Bautista *et al.* (2005) en frutos de chicozapote. Asimismo, se observó una mayor producción de fenoles totales en las setas almacenadas sin película plástica, respecto a las que sí la contenían, esto puede deberse a que la actividad enzimática se vio inhibida y el oscurecimiento que se presentó en la muestras almacenas sin películas plásticas pudo ser debido a los fenoles; estos resultados contrastan con los de Wilhelmina (2005) quien menciona que

manzanas almacenadas a 5 °C sin cubierta plástica pierden el 27 % de los fenoles totales después de seis meses de almacenamiento. También se encontró que después del día 13 no hay diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en la producción de fenoles totales en las muestras almacenadas en atmósferas modificadas.

En cuanto al comportamiento película*inhibidores de oscurecimiento se observó que las setas tratadas con inhibidores de oscurecimiento presentaron una mayor producción de fenoles totales, con respecto al testigo, dicho comportamiento también fue descrito por Prior *et al.* (2005) en rebanadas de pera, lo cual se atribuye a que el método de Folin-Ciocalteu incluye la contribución de otras sustancias, tales como ácido L-ascorbico, azúcares reductores, proteínas solubles y otras sustancias y no exclusivamente compuestos fenólicos.

Finalmente se presenta en el Cuadro 27, la interacción temperatura*inhibidores de oscurecimiento en donde se encontró diferencia estadística ($P \leq 0.05$) en la producción de fenoles totales entre las setas tratadas con 1% ES + 1% AC y las muestras testigo almacenadas a 2, 5 y 17 °C, a partir del día 13; mientras que las setas tratadas con 3% ES + 1% AC, almacenadas a 2 y 5 °C presentaron diferencias ($P \leq 0.05$) a partir del día 13 pero almacenadas a 17 °C, los cambios se presentaron en el día 3. Es decir, las setas tratadas con 3% ES + 1% AC se vieron afectadas con la temperatura de 17 °C.

Cuadro 27. Efecto de las interacciones sobre la producción de fenoles totales ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ de peso fresco) en *Pleurotus ostreatus* mínimamente procesado almacenados a 2 ± 1 , 5 ± 1 y 17 ± 2 °C, con y sin película plástica y tratados con dos mezclas de inhibidores de oscurecimiento.

Tiempo de almacenamiento (días)		1	3	13	20	28
PELICULA*TEMPERATURA						
SP	2 °C	0.2243 cA ^Z	0.5244aB	0.9697aC		
	5 °C	0.0947dA	0.3010cB			
	17 °C	0.1701cdA	0.2797cB			
CP	2 °C	0.5162bA	0.3300cB	0.3034bB	0.3696aB	0.3267aB
	5 °C	0.8450aA	0.5582aB	0.5105bB	0.3564aC	0.3247aC
	17 °C	0.4569bA	0.4219bA	0.4215bA		
	DMS	0.083	0.0748	0.2346	0.0247	0.075
PELICULA*INHIBIDORES DE OSCURECIMIENTO						
SP	ST	0.0954dA	0.1147dA	0.4645bcB		
	3ES1AC	0.2868cA	0.8089aB	1.7430aC		
	1ES1AC	0.0888dA	0.1814dB	0.7014bC		
CP	ST	0.2370cA	0.1763dAC	0.3473cB	0.2345cA	0.1158bC
	3ES1AC	1.0259aA	0.7121bB	0.6125bcC	0.4059bD	0.4112aD
	1ES1AC	0.4795bA	0.4046cAB	0.3516cB	0.4485aA	0.4500aA
	DMS	0.083	0.0748	0.3299	0.0363	0.1103
TEMPERATURA*INHIBIDORES DE OSCURECIMIENTO						
2 °C	ST	0.188deA	0.127eA	0.371cB	0.227cA	0.124bA
	3ES1AC	0.638bAC	0.876 aA	1.743 aB	0.505 aAC	0.463 aC
	1ES1AC	0.170deA	0.245cdAC	0.515bcB	0.337bCD	0.393 aD
5 °C	ST	0.138eA	0.123eA	0.423bcB	0.242cC	0.108bA
	3ES1AC	0.875 aA	0.841 aA	0.808bA	0.307bB	0.359 aB
	1ES1AC	0.279dA	0.325cA	0.374cA	0.559 aB	0.507 aB
17 °C	ST	0.157eA	0.179deA	0.334cB		
	3ES1AC	0.457cA	0.564bB	0.465bcA		
	1ES1AC	0.406cA	0.310cB			
	DMS	0.1116	0.0999	0.4156	0.0626	0.191

Z Letras minúsculas iguales, en sentido de columna, son estadísticamente iguales y letras mayúsculas iguales, en sentido de fila, son estadísticamente iguales según la prueba de comparación de medias tukey ($\alpha=0.05$). SP: Sin película; CP: Con película, DMS Diferencia Mínima Significativa; ST: Sin tratamiento; 3ES1AC: 3% Eritorbato de Sodio + 1% Ácido cítrico; 1ES1AC: 1% Eritorbato de Sodio + 1% Ácido cítrico

V. CONCLUSIONES

Los hongos *Pleurotus ostreatus* presentaron un patrón no-climático con relación a la producción de CO₂.

Su actividad respiratoria y pérdida de peso se redujo con el uso de atmósferas modificadas y bajas temperaturas.

El uso de inhibidores de oscurecimiento redujo la actividad de la enzima polifenoloxidasa e incrementa la producción de fenoles totales

Los niveles de acetaldehído se mantienen bajos a 2 °C y empacados en la película plástica CP-9250®.

Las setas tratadas con la mezcla de inhibidores de oscurecimiento 3% ES + 1% AC, almacenadas en película plástica (CP-9250®) a 2 °C, mantuvieron por mayor tiempo la vida útil del producto.

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda el uso de películas plásticas de mayor permeabilidad al O₂ y CO₂, con la finalidad de evitar la acumulación de metabolitos anaerobios.

Se sugiere cuantificar bromatológicamente la composición del hongo *Pleurotus ostreatus* durante el almacenamiento

Se recomienda evaluar sensorialmente las setas tratadas con 3% de eritorbato de sodio + 1% de ácido cítrico, almacenadas a 2 °C, para determinar la aceptación del consumidor, debido a que este fue el tratamiento que dio mejores resultados en las variables evaluadas

VII. LITERATURA CITADA

- Aguayo, E.; Escalona, V.; Artés F. 2004. Metabolic behavior and quality changes of whole and fresh processed melon. *Sensory and Nutritive Qualities of Food* 69(4): 148-155.
- Aguilar, A.; Domínguez, T. 1996. La tecnología de producción de hongos comestibles como opción dentro del desarrollo rural. *Agrociencia* 30: 171-176.
- Anantheswaran, R.; Roy, S. 2001. Factores que afectan la vida de anaquel de los hongos comestibles frescos, pp. 239-258. *In: La Biología y el Cultivo de Pleurotus spp.* Sánchez, J.; Royse, D (eds.). México.
- Ancona, M.; Méndez, L.; Novelo, A.; Martínez, V. 2005. Estimación de la demanda de *Pleurotus ostreatus* en el estado de Yucatán. *Revista Mexicana de Agronegocios* 9(17): 1-12.
- AOAC. 1995. Official Methods of Analysis of AOAC International. *Food Chemistry* 2(34): 823-826.
- Arciniega, A. 1999. Efecto del Dióxido de Azufre sobre dos Variedades de Papa (*Solanum tuberosum* L.) Durante la Frigoconservación. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo, México pp 40-46.
- Ares, G.; Parentelli, C.; G'ambaro, A.; Lareo, C.; Lemab, P. 2006. Sensory shelf life of shiitake mushrooms stored under passive modified atmosphere. *Postharvest Biology and Technology* 41: 191-197.
- Arias, E.; González, J.; Oria, R.; López, P. 2007a. Ascorbic acid and 4-hexylresorcinol effects on pear PPO and PPO catalyzed browning reaction. *Food Chemistry and Toxicology* 72(8): 422-429.

- Arias, E.; González, J.; Peiró, J.; Oria, R.; Lopez, P. 2007b. Browning prevention by ascorbic acid and 4-hexylresorcinol: Different mechanisms of action on polyphenol oxidase in the presence and in the absence of substrates. *Food Chemistry and Toxicology* 72(9): 464-470.
- Artés, H.; Artés, F. 2003. Daños por frío en la postrecolección de frutas y hortalizas, pp. 299-310. *In*. Avances en Ciencias y Técnicas del Frío. López, A.; Esnoz, F.; Artés, F (eds.). Cartagena. España.
- Artés, F. 2006. El envasado en atmósfera modificada mejora la calidad de consumo de los productos hortofrutícolas intactos y mínimamente procesados en fresco. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha* 7(2): 61-85.
- Badui, S. 2006. Química de los Alimentos. 4ª edición. Ed. Pearson, México. pp. 207-239.
- Bautista, B.; Arévalo, M.; Saucedo, C.; Martínez, M. 2005. Proceso de maduración de frutos de chicozapote [*Manilkara Sapota* (L.) P. Royen] tipo fino. *Revista Chapingo* 11(2): 387-39.
- Belitz, H; Grosch, W. 1997. Química de alimentos. 2ª edición. Editorial Acribia, España. pp. 1087.
- Bermúdez, R.; Morris, J.; Donoso, C.; Martínez, C.; Ramos, E. 2003. Influencia de la luz en la calidad proteica de *Pleurotus ostreatus* var. *florida*. *Rev Cubana Invest Biomed.* 22(4): 226-31.
- Calonge, D. 1990. Setas (Hongos) Guía Ilustrada. 2ª edición. Ediciones Mundi Prensa, España. pp. 33-41.

- Calvo, C. Durán, L. 1997. Propiedades físicas II (Ópticas y color). *In*: CYTED. Tecnología de Alimentos. Alfaomega. Volumen 1. pp. 261-287.
- Cantwell, M.; Hong, G.; Suslow T. 2001. Heat treatments control extension growth and enhance microbial disinfection of minimally processed green onions. *HortScience* 36(4): 732-737.
- Cantwell, M.; Suslow, T. 2002. Postharvest handling systems: Fresh-cut fruits and vegetables, pp. 445-461. *In*: Postharvest Technology of Horticultural Crops. Kader, A (eds.). California. USA.
- Chávez, C. 1996. Utilización de Agentes Químicos en el Blanqueo de Hojuelas de Papa Frita (*Solanum tuberosum* L) y su Efecto en la Calidad. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo, México. pp. 45-62.
- Cliffe, V.; O' Beirne, D. 2007. Effects of gas atmosphere and temperature on the respiration rates of whole and sliced mushrooms (*Agaricus bisporus*): implications for film permeability in modified atmosphere packages. *Food Engineering and Physical Properties* 72(4): 197-204.
- Cubero, N.; Monferrer, A.; Villalta, J. 2002. Aditivos Alimentarios. Ediciones Mundi Prensa, España. pp. 86-105.
- Davis, P.; Chace, W. 1969. Determination of alcohol in citrus juice by gas chromatographic analysis of headspace. *HortScience* 4(2): 117-119.
- Deirdre, M.; Eidhin, N.; Murphy, E.; O'Beirne, D. 2006. Poliphenol oxidase from apple (*Malus domestica* Borkh. Cv Bramley's seedling): Purification strategies and characterization. *Food Chemistry and Toxicology* 71: 51-58.

- Dorantes, L.; Parada, L.; Ortiz, A.; Santiago, T.; Chiralt.; Barbosa, G. 1998. Effect of anti-browning compounds on the quality of minimally processed avocados. *Food Science and Technology International* 4: 107-113.
- Fei, T.; Min, Z.; Hang-qing, Y. 2006. Effect of vacuum cooling on physiological changes in the antioxidant system of mushroom under different storage conditions. *Journal of Food Engineering* 79: 1302-1309.
- FAO. 2007. Base de datos de la ONU para la agricultura y la Alimentación (FAOSTAT). Consultada en www.faostat.fao.org en octubre de 2007.
- García, M. 2003. Cultivo de Setas y Trufas. 4ª edición. Ediciones Mundi-Prensa, España. pp. 143-145.
- González, G.; Ayala, F.; Ruiz, S.; Cruz, R.; Cuamea, F. 2004. Estado actual del mercado de frutos y vegetales frescos cortados. Proyecto XI.22 Desarrollo de tecnologías para la conservación de vegetales frescos cortados. *In: Simposio "Estado Actual del Mercado de Frutos y Vegetales Cortados en Iberoamérica"*. pp. 7-16.
- González, G.; Cuamea, F.; Gardea, A. 2005. Nuevas Tecnologías de Conservación de Productos Vegetales Frescos Cortados. CIAD, México. 558 p.
- Guerzoni, M.; Gianotti, A.; Corbo, M.; Sinigaglia, M. 1996 Shelf-life modelling for fresh-cut vegetables. *Postharvest Biology and Technology*. 9:195-207.
- Guzmán, G.; Mata, G.; Salmenes D.; Soto, C.; Guzmán, L. 2002. El Cultivo De los Hongos Comestibles. Instituto Politécnico Nacional. México.

Henze, J. 1989. Storage and transport of *Pleurotus* mushrooms in atmospheres with high CO₂ concentrations. *Acta Horticulturae* 258: 579-584.

Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática (INEGI). 2003a. *Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares 2002*. [Consultado en línea] en: http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/encuestas/enigh/enigh_2002/enigh.html

Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática (INEGI). 2003b. *Agenda Estadística de los Estados Unidos Mexicanos. Edición. 2003*. pp 254

Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, Gobierno del Estado de México. 2005. Nopaltepec: Medio Físico. [Consultado en línea] en: <http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/mexico/mpios/15061a.htm>

Jacksens, L.; Devlieghere, F.; Debevere, J. 2002. Temperature dependence of shelf-life as affected by microbial proliferation and sensory quality of equilibrium modified atmosphere packaged fresh produce. *Postharvest Biol. and Technol.* 26: 59-73.

Kader, A. 2007. *Tecnología Postcosecha de Productos Hortofrutícolas*. 3ª edición. Universidad de California. 580 p.

Kimmerer, T.; Kozlowski, T. 1982. Ethylene, ethane, acetaldehyde, and ethanol production by plants under stress. *Plant Physiol.* 69: 840-847.

- Lamikanra, O. 1995. Enzymatic browning of Muscadine grapes products. pp. 166-177. In: Enzymatic Browning and its Prevention, LEE, C. L.; Whitaker, J. R.(eds). ACS. Washington, USA.
- Lasanthi, J.; Chamara, I. 2005. Extension of postharvest life of oyster mushroom by modified atmosphere packaging technique. Food Engineering and Physical Properties 70(9): 573-578.
- Leal, H. 1998. Research priorities for production of edible fungi in Mexico. Inoculum 49(2): 31.
- Leatham, G. 1982. Cultivation of shiitake, the Japanese forest mushroom, on logs: a potential industry for the United States. Forest Products Journal 32(8): 29-35.
- Mahajan, P.; Oliveira, F.; Maced, I. 2007. Effect of temperature and humidity on the transpiration rate of the whole mushrooms. Journal of Food Engineering 84(2): 281-288.
- Martínez-Carrera, D., 1997. Producción de *Pleurotus* en México. VI Congreso Nacional de Micología. Sociedad Mexicana de Micología. Tapachula, México. 30 p.
- Martínez-Carrera, D.; Larque, A.; Aliphat, M.; Aguilar, A.; Bonilla, M.; Martínez, W. 2000. La Biotecnología de Hongos Comestibles en la Seguridad y Soberanía Alimentaria de México. CONACYT, Academia Mexicana de Ciencias. pp. 193-207.
- Martínez-Carrera, D.; Morales, P.; Pellicer, E.; León, H.; Aguilar, A.; Ramírez, P.; Ortega, P.; Largo, A.; Bonilla, M.; Gómez, M. 2002. Studies on the

traditional management, and processing of *Matsutake* mushrooms in Oaxaca, México. *Micología Aplicada Internacional* 14(2): 25-43.

Martínez, D.; López, D. 2003. Programa Estratégico para el Desarrollo de la Producción, Transformación y Comercialización de Hongos Comestibles en el Estado de Tlaxcala. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas y Fundación Produce Tlaxcala. 45 p.

Martínez, J.; Ancos, B.; Cano, M. 2004. Efecto del Procesado Mínimo en la Actividad Antioxidante y Vitamina C del Brócoli. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias y de Pesca, Portugal. pp. 207-211.

Martínez-Carrera, D.; Morales, P.; Sobal, M.; Bonilla, M.; Martínez, W. 2007. México ante la globalización en el siglo XXI: el sistema de producción-consumo de los hongos comestibles. 20 p. *In: El Cultivo de Setas Pleurotus spp. en México.* Sánchez, J.; Martínez, D.; Mata, G.; Leal, H. (Eds). ECOSUR-CONACYT, México, D.F.

Martínez-Flores, A.; Corrales-García, J.; Espinoza-Solares, T.; García-Gatica, P. y Villanueva-Verdusco, C. 2008. Cambios poscosecha del hongo comestible huitlacoche (*Ustilago maydis* (D.C.) Corda). *Revista Chapingo* 14(3):339-343.

Medina-Peralta, S.; Ancona-Méndez, L. 2004. Análisis de las preferencias de comidas preparadas con el hongo comestible *Pleurotus djamor* (setas), en la comunidad de Baca, Yucatan, Mexico. Proyecto "Procesos Biotecnológicos a escala como una alternativa de Producción de Alimento Humano (Hongos Comestibles) y Animal (Rumiantes y Lombrices) a partir de subproductos Agrícolas en Baca, Yucatán", pp. 86-91. *In: Foro de matemáticas del Sureste.* Universidad Autónoma de Tabasco, México.

- Meier, G.; Ponte, E.; Vázquez, D. 2004. Contenido de acetaldehído y etanol en naranjas y mandarinas durante la postcosecha. *RIA*. 33 (1): 135-150.
- Mendoza-Wilson, A.; Báez-Sañudo, R. 2000. Medición de la tasa respiratoria por sistema cerrado en melón cantaloupe. *Hort. Mex.* 8(2): 158-163.
- Mercado, E. 2004. Cultivos no tradicionales y su potencial de exportación como frutos mínimamente procesados en México. Proyecto XI.22 Desarrollo de tecnologías para la conservación de vegetales frescos cortados, pp. 101-113. *In: Simposio "Estado Actual del Mercado de Frutos y Vegetales Cortados en Iberoamérica"*. San José, Costa Rica.
- Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. 1992. Normas de Calidad para Frutas y Hortalizas. Secretaría General de alimentación, Madrid España. pp. 431-437.
- Mohapatra, D.; Frias, J.; Oliveira, F.; Bira, Z.; Kerry, J. 2007. Development and validation of a model to predict enzymatic activity during storage of cultivated mushrooms (*Agaricus bisporus* spp.). *Journal of Food Engineering* 86: 39-48.
- Namesny, A. 1993. Post-Recolección de Hortalizas. Vol I. Ediciones de Horticultura, España. pp. 235-239.
- Nichols, R., Hammond, B. 1973. Storage of mushrooms in pre-packs: the effect of changes in carbon dioxide and oxygen on quality. *J Sci Food Agric.* 24: 1371-81.

- Oliveira, S.; Gómez, S.; Clemente, E. 2002. Chemical composition of *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Quél., substrates and residue after cultivation. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 45(4): 531-535.
- Oms-Oliu, G.; Soliva-Fortuny, R.; Mart'in-Belloso, O. 2008. Edible coatings with antibrowning agents to maintain sensory quality and antioxidant properties of fresh-cut pears. *Postharvest Biology and Technology* 50: 87-94.
- Pantastico, E. 1975. *Postharvest Physiology Handling and Utilization of Tropical and Subtropical Fruits and Vegetables*. Editorial Westport, Connecticut. Estados Unidos de América. pp. 86-102.
- Pereira, L.; Rodrigues, A.; Sarantópoulos, C.; Junqueira, V.; Cunha, R.; Hubinger, M. 2004. Influence of modified atmosphere packaging and osmotic dehydration on the quality maintenance of minimally processed guavas. *Food Engineering and Physical Properties* 69(4): 172-177.
- Pesis, E. 2005. The role of the anaerobic metabolites, acetaldehyde and ethanol, in fruit ripening, enhancement of fruit quality and fruit deterioration. *Postharvest Biology and Technology* 37: 1-19.
- Pilizota, V.; Sapers, G. 2004. Novel Browning inhibitor formulation for fresh-cut apples. *Sensory and Nutritive Qualities of Food* 69(4): 140-143.
- Piqueras, J. 2004. Los hongos como alimentos funcionales. *Laboratoris Clinics-Hospital Universitari Vall d'Hebron, Barcelona*. 2: 46-48.
- Potter, N.; Hotchkiss, J. 1995. *Ciencia de los Alimentos*. Editorial ACRIBIA, España. 667 p.

- Prior, R.; Wu, X.; Schaich, K. 2005. Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *J. Agric. Food Chem.* 53: 4290–4302.
- Quevedo, K.; Villegas, M.; González, H.; Rodríguez, A. 2005. Calidad de nopal verdura mínimamente procesado. Efecto de temperatura e inhibidores del oscurecimiento. *Revista Fitotecnia Mexicana* 28(3): 261-270.
- Rao, D. V. R.; Chundawat, B. S. 1989. Postharvest changes in respiration and enzymes activities in sapota (*Manilkara achras* Mill Forsberg). *Indian J. Plant Physiol.* 32: 105-109.
- Rattanapanome, N.; Lee, Y.; Wu, T.; Watada, A. 2001. Quality and microbial changes of fresh-cut mango cubes held in controlled atmosphere. *HortSci.* 36(6): 1091-1095.
- Reale, A.; Sorrentino, E.; Iacumin, L.; Tremonte, P.; Manzano, M.; Maiuro, L.; Comi, G.; Coppola, R.; Succi, M. 2009. Irradiation treatments to improve the shelf life of fresh black truffles (Truffles Preservation by Gamma-Rays). *Journal of Food Science* 74(4): 196-200.
- Rodríguez S.; Questa A.; Guzmán C.; Casóliba R.; Coronel M. 2006. Calidad microbiológica de vegetales mínimamente procesados. Proyecto XI.22 Desarrollo de tecnologías para la conservación de vegetales frescos cortados. In: I Simposio Ibero-Americano de Vegetales Frescos Cortados. San Pedro, Brazil. pp. 99-106.
- Rojas, M.; Grasa, R.; Martín, O. 2007. Quality changes in fresh-cut fuji apple as affected by ripeness stage, antibrowning agents, and storage atmosphere. *Sensory and Nutritive Qualities of Food* 72(1): 36-43.

- Rojas, M.; Soliva, R.; Martín, O. 2008. Effect of natural antibrowning agents on color and related enzymes in fresh-cut Fuji apples as an alternative to the use of ascorbic acid. *Sensory and Food Quality* 73 (6): 267-272.
- Rolle, R.; Chism, G. 1987. Physiological consequences of minimally processed fruits and vegetables. *Journal Food Quality*. 10: 157-177.
- Romero, F.; Riquelme, F.; Pretel, M.; Martínez, G.; Martínez, C.; Lozano, P.; Segura, P.; Luna, P. 1996. *Nuevas Tecnologías de Conservación de Frutas y Hortalizas: Atmósferas Modificadas*. Ed. Mundi-Prensa, España. 221 p.
- Sánchez, J.; Royse, D. 2001. La importancia del cultivo de *Pleurotus* spp. Estadísticas mundiales de producción, con énfasis en Hispanoamérica. pp. 19-20. *In: La Biología y el Cultivo de Pleurotus* spp. Ed. ECOSUR/LIMUSA. México.
- Santos, A. 1992. *Química y Bioquímica de Alimentos*. Universidad Autónoma Chapingo, México. pp. 40-50.
- Sapers, G.; Miller, R.; V Pilizota, V.; Mattrazzo, A. 2001. Antimicrobial treatments for minimally processed cantaloupe melon. *Journal of Food Science* 66 (2): 345-349.
- Sapers, G.; Miller, R.; Miller, F.; Cooke, P.; Choi, S. 1994. Enzymatic browning control in minimally processed mushrooms. *Journal of Food Science* 59(5): 1042-1047.
- SAS. 1985. *Statistical Analysis System. User's guide. Version 5th Ed.*, The Institute Cary. NC.

- Seymour, G.; Taylor, J.; Tucker, A. 1993. Biochemistry of Fruit Ripening. First. Edition University Press, Cambridge. 454 p.
- Simon, A.; González, E.; Tobar, V. 2005. The sensory and microbiological quality of fresh sliced mushroom (*Agaricus bisporus* L.) packaged in modified atmospheres. International Journal of Food Science & Technology 40(9): 943–952.
- Smith, J.; Ramaswamy, H.; Simpson, B. 1990. Developments in food packaging technology. Part II: Storage aspect. Food Science Technology 1(5): 111-118.
- Smagula, J.; Bramlage, W.; 1977. Acetaldehyde accumulation: Is it a cause of physiological deterioration of fruits?. HortScience 12: 200-203.
- Soto, C.; Serratos, J.; Ruíz, M.; García, P. 2005. Análisis proximal y de aminoácidos de los residuos de cosecha del hongo *Pleurotus* spp. Revista Mexicana de Micología 21: 49-52.
- Sun, N.; Song, K. 2003. Effect of nonthermal treatment on the molecular properties of mushroom polyphenoloxidase. Food Chemistry and Toxicology 68(5): 1639-1643.
- Sveeine, E.; Klougart, A.; Rasmussen, C. 1967 Ways of prolonging the shelf life of fresh mushrooms. Mushroom Sci. 6: 463–74. Cited in Tano K, Arul J, Doyon G,
- Tano K, Arul J, Doyon G, Castaigne F. 1999. Atmospheric composition and quality of fresh mushrooms in modified atmosphere packages as affected by storagetemperature abuse. J Food Sci. 64(6): 1073–7.

- Villaescusa, R.; Gil, M. 2003. Quality improvement of *Pleurotus* mushrooms by modified atmosphere packaging and moisture absorbers. *Postharvest Biology and Technology* 28: 169-179.
- Vedder, P. 1986. *Cultivo Moderno del Champiñón*. Ed. Mundi-Prensa, España. 369 p.
- Watada, A.; Ko, P.; Minott D. 1996. Factors affecting quality of fresh-cut horticultural products. *Postharvest Biol Technol.* 9: 115-25.
- Waterman, P.; Mole, S. 1994. *Analysis of Phenolic Plant Metabolites*. 1ª ed. Osney Mead, Oxford, England. 238 p.
- Wiley, R. 1997. *Frutas y Hortalizas Mínimamente Procesadas y Refrigeradas*. Ed. Acribia, España. pp. 11-13.
- Wilhelmina, K. 2005. Effects of production and processing factors on major fruit and vegetable antioxidants. *Concise Reviews/Hypotheses in Food Science* 70: 11-19.
- Wills, R., Graham, D., Joyce, D., McGlasson, B. 1998. *Introducción a la Fisiología y Manipulación Poscosecha de Frutas, Hortalizas y Plantas Ornamentales*. 2ª edición. Ed. Acribia. 240 p
- Wu, X.; Hansen, C. 2008. Antioxidant capacity, phenolic content, and polysaccharide content of *Lentinus edodes* grown in whey permeate-based submerged culture. *Food Microbiology and Safety* 73: 1-8.
- Yahia, E., Higuera, I. 1992. *Fisiología y Tecnología Postcosecha de Productos Hortícolas*. Ed. Limusa. 303 p.