



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO  
INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

**MAESTRÍA EN CIENCIA DE LOS ALIMENTOS**

**TESIS**

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA INCLUSIÓN DE SUSTRATO  
GASTADO DE *Pleurotus ostreatus* EN LA DIETA DE CONEJOS,  
SOBRE LA CALIDAD DE LA CANAL Y DE LA CARNE**

Para obtener el grado de  
Maestra en Ciencia de los Alimentos

Presenta

MVZ. Darinka Miroslava Saavedra Castillo

Director

Dr. Sergio Soto Simental

Asesores

Dr. Juan Ocampo López

Dr. Javier Piloni Martini

Dra. Aurora Quintero Lira

Tulancingo de Bravo, Hidalgo., México, Abril 2023



COORDINACION DE INVESTIGACION Y POSGRADO DEL ICAP

Actas de la reunión del Comité de Tesis de Maestría en Ciencia de los Alimentos  
Apertura:

La reunión ordinaria para evaluar los avances de la tesis intitulada: "Evaluación del efecto de la inclusión de sustrato gastado de *Pleurotus ostreatus* en la dieta de conejos, sobre la calidad de la canal y de la carne", que desarrolla el estudiante Darinka Miroslava Saavedra Castillo

Asistentes:

Dr. Sergio Soto Simental  
Dr. Juan Ocampo López  
Dr. Javier Piloni Martini  
Dra. Aurora Quintero Lira

A. Revisión de Trabajo de Tesis

Observaciones:

El comité revisó con antelación el trabajo de tesis en extenso propuesto por el estudiante, comunicando a la estudiante, Darinka Miroslava Saavedra Castillo, oportunamente las correcciones, adiciones y/o modificaciones que debería considerar para mejorar su trabajo y poder continuar con el proceso de obtención de grado. La estudiante atendió de forma conveniente las sugerencias del comité.

B. Acuerdos

En esta fecha, se comunica atentamente que el comité conformado por los profesores firmantes, otorgamos nuestra autorización para que la estudiante imprima su trabajo final de tesis, y continúe con los trámites necesarios para la obtención del grado de maestría respectivo.

ATENTAMENTE  
"AMOR, ORDEN Y PROGRESO"

Tulancingo de Bravo, Hidalgo a 19 de Abril de 2023

Dr. Sergio Soto Simental  
Dr. Juan Ocampo López  
Dr. Javier Piloni Martini  
Dra. Aurora Quintero Lira



Avenida Universidad Km. 1 s/n, Exhacienda Aquetzalpa,  
Tulancingo de Bravo, Hidalgo, México; C.P. 43800  
Teléfono +52 (771) 71 72000 ext. 2425  
[maestria\\_alimentos@uaeh.edu.mx](mailto:maestria_alimentos@uaeh.edu.mx)

[www.uaeh.edu.mx](http://www.uaeh.edu.mx)

## AGRADECIMIENTOS

Al apoyo recibido por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca de la Maestría en Ciencia de los Alimentos.

A la empresa Setas Monarca, ubicada en Cuauhtepc de Hinojosa, Hidalgo, México, por la donación del sustrato gastado de *Pleurotus ostreatus*.

A mis asesores por las enseñanzas transmitidas e impulsarme para la realización de este proyecto.

## **DEDICATORIAS**

A mis padres quienes me apoyan en cada paso de la vida y me alientan a cumplir las metas.

A mis hermanos por el apoyo que me brindaron durante mi formación profesional.

# CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS .....	II
DEDICATORIAS .....	IV
ABREVIATURAS Y UNIDADES .....	VIII
ÍNDICE DE CUADROS.....	X
ÍNDICE DE FIGURAS .....	X
RESUMEN .....	XI
ABSTRACT .....	XII
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	2
2.1 <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	2
2.1.1 Características del hongo.....	2
2.1.2 Proceso de producción de <i>P. ostreatus</i> .....	3
2.1.3 Producción de <i>P. ostreatus</i> .....	4
2.1.4 Impacto ambiental del sustrato gastado de <i>P. ostreatus</i> .....	5
2.1.5 Obtención de enzimas a partir de la fermentación de sustratos .....	6
2.1.6 Mecanismo de acción de las enzimas fibrolíticas .....	7
2.2 Carne de conejo .....	7
3. JUSTIFICACIÓN.....	9

4.	OBJETIVOS.....	10
4.1	Objetivo general.....	10
4.2	Objetivos específicos .....	10
5.	HIPÓTESIS.....	10
6.	METODOLOGÍA .....	11
6.1	Obtención del sustrato gastado de <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	11
6.2	Obtención del extracto enzimático .....	11
6.3	Análisis del extracto enzimático .....	12
6.3.1	Determinación de proteína soluble .....	12
6.4	Ensayo <i>in vivo</i> .....	14
6.4.1	Ubicación geográfica.....	14
6.4.2	Animales .....	14
6.4.3	Dietas.....	14
6.4.4	Parámetros productivos .....	15
6.5	Calidad de la canal .....	16
6.6	Calidad de la carne .....	17
6.6.1	Medición de pH .....	17
6.6.2	Color .....	18
6.6.3	Pérdidas de peso por cocción (PPC).....	18
6.6.4	Análisis de perfil de textura .....	18

6.7	Análisis estadístico.....	18
7.	RESULTADOS.....	19
7.1	Eficiencia productiva de conejos.....	19
7.2	Calidad de la canal .....	20
7.3	Calidad de la carne .....	20
8.	DISCUSIÓN.....	23
9.	CONCLUSIÓN.....	25
10.	REFERENCIAS.....	26

## ABREVIATURAS Y UNIDADES

ABTS	2, 2' Azino-bis 3-etilbenzeno-thiazolina-6-ácido sulfónico
aW	Actividad de agua
BS	Base seca
°C	Grados centígrados
cm	Centímetro
CTV	Cuenta total viable
CIE	Comisión Internacional sobre la iluminación
d	Día
ED	Energía digestible
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
FDA	Fibra detergente ácido
FDN	Fibra detergente neutro
g	Gramo
h	Hora
Kg	Kilogramo
L	Litro
t	Tonelada
Log	Logaritmo
MEE	Media del error estándar
min	Minuto
Mcal	Megacalorías
mg	Miligramo
mL	Mililitro
mm	Milímetro
MS	Materia Seca
OMS	Organización Mundial de la Salud
P	Probabilidad
PC	Proteína cruda
PCC	Peso canal caliente



PCF	Peso canal fría
pH	Potencial de hidrógeno
PPC	Pérdidas de peso por cocción
PV	Peso vivo
SGPo	Sustrato gastado de <i>Pleurotus ostreatus</i>
SSPo	Sustrato seco de <i>Pleurotus ostreatus</i>
TPA	Análisis de perfil de textura
UI	Unidades Internacionales
UFC	Unidades formadoras de colonias
$\lambda$	Longitud de onda
%	Porcentaje

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro1. Clasificación taxonómica de <i>P. ostreatus</i> .....	3
Cuadro 2. Formulación de las dietas con sustrato gastado de <i>P. ostreatus</i> con actividad de lacasas .....	15
Cuadro 3. Consumo de alimento y ganancia diaria promedio en conejos alimentados con extracto de sustrato gastado de <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	19
Cuadro 2. Calidad de la canal de conejos alimentados con extracto de sustrato gastado de <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	21
Cuadro 3. Calidad de la carne de conejo alimentados con extracto enzimático de sustrato gastado de <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	25

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Hongo seta ( <i>Pleurotus ostreatus</i> ) .....	18
Figura 2. Diagrama para la producción de <i>P. ostreatus</i> .....	21
FIGURA 3. Enzimas de hongos comestibles que degradan material lignocelulolítico.....	6

## RESUMEN

La carne es considerada un alimento de gran valor nutritivo, esencial para el desarrollo del ser humano, actualmente la tendencia es incrementar el consumo de carne blanca, como es la carne de conejo; por tal motivo, es necesario incrementar la producción de esta especie a bajo costo, utilizando ingredientes que sean residuos agroindustriales, como es el sustrato gastado de *P. ostreatus*, que además contiene enzimas. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de las enzimas del sustrato gastado de *Pleurotus ostreatus* sobre la calidad de la canal y de la carne de conejos de engorda, para proponerlo como aditivo alternativo en alimento para conejos. Se obtuvo sustrato gastado de *P. ostreatus* de 60 d de cultivo, el cual fue homogenizado y deshidratado a 50 °C, para ser incluido en las dietas que se proporcionaron a 80 conejos de 35 d de edad, raza California y Mariposa, distribuidos completamente al azar en 4 tratamientos (0, 20 000, 40 000, 60 000 UI de actividad enzimática de lacasas Kg<sup>-1</sup> de sustrato gastado de *P. ostreatus*), 5 repeticiones, con 4 animales cada una. A los 28 d de engorda, los animales fueron sacrificados, para evaluar la calidad de la canal (mediciones morfométricas) y de la carne (pH, color y textura). Al analizar los datos, se encontró que al incluir 40 000 UI de lacasas Kg<sup>-1</sup> de sustrato gastado de *P. ostreatus* en la dieta de los conejos durante la engorda, no afecta ( $P>0.05$ ) la calidad de la canal, textura y pH, e incrementa ( $P<0.05$ ) la luminosidad de la carne. Por lo cual, se concluye que el sustrato gastado de *P. ostreatus*, es factible de utilizarse en la alimentación de conejos en etapa de engorda. *Palabras claves: Hongos, lacasas, carne, conejo.*

## ABSTRACT

Meat is considered a food of great nutritional value, essential for human development. Currently, the trend is to increase the consumption of white meat, such as rabbit meat; for this reason, it is necessary to increase the production of this species at low cost, using ingredients that are agro-industrial residues, such as the spent substrate of *P. ostreatus*, which also contains enzymes. The objective of this research was to evaluate the effect of enzymes from the spent substrate of *Pleurotus ostreatus* on the quality of the carcass and meat of fattening rabbits, in order to propose it as an alternative functional feed. Spent substrate of *P. ostreatus* was obtained from 60 d of culture of the company Setas Monarca, S.A. de C.V., which was homogenized and dehydrated at 50 °C, to be included in the diets provided to 80 rabbits of 35 d of age, California and Mariposa breed, distributed completely at random in 4 treatments (0, 20 000, 40 000, 60 000 IU of laccase enzymatic activity Kg<sup>-1</sup> of spent substrate of *P. ostreatus*), 5 replicates, with 4 animals each. At 28 d of fattening, the animals were slaughtered, to evaluate the quality of the carcass (morphometric measurements), meat (pH, color and texture) and meat product (microbiological analysis). When analyzing the data, it was found that including 40 000 IU of laccases Kg<sup>-1</sup> of spent substrate of *P. ostreatus* in the diet of rabbits during fattening does not affect ( $P>0.05$ ) carcass quality, texture and pH, and increases ( $P<0.05$ ) meat brightness. Therefore, it is concluded that the spent substrate of *P. ostreatus* is feasible to be used in the feeding of rabbits in the fattening stage.

*Keywords: Fungi, laccase, meat, rabbit.*

## 1. INTRODUCCIÓN

La carne es un alimento importante en la salud humana, considerada una fuente de proteína, grasa, minerales, vitaminas, entre otros nutrientes, por lo cual su consumo es un factor primordial en el crecimiento y desarrollo del ser humano (Ruilova, et al.,2016). A través del tiempo, la población ha mostrado una disminución en el consumo de carne roja, ya que se han relacionado como precursores de enfermedades crónico degenerativas; debido a su alto contenido de ácidos grasos saturados, colesterol y sodio (Ruedlinger-Standen y Catterina-Ferreccio, 2019). La Organización Mundial de la Salud (OMS), en el 2015 relacionó el consumo de carne roja con padecimientos como cáncer colorrectal, pancreático y de próstata, llegando a considerarlo un problema de salud pública, por lo que es una tendencia actualmente el fomentó del consumo de carne blanca, como lo es la carne de conejo, la cual se destaca por sus excelentes propiedades nutricionales, ya que contiene menos calorías que la carne de pollo, bovino y cerdo, es más rica en proteínas, calcio, hierro, vitaminas del complejo B y vitamina K, además de ser baja en grasa y exenta de ácido úrico (Bixquert y Gil, 2000). Sin embargo, tras la demanda de carne blanca, la industria cárnica está obligada a cubrir las necesidades de la población, por lo que incrementar la producción de carne sin afectar la calidad de la misma se convierte en un reto, por lo cual se ha tratado de implementar en la alimentación animal, el aprovechamiento de residuos agroindustriales de origen lignocelulósico, que, aunque es difícil su degradación, se pueden aprovechar como materiales fibrosos (Mejías, 2016), con la finalidad de reducir el impacto ambiental.

Dentro de los residuos agroindustriales que favorecen la generación de gases con efecto invernadero, se encuentra el sustrato gastado de *Pleurotus ostreatus*, hongo de pudrición blanca capaz de mejorar las condiciones nutricionales de materiales lignocelulósicos, debido a su capacidad para degradar la lignina (Van Kuijk et al., 2015), ya que produce enzimas lignocelulolíticas (celulasas, xilanasas y lacasas), que podrían beneficiar el aprovechamiento de carbohidratos estructurales, con la finalidad de mejorar la calidad de la canal y de la carne de conejos.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 *Pleurotus ostreatus*

#### 2.1.1 Características del hongo

*P. ostreatus* (Figura 1) es un hongo comestible, conocido como hongo seta, orejas blancas, orejas de palo y orejas de cazahuate, posee un sombrero ancho en forma de abanico de 5 a 25 cm; las variaciones de color se pueden presentar de blanco a gris, o de dorado a marrón, su clasificación taxonómica se muestra en la Cuadro 1, (Gaitán-Hernández *et al.*, 2006).



**Figura 1.** Hongo seta (*Pleurotus ostreatus*).

Fuente: Autoría propia.

Los hongos están formados por filamentos llamados hifas, que en conjunto lo que se conoce como micelio, naturalmente en condiciones de humedad y temperatura favorables, el micelio incrementa su tamaño sobre el sustrato, hasta lograr la forma típica de seta, una vez ya formado el hongo, este debe producir esporas con la finalidad preservar la especie, las esporas se forman en parte interna del hongo, extendiéndose desde el sombrero hasta la parte superior del pie; las setas se alimentan de materia orgánica en la que están creciendo (sustrato), degradando celulosa y lignina presentes en pajas, desechos forestales y agroindustriales, con enzimas que liberan al medio húmedo que les rodea, para que los nutrientes sean aprovechados por las hifas del micelio (Tapia, 2019).

**Cuadro4. Clasificación taxonómica de *P. ostreatus***

<b>Reino</b>	Fungi
<b>División</b>	Basidiomycota
<b>Subdivisión</b>	Basidiomycotina
<b>Clase</b>	Basidiomycetes
<b>Subclase</b>	Holobasidiomycetidae
<b>Orden</b>	Agaricales
<b>Familia</b>	Tricholomataceae
<b>Género</b>	<i>Pleurotus</i>
<b>Especie</b>	<i>ostreatus</i>

Fuente: Gaitán-Hernández et al., 2006

#### 2.1.2 Proceso de producción de *P. ostreatus*

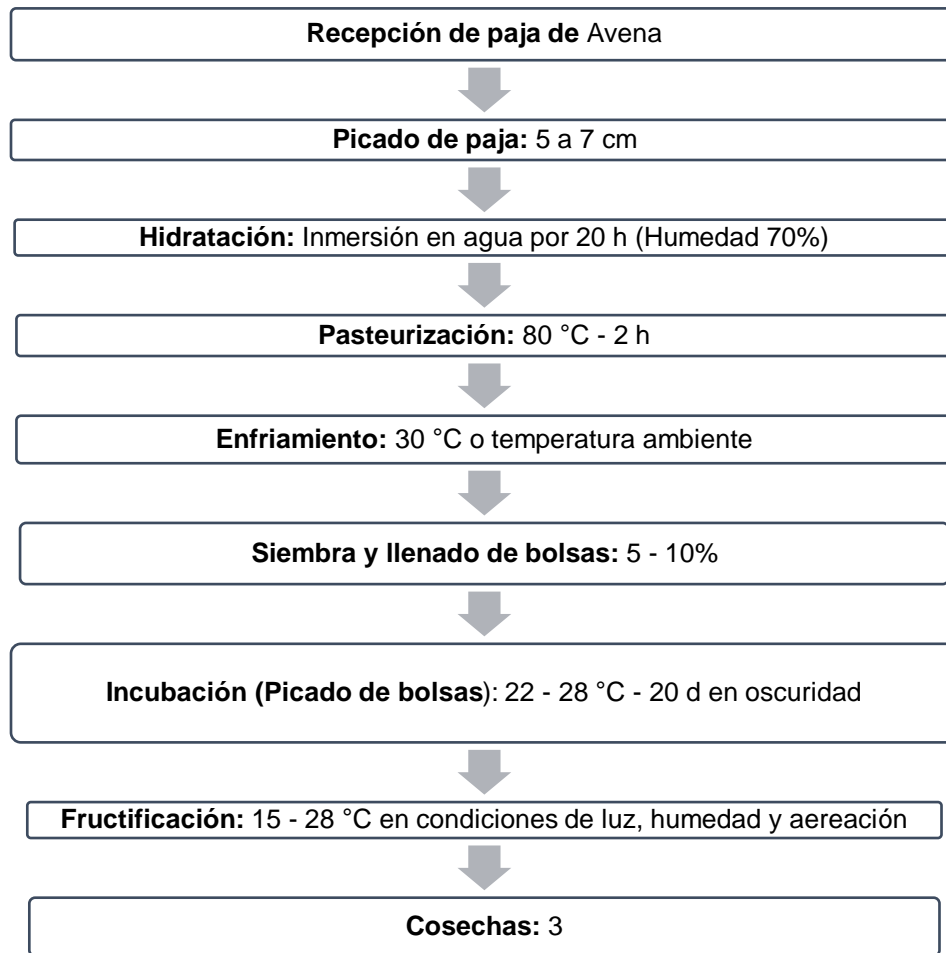
Dentro de las fases de producción de *P. ostreatus*, se encuentra la pasteurización; dónde el sustrato es sometido a una temperatura de 80 °C, durante 2 h, con inyección de vapor para mantener la temperatura, transcurrido el tiempo se dejan

enfriar a 25-30 °C para posteriormente, realizar la inoculación de la semilla (micelio); se mantiene en incubación entre 22 y 28 °C, con humedad relativa (HR) entre 70 y 80 %, con el propósito de que el micelio colonice el sustrato totalmente (Romero-Arenas et al., 2018), dando con ello el inicio de la fructificación con la formación de cuerpos fructíferos, con 80 y 90 % HR y de 16 a 18 °C de temperatura, finalizando con la fase de la cosecha, donde se recolectan los cuerpos fructíferos de forma manual, durante tres periodos (en el primero se recoge el 50, en el segundo el 30 y en el tercero el 20 % de la producción). Posterior a la tercera cosecha, se genera el sustrato gastado, considerado un desecho agroindustrial, que, al ser eliminado sin ningún control, se convierte en una problemática ambiental, por lo que se ha buscado utilizarse en la alimentación animal (Tapia, 2019).

### *2.1.3 Producción de *P. ostreatus**

La producción de hongos comestibles a nivel mundial es superior a los 31 millones de t, con un consumo per cápita de 4.7 kg, siendo China el principal productor, contribuyendo con más del 87 %. Con respecto a Latinoamérica, el principal país productor es México, el cuál produce alrededor del 80 % de los hongos comestibles de la región, por lo que, la producción de hongos es una actividad económica con crecimiento potencial, que genera por un lado, hongos para consumo humano y por otro sustrato gastado (Romero-Arenas et al., 2018).





**Figura 5. Diagrama para la producción de *P. ostreatus***

Fuente: Adaptado de Barba-Chávez y López-Cruz, 2017.

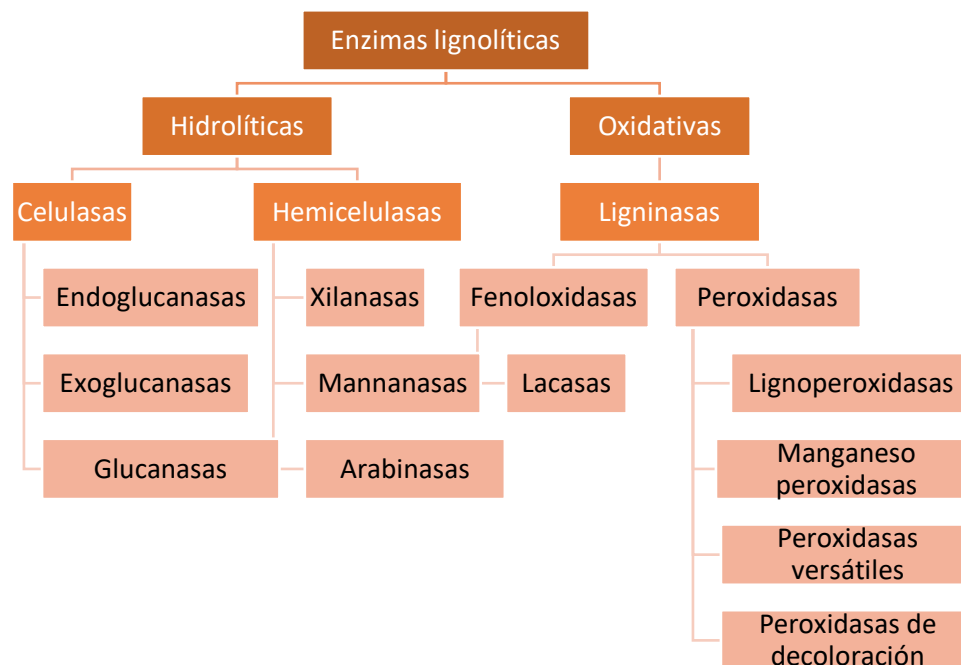
#### *2.1.4 Impacto ambiental del sustrato gastado de *P. ostreatus**

Considerando que, para el cultivo de hongos comestibles, como *P. ostreatus*, se utilizan diferentes sustratos lignocelulósicos como fuente de nutrientes para su crecimiento (Kortei et al., 2014), al finalizar la cosecha, el resultado es un sustrato gastado, el cual se ha convertido en un problema grave de contaminación ambiental, causado por su acumulación, y con ello la acidificación del suelo, debido a que se

producen 5 kg de sustrato gastado por cada kg de hongo producido (Hoa et al., 2015).

### 2.1.5 Obtención de enzimas a partir de la fermentación de sustratos

La extracción enzimática se realiza por métodos fermentativos de dos tipos, líquido (FML) y sólido (FS) (Sujani y Seresinhe, 2015). La FML es un cultivo de células microbianas homogéneo en un recipiente, en agitación constante con o sin aire (Vásquez-Vanegas, 2013), en la FS los microorganismos crecen sobre materiales sólidos húmedos, es un cultivo utilizado para la producción de enzimas (proteasas, celulasas, lacasas, xilanasas, pectinasas y amilasas) (Singh et al., 2001), ya que se degradan materiales lignocelulosicos por hongos, a través de hidrolisis y oxidación (Kumla et al., 2020), como se puede apreciar en la Figura 3.



**Figura 6.** Enzimas de hongos comestibles que degradan material lignocelulolítico.

Fuente: Kumla et al., 2020

### *2.1.6 Mecanismo de acción de las enzimas fibrolíticas*

Las enzimas fibrolíticas, permiten que los carbohidratos del material lignocelulósico, queden disponibles, por lo cual repercute de manera positiva en el rendimiento de la canal y el incremento de la carne, el mecanismo de estas enzimas se puede desarrollar en dos etapas, pre-ingestiva, cuando se aplican enzimas exógenas directamente en el alimento, llevando a cabo una hidrólisis, que libera azúcares reductores, que permiten la disposición de carbohidratos, los cuales favorecen el crecimiento microbiano, disminuyendo el tiempo de colonización microbiana; post-ingestiva, que es cuando se desarrolla la absorción de los azúcares libres en el intestino delgado, ofreciendo beneficios energéticos, lo que permite que se sintetice el glucógeno de manera más eficiente (Beauchemin et al., 2003).

## **2.2 Carne de conejo**

La carne de conejo, se clasifica como carne blanca, debido a su baja concentración de mioglobina; ofrece excelentes propiedades nutricionales en comparación con otras especies, como son la alta concentración de proteína con aporte importante de aminoácidos esenciales, baja concentración de grasa, principalmente contiene ácidos grasos insaturados (Dalle-Zotte, 2014); los valores energéticos y el contenido de minerales la hacen una carne apta para ser consumida por personas con enfermedades crónicas degenerativas, sin embargo, su consumo en México es bajo comparado con otros países, oscilando en los 130 g (Flores Aguilera y Sánchez Guerrero, 2016), debido a la poca difusión de sus beneficios y la carencia de conocimiento en su preparación (Olivares et al., 2009), por lo anterior, se buscan

opciones de comercialización de carne de conejo mediante la transformación a productos cárnicos (Luna et al., 2015).

### **3. JUSTIFICACIÓN**

El sustrato gastado de *Pleurotus ostreatus* es un subproducto agroindustrial que no es aprovechado, que se desecha de manera irresponsable, generando problemas medioambientales. Sin embargo, se sabe que dicho sustrato gastado presenta diversas propiedades fisicoquímicas y nutricionales, además de la presencia de una diversidad de enzimas lignocelulolíticas, las cuales tienen la capacidad de degradar materiales que contengan lignina, celulosa y hemicelulosa, ello hace que este material de desecho pueda ofrecer beneficios en la formulación de alimento para conejos, favoreciendo la digestibilidad del material fibroso, lo cual puede incrementar el aprovechamiento de los nutrientes, y con ello mejorar la calidad de la canal y de la carne.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 Objetivo general**

- Evaluar el efecto de las enzimas de sustrato gastado de *Pleurotus ostreatus* sobre la calidad de la canal y de la carne de conejos de engorda, con el propósito de proponerlo como alternativa en la alimentación de conejos.

### **4.2 Objetivos específicos**

- Determinar la actividad enzimática del extracto de sustrato gastado de *Pleurotus ostreatus*, con el propósito de verificar su actividad sobre sustratos que pueden estar presentes en el alimento para conejo.
- Formular una dieta considerando la actividad enzimática del sustrato gastado de *Pleurotus ostreatus*, para la elaboración de un alimento balanceado para conejos en etapa de engorda.
- Medir la calidad de la canal y de la carne de conejos en etapa de engorda alimentados con diferentes niveles de lacasas de sustrato gastado de *Pleurotus ostreatus* con el propósito de saber el efecto que tiene su adición.

## **5. HIPÓTESIS**

La inclusión de sustrato gastado de *Pleurotus ostreatus* en la alimentación de conejos mejora la calidad de la canal y de la carne.

## **6. METODOLOGÍA**

### **6.1 Obtención del sustrato gastado de *Pleurotus ostreatus***

Se obtuvieron 25 bolsas de sustrato gastado de *Pleurotus ostreatus* (SGPe) de 60 d de cultivo, de la empresa Setas Monarca S.A de C.V., ubicada en Cuauhtepac de Hinojosa, Hidalgo, México (20°09'00"N 98°26'00"O). De cada bolsa, se eliminó el material oxidado, para separar el material de la parte interna, el cual se homogenizó por el método de cuarteo se obtuvo una muestra de 250 g, para posteriormente ser utilizado en la obtención de un extracto enzimático; el material restante de SGPe, se deshidrató a 50 °C con ayuda de un horno de secado circulación forzada (Riossa, modelo HCF-82D), para posteriormente ser molido e incluido en la dieta para los animales.

### **6.2 Obtención del extracto enzimático**

Para obtener el extracto enzimático, se mezclaron 250 g de sustrato gastado de *P. ostreatus* (peso fresco) con 500 mL de agua destilada en una licuadora (Osterizer, modelo 4655-13, México), hasta homogenizar la muestra, posteriormente se filtró a través de 8 capas de gasa, y se separó la parte sólida de la líquida, de esta última se registró el volumen obtenido (mL), se centrifugó a 10,000 rpm, durante 20 min a 21 °C, para ser decantada y filtrada con papel filtro (Whatman No. 40) (Ayala *et al.*, 2011). Con el sobrenadante obtenido se realizó la determinación de actividad enzimática y la concentración de proteína soluble como indicador indirecto de la concentración total de enzima.

## **6.3 Análisis del extracto enzimático**

### *6.3.1 Determinación de proteína soluble*

La cantidad de proteína soluble, fue determinada mediante el método de colorimetría de proteína ligada (Bradford, 1976), se utilizó como estándar seroalbúmina bovina (BioChemika 05470, USA) en solución 0.15 M de amortiguador de citrato (50 mM, pH 5.3); a 1 mL de extracto enzimático en solución amortiguadora de citrato (50 mM, pH 5.3), se añadió 1 mL de reactivo Bradford y se agitó vigorosamente con un vórtex (Barnstead International, modelo M63215, USA), para posteriormente leer a  $\lambda$  595 nm en una celdilla de acrílico mediante un espectrofotómetro (JENWAY, modelo 6305, USA).

### *6.3.2 Actividad enzimática*

La actividad xilanasa, se obtuvo por la técnica de azúcares reductores con el método de ácido dinitrosalisílico (DNS) de acuerdo a las indicaciones de Ayala et al. (2011), para la curva, se utilizó como estándar solución de xilosa (Sigma, México) 10 mM con amortiguador de citrato (50 mM y pH de 5.3), a cada 100  $\mu$ L de extracto enzimático se le adicionó 900  $\mu$ L de xilan (Sigma, Alemania) (sustrato); el blanco general se realizó con 100  $\mu$ L de amortiguador de citrato (50 mM y pH de 5.3) y 900  $\mu$ L de xilan (sustrato), los cuales se incubaron a 50 °C por 5 min, en baño de agua marca StableTemp (Cole Parmer, Vernon Hills, IL, USA) cubiertos de la luz, posteriormente se agregó 1.5 mL de solución DNS, y se colocó en baño maría hasta ebullición durante 5 min, para después enfriar con hielo; la lectura se realizó a  $\lambda$  540 nm en un espectrofotómetro marca Jenway modelo 6305 (Stone, Staffs, UK).



La actividad celulasa, se obtuvo por la técnica de azúcares reductores empleando el método de ácido dinitrosalisílico (Ayala et al., 2011). Para la curva estándar se utilizó como estándar solución de glucosa 10 mM con amortiguador de citrato (50 mM y pH de 4.8), a cada 100  $\mu$ L de extracto enzimático se adicionaron 900  $\mu$ L de carboximetilcelulosa (Sigma, USA) (sustrato), como blanco general se utilizó 100  $\mu$ L de amortiguador de citrato (50 mM y pH de 5.3) y 900  $\mu$ L de carboximetilcelulosa como sustrato (Sigma, USA), se incubaron a 50 °C por 60 min, en baño maría (StableTemp, Cole Parmer, USA) se agregó 1.5 mL de solución DNS, se colocaron en baño maría hasta ebullición durante 5 min, para después enfriar con hielo; la lectura se realizó  $\lambda$  540 nm en un espectrofotómetro marca Jenway modelo 6305 (Stone, Staffs, UK).

Para cuantificar la actividad de lacasas se utilizó un sistema de reacción (200  $\mu$ L de amortiguador de citrato (50 mM, pH de 5.0), 1.4 mL de agua destilada, 200  $\mu$ L de extracto enzimático) incubado durante 1 min a 40 °C en baño maría (StableTemp, Cole Parmer, USA), al cual se le adicionó 200  $\mu$ L de sustrato ABTS (2, 2' Azino-bis 3-etilbenzeno-thiazolina-6-ácido sulfónico) preparado con 0.0276 g en 10 mL de amortiguador de citrato (50 mM y pH de 5.0); para posteriormente medir el incremento de la absorbancia a una  $\lambda$  de 420 nm, cada minuto, durante 5 min con espectrofotómetro marca Jenway modelo 6305 (Stone, Staffs, UK) como lo indica Ayala et al. (2011).

## **6.4 Ensayo *in vivo***

### *6.4.1 Ubicación geográfica*

Este ensayo se desarrolló en la Nave de Investigación de Producción de Conejos de Ciclo Completo (NIPCCC) del Instituto de Ciencias Agropecuarias, de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, en el Municipio de Tulancingo de Bravo, Hidalgo, México (20°03'45.4"N 98°22'52.9"W).

### *6.4.2 Animales*

Se utilizaron 80 conejos de 35 d de edad, raza California y Mariposa, distribuidos completamente al azar en 4 tratamientos (0, 20 000, 40 000, 60 000 UI de actividad enzimática lacasas de sustrato gastado de *P. ostreatus*), con 6 repeticiones. Se alojaron en grupos de 4 animales, en jaulas con dimensiones de 45 x 60 x 40 cm, acondicionadas con comederos de acero tipo tolva y bebederos automáticos, con agua y alimento a libre acceso, a una temperatura de 17 °C y 70 % de humedad relativa promedio, permanecieron en engorda 28 d.

### *6.4.3 Dietas*

Se elaboraron dietas (Cuadro 2) isoproteicas (15 %, proteína cruda), isoenergéticas (2.6 Kcal kg<sup>-1</sup> MS de energía digestible), isofibrosas (29 % Fibra Detergente Neutro, 17% Fibra Detergente Ácida), para la formulación se consideraron los requerimientos nutricionales (NRC, 1997) y la composición nutricional de los ingredientes (FEDNA, 2020), los cuales se mezclaron y peletizaron con ayuda de una máquina modelo SKJ120 (Shandong, China), el alimento terminado fue conservado en recipientes herméticos, hasta su utilización; diariamente se determinó la actividad lacasas UI Kg<sup>-1</sup> de alimento.

**Cuadro 2. Formulación de las dietas con sustrato gastado de *P. ostreatus* con actividad de lacasas**

Ingrediente	UI enzima lacasas kg <sup>-1</sup> de sustrato seco de <i>P. ostreatus</i>			
	0	20 000	40 000	60 000
	Base húmeda (g)			
Maíz molido	176	177	178	179
Sorgo rojo molido	175	176	177	178
DDGS cebada	37	37	37	37
Salvado de trigo	0	0	0	0
Melaza caña (25 % MS)	70	70	71	71
Aceite de soya	25	25	26	26
Pasta de canola	38	38	39	39
Pasta de soya	192	193	194	195
Cascarilla soya	0	0	0	0
Paja de cebada	277	186	93	0
Premezcla de micronutrientes (PMZ)	9	9	9	9
Sustrato gastado de <i>P. ostreatus</i>	0	88	176	266

DDGS: Granos secos de destilería

Aportes nutricionales de los ingredientes obtenidos de (FEDNA, 2020)

Requerimientos nutricionales obtenidos de NRC (1977)

#### 6.4.4 Parámetros productivos

Para la determinación de parámetros productivos, los animales se pesaron al inicio del ensayo y cada semana hasta el final del periodo de engorda (cuatro semanas).

Los conejos fueron alimentados diariamente a las 8:00 h, registrando la cantidad ofrecida y la rechazada, con ayuda de una balanza granataría (Mettria, modelo

MTNUV-40, precisión 5 g). Con los datos obtenidos, se calculó la ganancia diaria de peso (GDP), consumo de alimento (CA) y conversión alimenticia (CA).

## **6.5 Calidad de la canal**

Transcurridos los 28 d de la engorda, se trasladaron los animales al taller de cárnicos del Instituto de Ciencias Agropecuarias, para ser sacrificados de acuerdo a la NOM-033-SAG/ZOO-2014. Para el análisis de la calidad de la canal se siguieron las recomendaciones de (Blasco y Ouhayoun, 1993). Se obtuvieron las siguientes mediciones *ante mortem*:

- Peso vivo (PV). Considerando el peso del animal (incluyendo contenido digestivo y vejiga llena) al término de la engorda, sin ayunar.
- Longitud del animal (LA). Utilizando una cinta métrica se midió la distancia desde el atlas hasta la última vertebra isquémica en el animal vivo.
- Circunferencia del animal (CA). Utilizando una cinta métrica se midió la circunferencia a nivel de las vértebras lumbares en el animal vivo).

Y mediciones *post mortem*:

- Longitud de la canal (LC). Utilizando una cinta métrica se midió la distancia desde el atlas hasta la última vertebra isquémica de la canal.
- Circunferencia de la canal (CC). Utilizando una cinta métrica se midió la circunferencia a nivel de las vértebras lumbares de la canal.

Utilizando una balanza (ADAM, serie AQT – 2000, USA) se obtuvo el peso de piel, vísceras completas y patas; con la báscula granataría (Torrey, modelo PCR-20, México) el peso de la canal caliente (PCC) (Se realizó 30 min después del sacrificio),

peso de canal fría (PCF) se realizó después de estar en refrigeración (6 °C), durante 24 h, posterior al sacrificio).

Se calculó el rendimiento en canal (RC %) mediante la relación entre el peso de la canal caliente y el peso vivo.

Los cortes primarios, se obtuvieron, realizando seis puntos de corte, 1) para separar la cabeza, se hace el corte entre las vértebras occipital y atlas, 2) entre la 7<sup>a</sup> y 8<sup>a</sup> vértebra torácica, siguiendo la prolongación de las costillas al cortar la pared torácica, 3) entre la última vértebra torácica y la primera vértebra lumbar, 4) entre la 6<sup>a</sup> y 7<sup>a</sup> vértebra lumbar, cortando la pared abdominal transversalmente a la columna vertebral, 4) separación de las extremidades pelvianas, incluyendo inserción y músculos (iliopsoas, psoas e iliaco parte lateral y medial), lo cuales fueron pesados en una báscula granataría (Torrey, modelo PCR-20, México), al igual que la grasa escapular y renal (balanza, ADAM, serie AQT – 2000, USA).

Para obtener la proporción de carne, grasa y hueso, las piernas fueron diseccionadas, pesando cada uno de los componentes en una balanza granataría (ADAM, serie AQT – 2000, USA).

## **6.6 Calidad de la carne**

### *6.6.1 Medición de pH*

La medición de pH se realizó en el músculo *Longissimus lumborum*, por triplicado, siguiendo la metodología de Astrogano (2018), para lo cual se utilizó un potenciómetro para carne (Instrumentos Hanna, modelo HI99163, Rumania).

### 6.6.2 Color

Para medir el color, se utilizó un espectrofotómetro (Konica-Minolta, modelo CM-508d, Japón), utilizando el espacio de color CIE (Comisión Internacional sobre la Iluminación)  $L^* a^* b^*$  (iluminante D65 y ángulo estándar de  $10^\circ$ ), se realizaron 5 mediciones en el músculo *Longissimus dorsi*, siguiendo las recomendaciones de American Meat Science Association, (2012).

### 6.6.3 Pérdidas de peso por cocción (PPC)

Las pérdidas de peso por cocción, se realizaron diseccionando la mitad del lomo de las vértebras lumbares y posteriormente se registró la diferencia de peso, para lo cual se calentó a  $80\text{ }^\circ\text{C}$ , durante 20 min en baño maría (StableTemp, Cole Parmer, USA).

### 6.6.4 Análisis de perfil de textura

Se realizó un análisis de perfil de textura (APT) usando el software Texture Pro CT en un analizador de textura Brookfield CT3 (Brookfield, Middleboro, USA), se colocó un cubo de 1 cm de carne para obtener la dureza, adhesividad, cohesividad e índices de elasticidad y masticabilidad de la carne con ayuda de una sonda de 2.5 mm de diámetro, siguiendo las recomendaciones de Bourne, (1978).

## 6.7 Análisis estadístico

Se utilizó un modelo completamente al azar para la evaluación de la canal y la carne. Las variables se analizaron mediante un modelo lineal general del paquete estadístico SPSS ver 25 (IBM, Chicago, IL, USA). Utilizando una prueba de comparación de medias de Tukey ( $P < 0.05$ ).

## 7. RESULTADOS

### 7.1 Eficiencia productiva de conejos

En el Cuadro 3, se puede observar que el consumo de alimento total, peso final y la ganancia diaria de peso total disminuyeron ( $p < 0.05$ ) al incluir 60 000 UI lacasas  $\text{kg}^{-1}$  de sustrato seco de *P. ostreatus*, a través de la engorda, en cambio la ganancia diaria de peso (GDP) no fue diferente entre tratamientos ( $P > 0.05$ ) en la semana 1 y 4.

**Cuadro 3. Consumo de alimento y ganancia diaria promedio en conejos alimentados con extracto de sustrato gastado de *Pleurotus ostreatus***

Variable	Tratamientos <sup>1</sup>				SEM
	C	T20	T40	T60	
Consumo de alimento 1, g	624.25 <sup>Ba</sup>	615.00 <sup>Ba</sup>	569.50 <sup>Ba</sup>	523.25 <sup>Ba</sup>	22.38
Consumo de alimento 2, g	668.00 <sup>Ba</sup>	442.75 <sup>Cba</sup>	495.08 <sup>Ba</sup>	372.75 <sup>Bb</sup>	65.61
Consumo de alimento 3, g	656.75 <sup>Ba</sup>	753.50 <sup>ABa</sup>	549.91 <sup>bBa</sup>	499.10 <sup>Ba</sup>	127.03
Consumo de alimento 4, g	942.62 <sup>Aa</sup>	883.67 <sup>Aa</sup>	937.58 <sup>Aa</sup>	840.49 <sup>Aa</sup>	72.87
Peso inicial, g	968.18 <sup>a</sup>	1011.00 <sup>a</sup>	909.68 <sup>a</sup>	972.18 <sup>a</sup>	37.89
Peso final, g	1960.90 <sup>a</sup>	1750.00 <sup>ab</sup>	1717.50 <sup>ab</sup>	1602.18 <sup>b</sup>	94.31
Ganancia de peso total, g	992.72 <sup>a</sup>	739.00 <sup>b</sup>	807.81 <sup>ab</sup>	630.00 <sup>b</sup>	76.51
Consumo total de alimento, g	2997.15 <sup>a</sup>	2677.74 <sup>ab</sup>	2681.92 <sup>ab</sup>	2328.52 <sup>b</sup>	140.81
Ganancia diaria de peso 1, $\text{g d}^{-1}$	38.83 <sup>Aa</sup>	36.47 <sup>Aa</sup>	40.31 <sup>Aa</sup>	32.14 <sup>Aa</sup>	3.10
Ganancia diaria de peso 2, $\text{g d}^{-1}$	39.48 <sup>Aa</sup>	12.90 <sup>Cb</sup>	17.09 <sup>Bb</sup>	8.30 <sup>Bb</sup>	7.44
Ganancia diaria de peso 3, $\text{g d}^{-1}$	32.33 <sup>Aa</sup>	22.38 <sup>BCab</sup>	19.37 <sup>Bb</sup>	18.25 <sup>Bb</sup>	4.79
Ganancia diaria de peso 4, $\text{g d}^{-1}$	27.27 <sup>Aa</sup>	29.24 <sup>ABa</sup>	33.7 <sup>Aa</sup>	27.38 <sup>Aa</sup>	3.96
Ganancia diaria de peso total, $\text{g d}^{-1}$	35.45 <sup>a</sup>	26.39 <sup>b</sup>	28.84 <sup>ab</sup>	22.50 <sup>b</sup>	2.73
Conversión alimenticia	3.10 <sup>b</sup>	4.27 <sup>a</sup>	3.50 <sup>ab</sup>	4.07 <sup>ab</sup>	0.39

<sup>ab</sup> Literales distintas indican diferencias significativas entre columnas. <sup>AB</sup> Literales distintas indican diferencias significativas entre hileras solamente en consume de alimento y ganancia diaria de peso. Prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ). <sup>1</sup>C= Tratamiento control sin extracto enzimático, T20, T40 y T60 = 20 000, 40 000, y 60 000 IU. $\text{kg}^{-1}$  de lacasas obtenidas de sustrato gastado de *P. ostreatus*.

Sin embargo, fue mayor ( $p < 0.05$ ) en el grupo control durante la semana 2 y 3, lo cual se ve reflejado en la ganancia diaria de peso total (GDPT) y la conversión alimenticia, las cuales fueron mejores ( $p < 0.05$ ) en el grupo control y cuando los animales consumieron 40 000 UI lacasas  $\text{kg}^{-1}$  de sustrato seco de *P. ostreatus*.

## **7.2 Calidad de la canal**

En el Cuadro 4 se muestran las características de la canal de conejos que consumieron enzimas obtenidas a partir de sustrato gastado de *P. ostreatus*, las patas, largo del animal, grasa renal, grasa escapular, parte anterior, parte media, parte posterior, piernas, carne y grasa en piernas no fueron diferentes ( $p > 0.05$ ) entre tratamientos, en cambio el peso de la piel disminuyó ( $p < 0.05$ ) al incluir 60 000 IU.kg<sup>-1</sup> de lacasas, obtenidas de sustrato gastado de *P. ostreatus*. Sin embargo, el tracto gastrointestinal, largo de la canal, circunferencia lumbar del animal y de la canal, peso vivo, peso de canal caliente, peso de canal fría, rendimiento en canal, peso de cabeza y hueso de las piernas, aumentaron ( $p > 0.05$ ) a medida que se incrementó la cantidad de lacasas.

## **7.3 Calidad de la carne**

En el Cuadro 5 se muestran las características de la carne, en el cual se puede observar que el valor de  $a^*$ ,  $h$  y el pH no se vieron modificados al incluir lacasas en la alimentación de conejos durante la engorda.



**Cuadro 7. Calidad de la canal de conejos alimentados con extracto de sustrato gastado de *Pleurotus ostreatus*.**

Variable	Tratamientos <sup>1</sup>				SEM
	C	T20	T40	T60	
Piel, g.kg <sup>-1</sup> LW2	24.98 <sup>a</sup>	23.97 <sup>a</sup>	24.07 <sup>a</sup>	22.71 <sup>b</sup>	0.26
Patas, g.kg <sup>-1</sup> LW	24.67 <sup>a</sup>	23.98 <sup>a</sup>	25.08 <sup>a</sup>	24.95 <sup>a</sup>	0.69
TGI, g.kg <sup>-1</sup> LW	225.56 <sup>b</sup>	261.64 <sup>b</sup>	246.17 <sup>b</sup>	297.80 <sup>a</sup>	10.87
Largo del animal, cm	32.20 <sup>a</sup>	29.21 <sup>a</sup>	30.00 <sup>a</sup>	29.47 <sup>a</sup>	1.11
Largo de la canal, cm	21.65 <sup>a</sup>	20.50 <sup>ab</sup>	20.35 <sup>ab</sup>	19.12 <sup>b</sup>	0.75
CLA, cm	30.70 <sup>a</sup>	29.29 <sup>ab</sup>	29.19 <sup>ab</sup>	28.62 <sup>b</sup>	0.75
CLC, cm	15.80 <sup>a</sup>	14.36 <sup>ab</sup>	14.88 <sup>ab</sup>	13.71 <sup>b</sup>	0.58
Peso vivo, g	2017.50 <sup>a</sup>	1800.71 <sup>ab</sup>	1716.92 <sup>ab</sup>	1600.00 <sup>b</sup>	93.78
PCC, g	1095.60 <sup>a</sup>	940.71 <sup>ab</sup>	911.38 <sup>ab</sup>	784.82 <sup>b</sup>	59.90
PCF, g	1072.10 <sup>a</sup>	917.00 <sup>ab</sup>	889.08 <sup>ab</sup>	782.59 <sup>b</sup>	58.70
RC, %	54.35 <sup>a</sup>	51.75 <sup>ab</sup>	52.65 <sup>ab</sup>	48.52 <sup>b</sup>	1.12
GR, g.kg <sup>-1</sup> PCC	11.79 <sup>a</sup>	11.09 <sup>a</sup>	10.00 <sup>a</sup>	8.98 <sup>a</sup>	1.32
GE, g.kg <sup>-1</sup> PCC	4.13 <sup>a</sup>	2.62 <sup>a</sup>	4.11 <sup>a</sup>	2.68 <sup>a</sup>	0.51
Cabeza, g.kg <sup>-1</sup> PCC	94.57 <sup>b</sup>	112.21 <sup>ab</sup>	111.18 <sup>ab</sup>	119.33 <sup>a</sup>	5.44
Parte anterior, g.kg <sup>-1</sup> PCC	243.59 <sup>a</sup>	233.20 <sup>a</sup>	235.27 <sup>a</sup>	244.30 <sup>a</sup>	5.23
Parte media, g.kg <sup>-1</sup> PCC	99.60 <sup>a</sup>	105.76 <sup>a</sup>	105.84 <sup>a</sup>	106.55 <sup>a</sup>	4.28
Parte posterior, g.kg <sup>-1</sup> PCC	188.05 <sup>a</sup>	172.27 <sup>a</sup>	177.92 <sup>a</sup>	175.45 <sup>a</sup>	5.73
Piernas, g.kg <sup>-1</sup> PCC	336.66 <sup>a</sup>	334.05 <sup>a</sup>	331.63 <sup>a</sup>	343.50 <sup>a</sup>	7.40
Carne, g.kg <sup>-1</sup> Piernas	698.91 <sup>a</sup>	674.27 <sup>a</sup>	689.07 <sup>a</sup>	672.48 <sup>a</sup>	12.92
Hueso, g.kg <sup>-1</sup> Piernas	276.30 <sup>b</sup>	301.31 <sup>a</sup>	287.19 <sup>a</sup>	304.15 <sup>a</sup>	12.95
Grasa, g.kg <sup>-1</sup> Piernas	10.30 <sup>a</sup>	11.81 <sup>a</sup>	8.56 <sup>a</sup>	7.94 <sup>a</sup>	2.14

ab Literales distintas indican diferencias significativas entre columnas. Prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ).  
<sup>1</sup>C= Tratamiento control sin extracto enzimático, T20, T40 y T60 = 20000, 40000, y 60000 IU.kg<sup>-1</sup> de lacasas obtenidas de sustrato gastado de *P. ostreatus*. TGI: Tracto gastrointestinal, PCC: Peso canal caliente, PCF: Peso canal fría, RC: Rendimiento en canal, GR: Grasa renal, GE: Grasa escapular, CLA: Circunferencia lumbar del animal, CLC: Circunferencia lumbar de la canal.

El valor de L\*, la cohesividad, las pérdidas por cocción y la dureza, fueron mayores ( $p < 0.05$ ) a medida que se incrementó la cantidad de lacasas en el alimento; la resiliencia y la elasticidad al incluir 40 000 IU.kg<sup>-1</sup>; en cambio el valor de b\* y c disminuyeron al incluir 40 000 y 60 000 IU.kg<sup>-1</sup> de lacasas obtenidas de sustrato gastado de *P. ostreatus*.

**Cuadro 8. Calidad de la carne de conejo alimentados con extracto enzimático de sustrato gastado de *Pleurotus ostreatus*.**

Variable	Tratamientos <sup>1</sup>				SEM
	C	T20	T40	T60	
L*	42.51 <sup>c</sup>	44.97 <sup>b</sup>	46.50 <sup>ab</sup>	47.79 <sup>a</sup>	0.59
a*	-0.38 <sup>a</sup>	-0.48 <sup>a</sup>	-0.42 <sup>a</sup>	-0.23 <sup>a</sup>	0.16
b*	7.76 <sup>a</sup>	7.62 <sup>b</sup>	6.45 <sup>c</sup>	6.27 <sup>d</sup>	0.23
C	7.86 <sup>a</sup>	7.82 <sup>a</sup>	6.65 <sup>b</sup>	6.38 <sup>b</sup>	0.22
H	1.54 <sup>a</sup>	1.49 <sup>a</sup>	1.49 <sup>a</sup>	1.52 <sup>a</sup>	0.02
pH	5.89 <sup>a</sup>	5.88 <sup>a</sup>	5.92 <sup>a</sup>	5.96 <sup>a</sup>	0.06
Pérdidas por cocción, %	17.03 <sup>b</sup>	25.98 <sup>a</sup>	24.78 <sup>a</sup>	25.54 <sup>a</sup>	1.81
Dureza, N	1.17 <sup>b</sup>	2.22 <sup>a</sup>	2.51 <sup>a</sup>	2.62 <sup>a</sup>	0.24
Resiliencia	0.18 <sup>b</sup>	0.23 <sup>a</sup>	0.21 <sup>a</sup>	0.19 <sup>b</sup>	0.01
Cohesividad	0.42 <sup>b</sup>	0.51 <sup>a</sup>	0.52 <sup>a</sup>	0.55 <sup>a</sup>	0.02
Elasticidad	0.47 <sup>c</sup>	0.58 <sup>b</sup>	0.64 <sup>a</sup>	0.55 <sup>b</sup>	0.09

<sup>ab</sup> Literales minúsculas indican diferencias significativas entre columnas. <sup>AB</sup> Literales mayúsculas, indican diferencias significativas entre hileras solamente en consumo de alimento y ganancia diaria de peso. La prueba de Tukey considero  $p < 0.05$ . <sup>1</sup>C= Tratamiento control sin extracto enzimático, T20, T40 y T60 = 20 000, 40 000, y 60 000 IU.kg<sup>-1</sup> de lacasas obtenidas de sustrato gastado de *P. ostreatus*.

## 8. DISCUSIÓN

### 8.1 Eficiencia productiva

En esta investigación, al incluir 60 000 UI lacasas  $\text{kg}^{-1}$  de sustrato seco de *P. ostreatus*, se disminuyeron los parámetros productivos de manera global, el consumo de alimento, peso final y ganancias diarias de peso, lo cual se reflejó en una conversión alimenticia menos eficiente, en cambio al incluir 40 000 UI lacasas  $\text{kg}^{-1}$  de sustrato seco de *P. ostreatus*, se obtuvieron mejores resultados, lo cual se puede explicar por un lado, debido a que el consumo de alimento esta directamente relacionado con la ganancia de peso, como lo demostraron Piles y Sánchez (2019) ya que cuando restringieron el alimento, obtuvieron menor eficiencia alimenticia, a diferencia de cuando se les ofreció a libre acceso; por otro lado, al obtener mejores parámetros productivos al incluir una concentración intermedia de enzimas lacasas, es debido a que el uso de suplementos multienzimáticos en conejos aumenta el índice de conversión alimenticia debido a que aumento la digestibilidad de la proteína y de la fibra (Olorontula et al., 2018). Sin embargo, se debe considerar que una enzima necesita sólo una cantidad mínima para catalizar cualquier cantidad de sustrato, por tal motivo, cuando la relación sustrato-enzima es saturado por altas concentraciones de esta última, la eficiencia de la degradación de la fibra, de manera específica la lignina, disminuye (Vitolo, 2021).

## **8.2 Calidad de la canal**

El consumo de enzimas lacasas, obtenidas a partir de sustrato gastado de *P. ostreatus* no afectó el peso de las patas, largo del animal, grasa renal, grasa escapular, parte anterior, parte media, parte posterior, piernas, carne y grasa en piernas, al igual que lo que encontraron Salama et al. (2019), al incluir hinojo y una mezcla de enzimas comerciales. En cambio, se incrementó el peso del tracto gastrointestinal, largo de la canal, circunferencia lumbar del animal y de la canal, peso vivo, peso de canal caliente, peso de canal fría, rendimiento en canal, peso de cabeza y hueso de las piernas, a medida que se incrementó la concentración enzimática de lacasas, contrario a lo demostrado por Mohammed et al. (2018), quienes al incluir enzimas exógenas en la alimentación de pollos de engorde, no encontraron diferencias al aumentar los niveles de enzimas, lo cual se puede atribuir a que los ingredientes utilizados para conformar la dieta de estos animales, no fueron el sustrato requerido por las enzimas o hay un exceso del mismo, por tal motivo, las enzimas no catalizan de manera eficiente los componentes de la fibra, no mejoran la digestibilidad y por ende no hay mejora en la calidad de la canal.

## **8.3 Calidad de la carne**

A medida que se incrementó la concentración de enzimas lacasas en el alimento de los conejos durante la engorda, se incrementó el valor de  $L^*$ , el cual indica luminosidad, sin embargo, también fueron mayores las pérdidas por cocción lo cual influyó en mayor dureza, contrario a lo reportado por Hernández-Martínez et al.

(2018), quienes al incluir hidrolizado de sorgo obtuvieron menor dureza en la carne. En esta investigación al incluir una concentración media de enzimas lacasas de 40 000 IU.kg<sup>-1</sup>, en la alimentación de conejos durante la engorda, incrementó la resiliencia y la elasticidad, disminuyendo el valor de b\* el cual indica coloración más hacia el azul, sin afectar el valor de a\* (de rojo a verde), y el pH, este último es importante para la vida de anaquel de la carne, debido a que es un parámetro importante para determinar el crecimiento de microorganismos en la misma (Dalle-Zotte, 2002). Considerando que el color es la característica sensorial más importante de la carne, debido a que el consumidor utiliza este atributo para su elección (Tomasevic et al., 2021), es importante evaluar el efecto de la concentración de enzimas lacasas sobre esta característica.

## **9. CONCLUSIÓN**

Con lo anterior se puede concluir que la inclusión de enzimas lacasas obtenidas de sustrato gastado de *P. ostreatus*, es factible de ser utilizadas en la alimentación de conejos, durante la engorda, debido a que una concentración media, mejora algunos parámetros productivos, calidad de la canal y de la carne, sin embargo, es necesario realizar análisis sensoriales de la carne obtenida para analizar la respuesta del consumidor final.

## 10. REFERENCIAS

- AMSA. 2012. Meat color measurement guidelines. American Meat Science Association Champaign. IL. USA. <https://meatscience.org/publications-resources/printed-publications/amsa-meat-color-measurement-guidelines>
- Astrogano, E.C. 2018. Mejora de la calidad de la carne de conejo mediante actuaciones nutricionales, adición de semillas de lino. [Tesis de Licenciatura, Universidad Pública de Navarra]. <https://academica-e.unavarra.es/xmlui/handle/2454/28299>
- Ayala, M., González, M., Pinos, R., Vázquez, C., Meneses, M., Loera, O., Mendoza G. 2011. Fibrolytic potential of spend compost of the mushroom *Agaricus bisporus* to degrade forages for ruminants. African Journal of Microbiology Research, 5(3), 241-249.
- Barba-Chávez, J. M., López-Cruz, J. I. 2017. Guía práctica para el cultivo de Setas Guía práctica para el cultivo de Setas (1 a ed.). Universidad Autónoma Metropolitana.
- Beauchemin, K. A., Colombatto, D., Morgavi, D. P. 2003. A rationale for the development of feed enzyme products for ruminants. Canadian Journal of Animal Science, 84(1), 23–36. <https://doi.org/10.4141/A02-103>
- Bixquert, J., Gil, B. 2000. Propiedades nutricionales de la carne de conejo. En J. Bixquert, G. Fuentes, R. Gómez, P. Hernández, M. Martínez de Victoria, M. Moreno, M. Villarino, Guía Científica y Gastronómica de la Carne de Conejo (pág. 90). España: INTERCUN.
- Blasco A., Ouhayoun J., Masoero G. 1993. Harmonization of criteria and terminology in rabbit meat research. World Rabbit Sci. 1: 3-10. <https://doi.org/10.4995/wrs.1996.278>

- Bourne M.C. 1978. Texture profile analysis. *Food Technol.* 35: 62-66.
- Bradford, M. M. 1976. A Rapid and Sensitive Method for the Quantitation of Microgram Quantities of Protein Utilizing the Principle of Protein-Dye Binding. *Analytical Biochemistry*, 72, 248–254. [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(76\)90527-3](https://doi.org/10.1016/0003-2697(76)90527-3)
- Dalle zotte, A. 2014. Rabbit farming for meat purposes. *Animal Frontiers*, 4(4), 62–67. <https://doi.org/10.2527/af.2014-0035>
- Dalle Zotte, A. 2002. Perception of rabbit meat quality and major factors influencing the rabbit carcass and meat quality. *Livest. Prod. Sci.* 75(1):11-32. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(01\)00308-6](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(01)00308-6)
- FEDNA. 2020. Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de los alimentos para la fabricación de piensos compuestos. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Accessed July 2020. <http://www.fundacionfedna.org/>
- Flores Aguilera, D. J., Sanchez Guerrero, G. de las N. 2016. Análisis situacional y propuesta de estrategias para apoyar el desarrollo de la cunicultura de tipo semi-industrial en el municipio de Texcoco, México.
- Gaitán-Hernández, R., Salmones, D., Pérez, R., Mata, G. 2006. Manual práctico del cultivo de setas: aislamiento, siembra y producción (1a ed.). Instituto de Ecología A. C. [http://www1.inecol.edu.mx/cv/CV\\_pdf/libros/Manual\\_PleurotusGaitan.pdf](http://www1.inecol.edu.mx/cv/CV_pdf/libros/Manual_PleurotusGaitan.pdf)
- Hernández-Martínez C.A., Maldonado Herrera J.A., Méndez-Zamora G., Hernández-Luna C.E., Gutierrez-Soto G. 2018. Enzymatic extract of *Trametes maxima* CU1 on productive parameters and carcass yield of rabbits. *Can. J. Anim. Sci.* 97(4): 683-688. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2021.02.012>

- Ho, H.T., Wang, C.L., Wang, C.H. 2015. The effects of different substrates on the growth, yield, and nutritional composition of two oyster mushrooms (*Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus cystidiosus*). *Mycobiology*, 43(4), 423–434. <https://doi.org/10.5941/MYCO.2015.43.4.423>
- Kumla, J.; Suwannarach, N.; Sujarit, K.; Penkhrue, W.; Kakumyan, P.; Jatuwong, K.; Vadthananarat, S.; Lumyong, S. Cultivation of Mushrooms and Their Lignocellulolytic Enzyme Production Through the Utilization of Agro-Industrial Waste. *Molecules* 2020, 25, 2811. <https://doi.org/10.3390/molecules25122811>
- Kortei, N.K., Dzogbefia, V.P., Obodai, M. 2014. Assessing the Effect of Composting Cassava Peel Based Substrates on the Yield, Nutritional Quality, and Physical Characteristics of *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) Kummer. *Biotechnology Research International*, 2014, 1–9. <https://doi.org/10.1155/2014/571520>
- Luna, G.J.J., López, F.J.M., Luna, G.M.L. 2015. Caracterización de un producto cárnico tipo jamón elaborado con carne de conejo (*Oryctolagus cuniculus*) / Characterization of a meat product type made from rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) meat. *Revista Iberoamericana de Las Ciencias Biológicas y Agropecuarias*, 4(8), 151. <https://doi.org/10.23913/ciba.v4i8.39>
- Mejías, N., Orozco, E., Galáan, H. 2016. Aprovechamiento de los residuos agroindustriales y su contribución al desarrollo sostenible de México *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*. *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*, 2(6), 27–41.
- NOM-033-SAG/ZOO-2014. Mexican Official Standard. Methods to give death to domestic and wild animals. (in Spanish). [On line] Available: <http://www.economianoms.gob.mx/normas/noms/2010/033sagzoo2015.pdf>.



- NRC, 1977. Nutrient Requirements of Rabbits. National Academies Press. Consultado en Marzo del 2019. <https://doi.org/10.17226/35>
- Olivares, P.R., Gómez, C. M.Á., Schwentesius, Rindermann R., Carrera, C.B. 2009. Alternativas a la producción y mercadeo para la carne de conejo en Tlaxcala, México. *Región y Sociedad*, 21(46), 191–207. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10212161008>
- Oloruntola O.D., Ayodele S.O., Adeyeye S.A. Ogunsipe M.H., Daramola O.T., Ayedun, E.S. 2018. Effect of pawpaw leaf meal and multi-enzyme supplementation in the diet on performance, digestibility, and oxidative enzyme status of rabbits. *JoBAZ* 79: 26. <https://doi.org/10.1186/s41936-018-0039-1>
- Piles M., Sánchez J.P. 2019. Use of group records of feed intake to select for feed efficiency in rabbit. *J. Anim. Breed. Genet.* 136(6):474-483. <https://doi.org/10.1111/jbg.12395>
- Romero-Arenas, O., Valencia-De Ita, M.Á., Rivera-Tapia, J.A., Tello-Salgado, I., Villarreal Espino-Barros, O.A., Damián-Huato, M.Á. 2018. Productive Capacity of *Pleurotus Ostreatus* Using Dehydrated Alfalfa As Supplement in Different Agricultural Substrates. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 15(2), 145–160.
- Ruilova, M.B., Hernández, A., Díaz, R. y Niño-Ruiz, Z. 2016. Desarrollo de una formulación de salchicha saludable empleando al hongo *Pleurotus ostreatus* como sustituto de la carne de cerdo. *Revista de Investigación Talentos*, III, (1), 36-41.
- Ruedlinger-Standen, J., Catterina-Ferreccio, R. 2019. REVISIÓN. Consumo de carnes rojas y procesadas: ¿qué nos deja la reciente polémica?. *Rev. Inst. Salud Pública Chile.*, 3(2): 8-12

- Salama W.A., Refaie A., El-Shora M. 2019. Performance of growing rabbits fed diets containing fennel seed meal without or with enzyme mixture. *Egyptian J. Rabbit Sci.* 29(1), 45-60. [https://ejrs.journals.ekb.eg/article\\_45673.html](https://ejrs.journals.ekb.eg/article_45673.html)
- Singh, K.S., Sczakas, G., Socco, C.R., Pandey, A. 2001. Production of Enzymes by Solid-state Fermentation. In A. Pandey, C. Socol, & C. Larroche (Eds.), *Current Developments in Solid-state Fermentation* (pp. 183–204). Springer. [https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-0-387-75213-6\\_9](https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-0-387-75213-6_9)
- Sujani, S., Seresinhe, R.T. 2015. Exogenous enzymes in ruminant nutrition: A review. *Asian Journal of Animal Sciences*, 9(3), 85–99. <https://doi.org/10.3923/ajas.2015.85.99>
- Tapia, L.A. 2019. *Tecnologías aplicadas a la industrialización de hongo seta (Pleurotus ostreatus)*. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Tomasevic, I., Djekic, I., Font-i-Furnols, M., Terjung, N., Lorenzo, J. (2021). Recent advances in meat color research, *Current Opinion in Food Science*, 41, 81-87. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2021.02.012>.
- Van Kuijk, S.J.A., Sonnenberg, A.S.M., Baars, J.J.P., Hendriks, W.H., Cone, J.W. 2015. Fungal treated lignocellulosic biomass as ruminant feed ingredient: A review. *Biotechnology Advances*, 33(1), 191–202. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2014.10.014>
- Vásquez-Vanegas, A.M. 2013. Producción de xilanasas por *Aspergillus* sp. en fermentación sumergida y fermentación en medio sólido. In Universidad iberoamericana. Universidad iberoamericana. <http://www.bib.uia.mx/tesis/pdf/015774/015774.pdf>

Vitolo M. 2021. Enzymes, the catalytic proteins. In: Pharmaceutical biotechnology, A. Pessoa Jr, M. Vitolo, P.F. Long (eds). CRC Press. Boca Ratón, FL, USA