

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA UNIDAD
XOCHIMILCO**

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA Y ANIMAL

**LICENCIATURA EN MEDICINA VETERINARIA Y
ZOOTECNIA**

PROYECTO DE SERVICIO SOCIAL

***“Evaluación de la calidad microbiológica de la
carne del cerdo criollo “Ts'üdi xirgo”, producido en
las comunidades de mujeres aparceras del Valle
del Mezquital.”***

Prestador de servicio social: Carlos Eduardo Navarro
Mercado

Matrícula: 2183070977

Asesores

Interno: Dra. Adelfa del Carmen García Contreras

Núm. Económico: 15716

Externo: MVZ. Karla Noemi Córdoba García

Cédula: 13937642



Lugar de realización: Laboratorio de Imagenología y Gestión Ambiental (LABIMA-
GA)

Fecha de inicio:

10 marzo de 2024

Contenido

INTRODUCCIÓN	4
JUSTIFICACIÓN.....	6
OBJETIVOS	6
Objetivo General	6
Objetivos específicos.....	6
MARCO TEORICO	6
Cerdo criollo	6
Calidad de la carne	7
pH	7
Capacidad de Retención de Agua.....	7
Color	8
Textura.....	9
Características Microbiológicas de la carne de cerdo	10
MATERIAL Y METODOS.....	13
Ubicación.....	13
Animales.....	13
Sacrificio	13
Evaluación de procesos de inocuidad durante el sacrificio, transformación del producto.....	14
Toma de muestra de lomo de cerdo	15
Análisis de pruebas fisicoquímicas	15
pH	15
Color	15
Textura.....	15
CRA	16
Análisis microbiológico.....	16
Preparación de los medios	16
Preparación de la muestra	16
Conteo de microorganismos	17
RESULTADOS	17
Análisis de inocuidad en el sacrificio y transformación del producto.....	17
Pruebas fisicoquímicas	20
Resultados de conteo microbiológico	21

DISCUSIÓN.....	21
CONCLUSIONES	24
BIBLIOGRAFÍA.....	27
ANEXO	32

INTRODUCCIÓN

El cerdo es conocido por varios historiadores por ser uno de los primeros animales domesticados. En la actualidad es considerado parte fundamental de la alimentación en el mundo **FAO (2023)**.

También se ha mencionado que la carne de cerdo tiene un alto contenido nutricional pues es una excelente fuente de tiamina, niacina, riboflavina, vitamina B6 y fósforo, además es una buena fuente de zinc y potasio. La calidad de la carne de cerdo depende de múltiples efectos interactivos; como el genotipo o raza, las condiciones de cría (nivel de alimentación, condiciones de alojamiento y ambientales, sistema de producción), la manipulación previa y durante el sacrificio, así como el manejo que se le da durante la transformación de la canal a la carne. (**Villarino, 2004**)

La **USDA (2023)** prevé que la producción mundial de carne de cerdo en 2024 alcance 115,5 millones de toneladas, lo que sería prácticamente similar a la producción prevista para 2023. En México se espera un aumento de la producción del 1,3%, con aproximadamente 1,6 millones de toneladas. Mantendría su posición como tercer importador mundial y primero en América Latina, con 1,31 millones de toneladas.

La **FAO (2023)** reporta que México ocupa el 8vo lugar en la producción de cerdo el mundo, y que tiene un consumo nacional de carne de cerdo de más del 36% del total de proteína cárnica.

En México, se estima un consumo de alrededor de 18 kilogramos de carne de cerdo anualmente per cápita según **SENASICA (2020)** y los principales estados que producen carne de cerdo son: Jalisco con 342 mil 104 toneladas, Sonora con 308 mil 105 toneladas y Puebla con 171 mil 3050 toneladas, esto descrito por el **Panorama Agroalimentario (2020)**.

Particularmente el Estado de Hidalgo, según el **INEGI (2024)** la producción de cerdo ha aumentado en los últimos años, aunque sigue siendo una entidad que no se considera con tradición sociocultural en la producción porcícola. En el año 2018 se registraron 153,054 cabezas, mientras que, para el año 2023, se contaron con 164,715 registros con 12,110 toneladas de carne en canal. Generando valores de producción de 781,875 pesos mexicanos.

Sin embargo, en el estado de Hidalgo se registra una producción de cerdos comerciales “mejorados” en cría intensiva, relegando a un grupo de cerdos criados en comunidades rurales y que son consideradas *razas criollas*.

Los cerdos criollos actuales son descendientes de los cerdos que llegaron al “Nuevo Mundo” según **Salas Cecilia (2012)**, durante las incursiones realizadas en 1493, en el segundo viaje de Cristóbal Colón al nuevo continente, instalándose en el Caribe dando como origen mucho tiempo después al cerdo criollo colombiano, de Ecuador, venezolano, y de Panamá.

Una de las mayores virtudes del cerdo criollo es la rusticidad, y los bajos costos de alimentación, su capacidad de tolerancia a enfermedades. Sin embargo, el manejo y sistema de crianza de los cerdos criollos, durante siglos, y su exposición a las enfermedades traídas por los “cerdos mejorados”, ha logrado exponerlos a procesos de riesgo, hasta llegar en muchas zonas del mundo a su extinción.

El **DAD-IS** por sus siglas en inglés, es el Sistema de Información sobre la Diversidad de los Animales Domésticos mantenido y desarrollado por la **FAO (2023)**, aquí se encuentra el registro de las razas, incluidas las criollas de México, como son: Pata de mula, “*Ts'üdi xirgo*”, y cerdo pelón mexicano.

Una característica de los cerdos criollos descrita por **Ramos-Canché et al. (2020)** es la calidad de la carne que presenta, la cual se asocia a un succulento sabor debido a la infiltración grasa que suelen mostrar, si bien su rendimiento no se compara con los cerdos mejorados, el sabor de esta carne le ofrece al consumidor un gusto por adquirirla. Por otra parte, la creciente concienciación de los consumidores sobre la calidad de los alimentos y el gusto por la comida gourmet han llevado a las empresas de cría de cerdos a considerar con más atención la calidad de la carne y a incluir los rasgos de calidad como parte integrante de los programas de selección.

Sánchez, G. (1999) define la calidad de la carne como la combinación de las características cualitativas y cuantitativas que van a indicar el valor comercial y el grado de aceptabilidad del consumidor.

La evaluación de la calidad de la carne de manera directa se rige de diferentes características, como pueden ser los parámetros como el color, terneza, sabor, capacidad para retener agua.

Renaudeau et al. (2005), ha señalado que la buena aptitud de los cerdos criollos para producir carne fresca, y con calidad para elaborar productos curados y maduros es debido a la gran cantidad de tejido graso infiltrado.

La carne de cerdo representa una de las fuentes de proteína animal más importantes, sin embargo, **Gutiérrez Reyna (2013)** señala que, al contener una gran cantidad de agua y un pH elevado, la carne de cerdo fresca representa un medio adecuado para la proliferación de varios microorganismos, esto puede ocurrir por muchos factores ambientales, incluso por contaminación cruzada debido al incorrecto funcionamiento y aplicación de los protocolos de inocuidad durante el tratamiento de los productos.

La vida útil indica el tiempo que transcurre antes de que la carne se vuelva inaceptable para el consumo humano debido al crecimiento de microorganismos alterantes. En concreto, la carne de cerdo puede contaminarse con bacterias durante la matanza, el manejo de la carne y la elaboración de productos.

JUSTIFICACIÓN

La calidad de la carne de cerdo que consume el pueblo de México es variable, y en muchas de las ocasiones, poco canalizada. Es común encontrar que las comunidades rurales, y las poblaciones aliadas de los centros urbanos, consumen carne sacrificada en las propias unidades de producción, lo cual coincide con un problema de supervisión y garantía sanitaria de la carne que se expende.

La ONU, dentro de sus Objetivos de Desarrollo Sostenible (**ODS, 2015**) ha expresado la necesidad de garantizar que las personas consuman proteína y que esta sea de calidad e inocua, por lo que definir primero la situación que guarda la carne de cerdo criollo, es fundamental, debido a que las comunidades rurales que aún cuentan con este recurso zoológico no consideran dentro de sus prioridades el manejo oportuno y con calidad de los procesos de sacrificio, manejo y conservación de la carne que obtienen.

Sin embargo, sí se desea que los cerdos criollos se posicionen dentro de un consumo de carne con calidad, esta debe incluir la garantía de inocuidad, por lo que su análisis es imperativo. Es importante señalar, que existe un nicho de mercado que actualmente prioriza el consumo de carne criada bajo sistemas de producción artesanal, por lo que es un objetivo ofrece este producto con la calidad e inocuidad apropiada.

OBJETIVOS

Objetivo General

Evaluar la calidad microbiológica de la carne de cerdo criollo “*Ts'üdi xirgo*”, producido en las comunidades de mujeres aparceras del Valle del Mezquital.

Objetivos específicos

- Analizar los procesos de inocuidad durante el sacrificio, transformación del producto.
- Obtener muestras de superficies y carne de los cerdos “*Ts'üdi xirgo*” para cultivos microbiológicos.
- Realizar pruebas fisicoquímicas a la carne de los cerdos “*Ts'üdi xirgo*”

MARCO TEORICO

Cerdo criollo

Es el producto de más de 500 años de adaptación. La combinación genotípica hace que los cerdos ibéricos y los cerdos criollos de América se encuentren relacionados entre sí. **Lemmus et al. (2001)** menciona que los cerdos criollos en México presentan particularidades específicas, ejemplificando las condiciones a las que se

puede adaptar el Cerdo Pelón Mexicano. Con requerimientos mínimos, lo cual lo ha mantenido en el mapa de la biodiversidad.

Linares et al., (2001) y **Ramos-Canché et al., (2020)** mencionan que los sistemas intensivos de crianza de cerdos han reemplazado de manera importante a los sistemas tradicionales, poniendo en riesgo la perpetuación de las razas criollas, las cuales se encuentran en desventaja en términos de eficiencia productiva y reproductiva.

No obstante, dentro de los beneficios, **Ramos-Canché et al. (2020)** menciona que son animales con mayor rusticidad, incrementando la adversidad al factor ambiental. Esto implica una mayor resistencia a las enfermedades y requerimientos alimenticios distintos. Esto debido a la ausencia de tecnificación durante más de medio siglo, debido a un aumento de su variabilidad genética, ya que no ha sido sometida a una presión de selección o mejoramiento genético.

Calidad de la carne

pH

León, M., et al (2018) refiere que el pH es un indicador fundamental para evaluar la calidad de la carne, ya que afecta a varias de sus características, como el color y la capacidad de retener agua. El pH se mide en una escala de 0 a 14 y se define como la medida de la acidez o alcalinidad de una sustancia. Un pH menor que 7 se considera ácido, mientras que un pH mayor que 7 se considera alcalino o básico.

Después de que un animal muere, el pH de su músculo disminuye debido a la transformación del glucógeno en ácido láctico. Este proceso, que el músculo utiliza para obtener energía sin oxígeno, depende de la actividad de ciertas enzimas que son sensibles a la temperatura. Por eso, es importante considerar la temperatura del músculo al medir el pH. En animales vivos y sanos, el pH muscular es aproximadamente de **7.04**.

Capacidad de Retención de Agua

La carne está compuesta por un **70% a 75% de agua**, la mayoría de la cual (**70%**) se encuentra libre entre las fibras musculares de actina y miosina. Un pequeño porcentaje (**5%**) está ligado a las proteínas. Cuando se mide la humedad de la carne, se está midiendo principalmente el agua libre.

Swatland, (1991) alude que la capacidad de retención de agua (CRA) es la habilidad de la carne para mantener su humedad, tanto la que ya contiene como la que se le añade. La CRA influye en la apariencia, textura y sabor de la carne, ya que afecta su color, firmeza y jugosidad. Una CRA baja implica pérdida de nutrientes esenciales como proteínas, minerales y vitaminas, y afecta la eficiencia de los procesos industriales, provocando goteo y desperdicio. Una buena CRA es crucial para la calidad, el valor nutricional y la producción de carne.

Trujillo et al., (2016) indica que la CRA está estrechamente relacionada con el pH del músculo. Cuando el pH se aleja del punto isoeléctrico de las proteínas musculares, la capacidad de retención de agua aumenta. Por ejemplo, a valores de pH superiores a 5.8, las proteínas musculares tienen una mayor afinidad por las moléculas de agua, lo que mejora la CRA.

Sin embargo, el pH no es el único factor que influye en la CRA. La especie animal, el tipo de fibra muscular, la estabilidad oxidativa de las membranas celulares, el proceso de maduración y los métodos de congelación y descongelación también juegan un papel importante en la capacidad de la carne para retener agua.

Color

El color de la carne fresca es un factor crucial en la decisión de compra, así lo describe por **Brewer et al. (2002)**. Pues los consumidores asocian el color rojo intenso con carne fresca y de alta calidad. Un color pálido o descolorido puede indicar que la carne no es fresca o que ha sido mal almacenada. La percepción del color juega un papel fundamental en la confianza del consumidor y en la decisión de adquirir un producto cárnico.

En cuanto a la luminosidad del color de la carne, que se refiere a su intensidad o brillo, **Pisula, (2011)**, menciona que está determinada por la cantidad de luz que refleja o absorbe. Esta luminosidad, a su vez, depende de la concentración de pigmentos musculares. Cuanto mayor sea la cantidad de pigmentos, como la mioglobina, más intenso será el color de la carne. Por lo tanto, la luminosidad del color es un indicador de la cantidad de pigmentos presentes en la carne.

Wittenberg, (2003) describe a la mioglobina, una proteína que se encuentra en los músculos rojos actúa como un almacén de oxígeno. Se une al oxígeno de manera reversible, lo que significa que puede capturar y liberar oxígeno según sea necesario. Esto es especialmente útil en condiciones de baja disponibilidad de oxígeno, como durante el ejercicio intenso. La mioglobina facilita el transporte de oxígeno desde el exterior de las células musculares hasta las mitocondrias, donde se utiliza para la producción de energía. La mioglobina está compuesta por una proteína llamada globina y un grupo hemo, que contiene hierro y es responsable de su capacidad para unirse al oxígeno.

Bekhit, A. E. D. A, et al (2019) menciona que, para evaluar el color de la carne de manera precisa, se utilizan instrumentos especializados que miden el color de forma estandarizada. Los colorímetros y los espectrofotómetros son los más comunes. Los colorímetros determinan la combinación de luces primarias que se necesita para igualar el color de la muestra. Utilizan filtros para imitar la respuesta del ojo humano y proyectan luz blanca sobre la muestra. La luz que se refleja se mide con una fotocélula después de pasar por filtros especiales. Estos instrumentos permiten una evaluación objetiva y precisa del color de la carne.

Textura

La ternura de la carne es influenciada por una combinación de factores, como menciona **Aaslyng et al., (2016)**. Con el tiempo, la degradación de las proteínas después de la muerte del animal aumenta la ternura. Además, la cantidad de grasa intramuscular y el tejido conjuntivo juegan un papel importante. Un mayor contenido de grasa intramuscular, por ejemplo, contribuye a una carne más tierna.

Murphy et al., (2015) destaca la importancia de identificar biomarcadores que permitan clasificar la carne de cerdo como dura o tierna siendo una solución para ofrecer productos de alta calidad a los consumidores.

La carne del cerdo criollo

En la actualidad la porcicultura se ha enfocado en conseguir una carne hipermagra, logrando mejorías en el aprovechamiento del animal sacrificado. Sin embargo, **Linares et al. (2011)** menciona que la calidad de un producto cárnico debe evaluarse bajo más términos inherentes al mismo, que agregan un valor adicional aportando características organolépticas, nutricionales y tecnológicas, por ejemplo. Esto significa que no necesariamente el aprovechamiento de la canal va a traducirse en calidad en la carne.

En cuanto a la carne de cerdo, **Brewer et al. (2002)** menciona, que la grasa intramuscular es un factor de diferenciación de producto a la hora de comercializarlo, pues influye en el sabor, jugosidad y aroma.

Se reportó por **Renaudeau et al. (2007)**, que los cerdos criollos de Guadalupe ubicados de las Antillas Francesas presentaban mayor grasa intramuscular, constituida principalmente de ácidos grasos monoinsaturados, además de que presentaban en sus primeras 24 horas post mortem menores niveles de acidez, alargando la calidad del producto al perder menos agua durante el almacenamiento.

La **FAO (1991)** menciona que para la obtención de la carne es necesario llevar todo un proceso el cual consiste en tres principales pasos: la matanza y faenado, y el tiempo de maduración y proceso (los cortes).

La legislación de la mayoría de los países exige que los animales queden inconscientes (aturdidos) mediante un método no cruel antes de ser desangrados. Esto también garantiza la seguridad del operario durante el degüello. El principal objetivo del degüello es matar al animal con el mínimo daño a la canal y eliminar rápidamente la mayor cantidad de sangre posible, para evitar que funja como un medio para el crecimiento bacteriano.

Una vez que la canal se ha enfriado completamente, se puede cortar en trozos para la venta. Teniendo cuidado de no perforar las vísceras, es necesario que todas las vísceras puedan identificarse con la canal. Después de quedar sanitariamente faenada, se cuelga de una barandilla y se coloca en una cámara donde se enfría rápidamente.

Según **Koutsoumanis et al. (2004)** las canales y los cortes de cerdo pueden favorecer el crecimiento y servir como fuente de diferentes microorganismos que pueden tener consecuencias importantes para la calidad y la seguridad del producto.

Pearce, et al (2014) menciona que el músculo de un cerdo vivo mantiene un pH neutro de 7,0 a 7,2. A medida que el músculo se transforma en carne, los métodos de procesamiento provocan una oxidación incompleta debido a la falta de suministro de oxígeno y, como resultado, se produce una acumulación de ácido láctico en los tejidos musculares.

Tomovic et al (2012) comenta que la acumulación de ácido láctico provoca una acidificación y una disminución del pH en todo este tejido. La velocidad a la que disminuye el pH postmortem es un determinante importante del color de la carne y de la capacidad de retención de agua. El pH final de la carne es muy importante ya que afecta su textura, capacidad de retención de agua, resistencia al desarrollo microbiano y color. Establecer un nivel adecuado de pH, es crucial debido a que ciertas enzimas críticas como la fosfofructoquinasa se inhiben, y las reacciones metabólicas como la glucólisis se detienen. La glucólisis debe ser completa y ocurrir lentamente para mantener un nivel óptimo de pH en la carne.

Peruzy MF et al, (2021) menciona que la carga microbiana en las canales de cerdo va a depender en gran medida de la propagación de microorganismos durante el proceso de sacrificio (aturdimiento, sangrado, escaldado, depilado, chamuscado, evisceración, división y enfriamiento). Esta contaminación microbiana también de las superficies o pisos puede provenir de la piel y el tracto gastrointestinal de los animales en la matanza, así como también de los equipos, las superficies de contacto y los trabajadores del matadero.

También menciona que es posible encontrar una mezcla de bacterias mesófilas y enterobacterias que pueden afectar a la calidad de la carne y provocar su deterioro. Esto nos indica que se puede determinar la calidad y seguridad alimentaria a partir de su evaluación microbiológica, con la presencia y ausencia de microorganismos específicos patógenos.

Características Microbiológicas de la carne de cerdo

Lorenzo et al. (2012) menciona que reducir la contaminación microbiana de la carne de cerdo es un reto para la industria alimentaria. Según **Gómez et al (2020)** el crecimiento de patógenos y organismos de deterioro en la carne también puede tener un impacto significativo en las propiedades organolépticas de la carne de cerdo y contribuir al desperdicio de alimentos.

En la carne encontramos cuatro tipos de microorganismos:

- Microorganismos indeseables patógenos: Afectan la salud del humano y animal.
- Microorganismos indeseables de descomposición: No son patógenos, pero afecta la vida en anaquel.

- Microorganismos tolerables: Estos no tienen el medio adecuado para proliferar debido a una actividad metabólica baja, siempre y cuando las condiciones de almacenamiento sean las adecuadas.
- Microorganismos benéficos: Aportan calidad organoléptica y seguridad alimentaria a través de su metabolismo.

La presencia de estos microorganismos acelera el deterioro de la carne, lo que potencialmente provoca pérdidas económicas y desperdicio de alimentos y compromete la seguridad microbiológica de los productos porcinos, pudiendo causar enfermedades de transmisión alimentaria.

Los procedimientos de inspección de carnes fueron descritos por primera vez por el veterinario alemán Robert Von Ostertag, con la publicación del "*Handbuch der Fleischbeschau für Tierärzte, Ärzte und Richter*" para veterinarios, médicos y jueces, publicado en 1892.

La vida útil indica el tiempo que transcurre antes de que la carne se vuelva inaceptable para el consumo humano debido al crecimiento de microorganismos alterantes. Según **Duffy EA, (2001)** la carne de cerdo puede contaminarse con bacterias durante su transformación; el envasado, la distribución y la preparación para la venta. El acortamiento de esta vida útil de la carne de cerdo ocasiona pérdidas económicas al productor y pone en duda la seguridad de la carne para el consumidor. **Kim Hye-Jin (2018)** menciona que debe realizarse un seguimiento continuo de los niveles de contaminación bacteriana de la carne de cerdo, en particular de los patógenos a modo de trazabilidad.

La Organización Panamericana de la Salud (OPS), tiene definidas a las Enfermedades Transmitidas por Alimentos (ETA) como infecciosas o tóxicas, que generalmente se presentan después de la ingestión de un alimento.

De acuerdo con el Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica, México registró en 2022 poco más de 23 mil casos por intoxicación alimentaria bacteriana.

Según la revista científica **Euroseivellance, (2012)** y **European Food Safety Authority (2010)** se necesitan estudios microbiológicos para evaluar y trabajar en conjunto para la eficacia de los programas de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (APPCC), las Buenas Prácticas de Fabricación y producción y las intervenciones utilizadas en las instalaciones de sacrificio y procesamiento de carne. A falta de programas continuos de vigilancia microbiológica en México, como los que se llevan a cabo en algunos países europeos, los estudios de referencia pueden servir para evaluar los niveles actuales de higiene en las plantas de sacrificio.

Bohaychuk VM et al. (2011) menciona que se ha reconocido en otros países como Canadá la importancia de la información de referencia sobre la prevalencia de

patógenos y los niveles de bacterias comensales como punto de referencia para medir las mejoras en los mataderos inspeccionados a nivel provincial.

Según **Gutiérrez Reyna (2013)**, los mesófilos aerobios son bacterias, mohos y levaduras que pueden crecer a una temperatura de 30°C. Algunos de los más comunes en la carne son *Salmonella*, *Escherichia coli*, *Yersinia enterocolitica* y *Listeria monocytogenes*. En cuanto a los hongos, aunque pueden estar presentes, su crecimiento lento generalmente no causa problemas en la carne.

Fidel Toldra (2009) describe los siguientes microorganismos:

Listeria consta de seis especies diferentes, pero sólo *L. monocytogenes* se considera patógena para el ser humano.

L. monocytogenes es capaz de multiplicarse en alimentos refrigerados, incluidas las carnes. Es capaz de multiplicarse tanto en condiciones aeróbicas como anaeróbicas, por lo que puede multiplicarse en la carne y los productos cárnicos envasados al vacío. Es posible que colonice el entorno de producción de la carne, es decir, que se aisle en cámaras frigoríficas de mataderos.

Yersinia es un bacilo gramnegativo psicrotrofico, con un potencial de crecimiento incluso a los 0°C aproximadamente. El principal reservorio de *Y. enterocolitica* son los cerdos. *Yersinia* es la tercera causa más frecuente de enfermedades transmitidas por los alimentos.

Menciona la existencia de más de 2000 serotipos de *Salmonella* siendo la mayoría patógenos. *S. Typhimurium* puede encontrarse en cerdos y causa entre el 60% y el 90% de los casos de salmonelosis en el ser humano. Es un bacilo gramnegativo que crece a temperaturas entre 5 y 46°C, por lo que puede sobrevivir en carne congelada, además de sobrevivir en alimentos secos, con capacidad de multiplicarse tanto en condiciones aeróbicas como anaeróbicas, así como en atmósfera modificada con un 20% de CO₂.

Los coliformes son representados por **Gutiérrez Reyna (2013)** como 4 géneros de la familia *Enterobacteriaceae*: *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Escherichia* y *Klebsiella*. Siendo bacilos gram negativos, fermentan la lactosa en 48 horas con alrededor de 35°C. Son reconocidos por colonizar el intestino, no necesariamente indican contaminación fecal ya que puede haber otro tipo de contaminación, a través de superficies contaminadas.

Las enterobacterias están conformadas en el grupo de las *Enterobacteriaceae* y van a incluir a las bacterias coliformes fermentadoras de lactosa, también a *E. coli* no fermentadoras de lactosa, y otras como la ya mencionada *Salmonella*.

Se han establecido diferentes técnicas para detectar enterobacterias, como los métodos microbiológicos tradicionales que implican el recuento de colonias

bacterianas y las técnicas moleculares, como la reacción en cadena de la polimerasa.

Cauchie et al, (2020) han demostrado que las enterobacterias son un problema recurrente en la producción y comercialización de productos cárnicos, representando un importante riesgo para la salud pública.

Corbellini et all (2016) menciona que una de las evaluaciones microbiológicas utilizadas son los recuentos de enterobacterias y mesófilos aerobios como indicadores de contaminación y de condiciones higiénicas y sanitarias en la transformación del producto. La presencia de *Salmonella entérica* en las canales de cerdo está correlacionada directamente con una cantidad elevada de enterobacterias.

MATERIAL Y METODOS

Ubicación

El presente servicio se llevó a cabo en la unidad de producción (UPP) “*Ts'üdi xirgo*” localizada en el municipio de Tepatepec, Hidalgo. En los 20° 14' 44" de latitud norte y 99° 05' 16" de longitud oeste, con altura 1977 m.s.n.m (metros sobre el nivel del mar).

Animales

Se utilizaron 7 cerdos criollos de la raza “*Ts'üdi xirgo*” de la etapa de inicio, de ambos sexos, con un peso vivo entre 15-18 kilogramos, los cuales pasaron los criterios de exclusión (orejas asiáticas, chinos, tetas parejas, chatos).

El número de animales se determinó debido a que es considerada una especie en riesgo (DAD-IS, 2024) ya que su población es menor a 150 animales y esta involucra a todas sus etapas (lactantes, inicio, desarrollo, crecimiento, remplazos, reproductores y engorda).

Sacrificio

El sacrificio se realizó conforme a la **NOM-033-SAG-ZOO-2014** Métodos para dar muerte a los animales domésticos y silvestres, con algunas modificaciones las cuales se detallan a continuación:

Una vez que fueron seleccionados los animales estos fueron aislados en una jaula metabólica para proceder con un ayuno de 12 h previo al sacrificio.

El procedimiento consistió en limpiar al animal con un baño de agua para poder retirar todo rastro de materia orgánica, luego se colocó a una altura considerable (50 cm) con ayuda de un polipasto, después se procedió con un aturdimiento con una caja de electro sensibilización para cerdos con un voltaje de 350 V durante 3 s, inmediatamente se procedió con el sangrado realizando una incisión en la fosa yugular llegando a la vena cava. Una vez que se confirmó que el animal no

presentaba signos de vida (reflejo corneal ausente, ausencia de vocalizaciones y movimientos de respiración y flacidez de miembros, cola y orejas).

Después se procedió con el inicio del faenado el cual consistió en un rasurado del animal con perfiladores, seguido de la evisceración donde se incide en la línea media, accediendo desde la sínfisis del pubis hasta llegar al vértice de la mandíbula inferior. Se retiraron los órganos y se colocaron en un recipiente de plástico obteniendo la canal del animal la cual fue enjuagada con agua para ser resguardada en un cuarto con una temperatura entre 15-25 °C durante 12 h.

Evaluación de procesos de inocuidad durante el sacrificio, transformación del producto.

Se realizó mediante toma de muestras con hisopado (**Matute Serrano, J. S., 2020**) de distintas superficies que tuvieran contacto directo con canal y la carne en las zonas de sacrificio/faenado y el área de transformación del producto con hisopados y se transportó a través de un medio Stuart en un lapso de menor de 24 horas, a una temperatura de refrigeración (4°C). Las superficies analizadas fueron 14:

1. Mesa de taller
2. Sierra de corte de canal
3. Cuchillo taller
4. Cuchillo faenado
5. Manos durante el eviscerado
6. Canal recién abierta para eviscerado
7. Canal a las 24 horas
8. Grifo del área de transformación del producto
9. Manguera para limpiar la canal
10. Agua de la manguera (toma municipal)
11. Mesa para rasurado de la canal
12. Manos al inicio del eviscerado
13. Canal eviscerada, sin enjuagar
14. Canal eviscerada, enjuagada

Posteriormente se realizó una siembra en agares específicos para analizar la presencia de bacterias patógenas (*Salmonella* y *E. coli*): Agar McConkey (MC), Agar Salmonella Shigella (SS), Agar Eosina Azul de Metileno (EBM), incubando durante 24 horas a 37 °C.

Después se seleccionaron los agares que presentaban las características morfológicas de colonias de *Salmonella spp* (diámetro de 2 a 4 mm, En agar MC colonias incoloras o tono beige ligeramente colorado, agar EMB incoloras o color ámbar transparente y en agar SS incoloras, transparentes con centro negro) y *E. coli spp* (diámetro de 2 a 4 mm, en agar EAM tiene un centro color oscuro y brillo verde metálico al reflejar la luz; en agar MacConkey sus colonias son rojas con un

halo turbio), para proceder con pruebas de tinción de Gramm y pruebas bioquímicas para la identificación de *Salmonella* y *E. coli*.

Las pruebas bioquímicas que se utilizaron fueron: TSI (Triple Sugar Iron Agar), Citrato de Simmons, SIM (Sulfuro - Indol - Movilidad), Urea, Voges-Proskauer y Rojo de Metilo.

Toma de muestra de lomo de cerdo

Para la toma de muestra de carne, se utilizó la técnica de Wojtysiak y Połtowicz (2014), la cual indica que se debe obtener el músculo longissimus lumborum a partir de la segunda a la cuarta vértebra lumbar después de las 24 h postmortem. Para el *longissimus dorsi* se utilizó la técnica descrita por Kim y Kim (2018) quienes señalan que se debe tomar una muestra de entre la quinta a la octava vertebra torácica a las 24 h postmortem. Para su almacenamiento estos fueron identificados y se mantuvieron a una temperatura de -20 °C.

Análisis de pruebas fisicoquímicas

pH

El pH se tomó a los 45 minutos y a las 24 horas después del sacrificio, siguiendo el método descrito por Fassa *et al.* (2016). Se utilizó un potenciómetro de punción conectado a un medidor de pH HI99163 Hanna Instruments®, previamente calibrado con soluciones de pH 4.0 y 7.0 a temperatura ambiente. Para obtener una medición precisa, se realizaron tres lecturas en diferentes puntos del músculo.

Color

Se empleó un colorímetro CR-400 Konica Minolta® para evaluar el color de la carne, utilizando el sistema CIELAB (L*, a*, b*). Antes de las mediciones, el equipo se calibró con una placa blanca para asegurar precisión y la muestra se dejó a temperatura ambiente durante 15 minutos para oxigenarla. Se realizaron tres mediciones en diferentes áreas de la muestra, seleccionando zonas homogéneas sin grasa intramuscular ni manchas de sangre. El colorímetro se colocó verticalmente para obtener lecturas consistentes. Este método, basado en el estudio de Chen *et al.* (2021), permite una evaluación precisa del color de la carne.

Textura

La muestra de carne se hirvió a 70°C durante 25 minutos. La prueba de terniza se hizo a través de la técnica Warner-Bratzler citada por **Honikel (1997)** que consiste en medir la fuerza necesaria para cortar un cilindro de carne de 1cm de diámetro con una cuchilla bordeada. Cuanto mayor es la fuerza requerida, más dura es la muestra de carne. Se utilizó un analizador de textura marca TA.XTPlus. A una velocidad de compresión de 19.98 cm/min. Con una distancia de 1.50 cm.

CRA

La CRA se determinó utilizando el método descrito por **Kim y Kim (2018)** modificando la técnica de **Grau y Ham (1953)**, donde se pesaron 0.3 g de muestra en una balanza analítica y después se colocó la muestra entre dos papeles filtro, posteriormente en dos placas de acrílico (15 x 15 cm) y se aplicó una masa constante de 10 Kg durante 20 min.

Los líquidos liberados en el papel fueron considerados como el agua libre de la carne. Para obtener la CRA se utilizaron las siguientes ecuaciones:

$$\% \text{ Agua libre } \left(\frac{P_i - P_f}{P_i} \right) * 100$$

Donde:

P_i= Peso inicial de la muestra

P_f= Peso final de la muestra después de la compresión.

Análisis microbiológico

Se realizó en la Universidad Autónoma Metropolitana; Unidad Iztapalapa. En el laboratorio de biopolímeros, ubicado en la planta piloto número 10. Se trabajó conforme a lo escrito en las normas: **NOM-092-SSA1-1994**. Bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa, **NOM-113-SSA1-1994**. Bienes y servicios. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa, **NOM-111-SSA1-1994**. Bienes y servicios. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos.

Preparación de los medios

Se prepararon 3 medios de cultivo: Para el conteo de bacterias mesófilos aerobias se utilizó el Agar Cuenta Estándar (PCA), para bacterias coliformes totales se utilizó Agar Bilis Verde Brillante (BVB) y para hongos y levaduras se usó agar papa dextrosa (PDA), los cuales se prepararon conforme a las instrucciones del fabricante.

Preparación de la muestra

Se procedió a descongelar la carne en refrigeración con 12 horas de anticipación.

Se pesaron 10 gramos de la muestra de lomo de cerdo en un frasco previamente esterilizado con una presión constante de 15 libras durante 15 minutos, se adicionó un volumen de 140 ml de solución salina fisiológica (solución acuosa de NaCl al 0.85%) preparada previamente, después se homogenizó en una licuadora OSTER durante 2 minutos. Se dejó sedimentar la mezcla por 5 minutos y se tomó una alícuota del sobrenadante de 1 ml y se vació en un tubo de ensayo con 9 ml de

solución salina para realizar la dilución primaria 1 + 9 (10^{-1}) y para cada dilución decimal.

Se realizaron diluciones decimales adicionales reduciendo el número de microorganismos por placa, esto para simplificar el conteo de microorganismos. Se elaboraron colocando un volumen de 9 ml de solución salina fisiológica en 45 tubos de ensayo dispuestos en una gradilla y cubiertos con tapones de rosca, habiendo sido dispuestos previamente a esterilización. Esto ayudó a que después de la incubación se puedan contabilizar las colonias en las placas, las diluciones utilizadas fueron 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} .

Se realizaron triplicados de cada medio de cultivo.

Conteo de microorganismos

Para el conteo de mesófilos aerobios se realizó conforme a la **Norma Oficial Mexicana NOM-092-SSA1-1994**, incubando a 37 °C y realizando el conteo a las 48 horas

Para el conteo de coliformes totales se realizó conforme a la **Norma Oficial Mexicana NOM-113-SSA1-1994** incubando a 37 °C y realizando el conteo a las 24 horas.

Para el conteo de hongos y levaduras se realizó conforme a la **Norma Oficial Mexicana NOM-111-SSA1-1994**, incubando a 25 °C efectuando el conteo a las 48 y 72 horas.

Basándose en las normas, se consideró a las colonias con un conteo mayor a 250 UFC como INCONTABLES, debido a que rebasan la cantidad máxima permisible en dilución en placa, así como las placas que contaban menos de 25 UFC.

Para el conteo se consideró la **Norma Oficial Mexicana NOM-034-SSA1-1993 Bienes y servicios. Productos de la carne. Carne molida y Carne molida moldeada. Envasadas. Especificaciones sanitarias.**

Las UFC/ml se calcularon mediante la fórmula:

$$\frac{\text{UFC}}{\text{ml}} = (\text{n}^{\circ} \text{ de colonias} * 10) * \text{INVERSO DEL EXPONENTE DE LA DILUCIÓN}$$

RESULTADOS

Análisis de inocuidad en el sacrificio y transformación del producto

De los 14 hisopados que se realizaron, solo 3 presentaron características morfológicas de *Salmonella* y *E. coli*:

Muestra 2. Sierra de corte de canal: En el agar MC Colonias de color rosa o roja, redondas y no mucoide con precipitado opaco (Imagen 1) (posiblemente *E. coli*)

Muestra 7. Canal a las 24 horas: En el agar EAM (Imagen 2)

Muestra 8. Grifo del área de transformación del producto: en agar MC se encontraron colonias de 2 mm incolores (Imagen 3), lo que indicaba presuntamente colonias de *Salmonella*

A las cuales al realizarles la tinción de Gram presentaron resultados ser bacilos gramnegativos, los cuales coincidían con *E. coli* y *Salmonella*.

Figura 1. “Muestra 2: Bacilo gramnegativo (Colonia posiblemente de *E. coli* spp)”

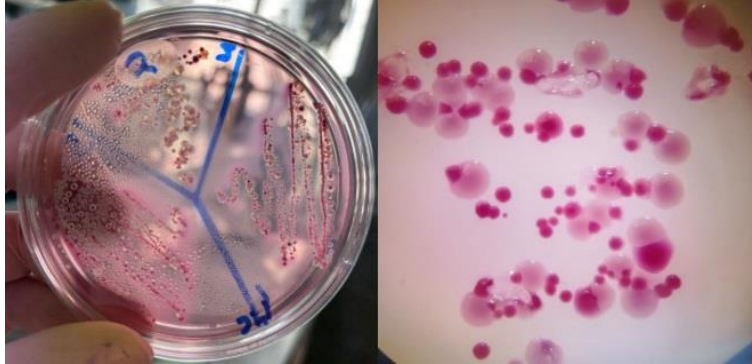


Figura 2. Muestra 7: “Bacilo gramnegativo (Colonia posiblemente de *Salmonella* spp)”

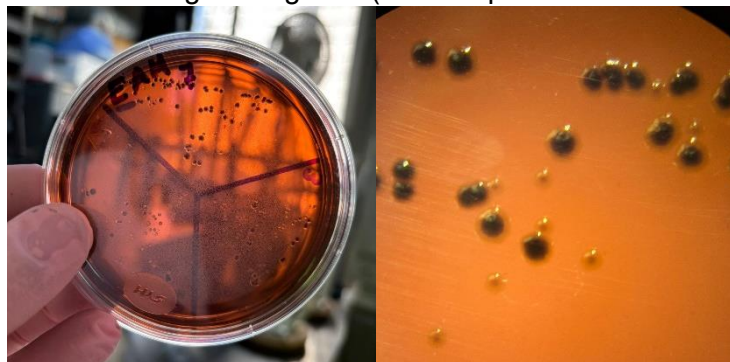


Figura 3. Muestra 8: Bacilo gramnegativo (Colonia posiblemente de *Salmonella* spp)



Los resultados a las pruebas bioquímicas sospechosas a *Salmonella* se observan en la tabla 1, los cuales indican que la muestra 7 no es similar al testigo positivo en la prueba TSI y en la prueba de SIM no es similar en la producción de ácido sulfúrico

por lo que la prueba no es concluyente para determinar si es *Salmonella*. En cuanto a la muestra 8 se comporto diferente al testigo positivo en las pruebas de TSI, SIM en la producción de ácido sulfúrico y en la prueba rojo de metilo por lo que la prueba no es concluyente para la determinación de *Salmonella*. Para ello se recomienda realizar pruebas de PCR para su identificación como lo estipula la norma.

Tabla 1. Resultados de pruebas bioquímicas para la determinación de la presencia de *Salmonella* en superficies.

	Testigo Positivo (<i>Salmonella</i>)	Testigo Negativo (Agua destilada)	Muestra 7 (EAM)	Muestra 8 (Mc)
TSI	(+)	(-)	(-)	(-)
Citrato de Simmons	(+)	(-)	(+)	(+)
	Motilidad (+)	Motilidad (-)	Motilidad (+)	Motilidad (+)
SIM	Indol (-)	Indol (-)	Indol (-)	Indol (-)
	H ₂ SO ₄ (+)	H ₂ SO ₄ (-)	H ₂ SO ₄ (-)	H ₂ SO ₄ (-)
Urea	(-)	(-)	(-)	(-)
VP	(-)	(-)	(-)	(-)
RM	(+)	(-)	(+)	(-)

TSI: Triple Sugar Iron Agar, SIM: Sulfuro - Indol - Movilidad, VP: Voges-Proskauer, RM: Rojo de Metilo

En cuanto a los resultados en las pruebas bioquímicas sospechosas de *E. coli* se observan en la tabla 2, los cuales son similares al testigo positivo de *E. coli* por lo que se consideró el resultado como *E. coli spp*, sin embargo, es necesario realizar la identificación con PCR como lo indica la normatividad para determinar el serotipo.

Tabla 2. Resultados de pruebas bioquímicas para la determinación de la presencia de *E. coli* en superficies.

	Testigo Positivo (<i>E. Coli</i>)	Testigo Negativo (Agua destilada)	Muestra 2 (Mc)
TSI	(-)	(-)	(-)
Citrato de Simmons	(+)	(-)	(+)
	Motilidad (+)	(-)	(+)
SIM	Indol (-)	(-)	(-)
	H2S (+)	(-)	(+)
Urea	(-)	(-)	(-)
Voges-Proskauer	(-)	(-)	(-)
Rojo de Metilo	(+)	(-)	(+)

SIM: Sulfuro - Indol – Movilidad, TSI: Triple Sugar Iron Agar.

Pruebas fisicoquímicas

En cuanto a los resultados de las pruebas fisicoquímicas (Tabla 3) se observa que el pH promedio es de 5.71 ± 0.14 , La colorimetría obtuvo resultados promedio en cuanto a luminosidad de 59.57 ± 6.12 , para el a^* que es el componente rojo un promedio de 10.17 ± 6.45 . Para el componente amarillo b^* una media de 10.98 ± 3.27 . La capacidad de retención de agua promedio fue de 63.45 ± 7.89 Y la textura un promedio de 5.3 ± 1.24 kg.

Tabla 3. Resultados fisicoquímicos del lomo de cerdo "*Ts'üdi xirgo*" en la etapa de inicio.

Variable	Media	DS	Max	Min	CV
pH	5.71	0.13	5.96	5.49	2.43
L*	59.57	6.12	76.79	48.47	10.28
a*	10.17	6.45	24.97	2.06	63.38
b*	10.98	3.27	19.83	5.06	29.81
%CRA	63.45	7.89	87.98	51.23	12.43
Textura (Kg)	5.3	1.24	8.47	2.93	23.41

Resultados de conteo microbiológico

En el conteo de mesófilos aerobios se determinó una media de 12000 UFC/ml. La media para coliformes totales fue de 5000 UFC/ml. La media para hongos y levaduras fue 130 UFC/ml, enfatizando el crecimiento en un solo agar.

DISCUSIÓN

La integración del ganado en las ciudades presenta desafíos que requieren una planificación cuidadosa. Según **Butler (2012)**, las regulaciones bien diseñadas, ya sean específicas o flexibles, son cruciales para gestionar estos desafíos. La presencia de ganado genera tensión entre las prácticas rurales y la vida urbana, lo que requiere un equilibrio entre la tradición y la modernidad. Además, la salud pública es un factor crucial, ya que el ganado puede ser fuente de enfermedades o contaminación. Las normas oficiales deben abordar estos conflictos, asegurando el bienestar animal, la seguridad alimentaria y la salud pública, al mismo tiempo que se promueve la coexistencia armoniosa entre la vida urbana y rural.

Una función de las normativas que pudieran crearse entorno al sacrificio más detalladas podría ser definir y prevenir los inconvenientes que puedan surgir. **Butler (2012)**, describe este tipo de directrices detalladas como parte de una tradición de zonificación que pretende minimizar los impactos negativos sobre los usuarios de las propiedades vecinas.

Un estudio realizado en **Tobin et al. (2015)** reveló que los animales de traspatio pueden ser una fuente de brotes de enfermedades infecciosas, especialmente en entornos urbanos. Para mitigar este riesgo, propusieron recomendaciones para las normas oficiales que regulan la crianza de animales en áreas urbanas. Estas recomendaciones se centran en prácticas de higiene y seguridad, como el lavado frecuente de manos después de manipular animales o sus excretas, el compostaje adecuado de los desechos para evitar la propagación de microorganismos patógenos.

Sin embargo, estos riesgos pueden gestionarse como menciona **Cobbold, R. (2021)**, haciendo que la producción de alimentos derivados de animales y el sacrificio de animales a nivel doméstico o rural sean sostenibles, seguros y continuamente gratificantes para las comunidades para las que estas prácticas están tan arraigadas en su cultura, con la respectiva capacitación a las áreas pertinentes.

En México no se cuenta con normatividad para la carne fresca de cerdo, es por esto por lo que se decidió ocupar dos Normas que eran las que más se acercaban con los objetivos: **NOM-034-SSA1-1993** y **NOM-213-SSA1-2018**.

La seguridad alimentaria es un aspecto fundamental para garantizar la salud pública. En México, la Norma Oficial Mexicana **NOM-034-SSA1-1993** establece los límites máximos permisibles para la presencia de microorganismos en

los alimentos, con el objetivo de prevenir enfermedades transmitidas por alimentos. El límite en mesófilos aerobios que marca la Norma es de 5 000 000 UFC/g. Lo cual indica que los resultados obtenidos están por debajo de los límites que exige la Norma.

Bautista, A. G. et al. (2011) menciona que la presencia de mesófilos aerobios en la carne, aunque no siempre implica un riesgo para la salud, puede indicar una posible contaminación y un manejo inadecuado del producto.

También reporta que los coliformes no se encuentran contemplados dentro de la norma, sin embargo, estos microorganismos se utilizan como indicadores de contaminación fecal. Los coliformes ejercen como indicadores de inocuidad y puede causar enfermedades con signos como diarrea, vómitos y fiebre. La ausencia de regulación específica para los coliformes en la **NOM-034-SSA1-1993** puede ser un punto de atención, ya que su presencia en la carne es un indicador importante de la calidad sanitaria del producto.

González, M. I. et al. (2014) menciona que el principal factor que determina cuánto tiempo se puede conservar la carne de res y cerdo, tanto con alto como con bajo contenido de grasa, es el crecimiento de los microorganismos.

Así mismo esta norma determina los valores límite de pH permisibles, en 6.5 y 6.8. El presente estudio tuvo un resultado promedio de 5.71, estando debajo de los rangos máximos permisibles por la Norma.

Cano-Ruera, (2006) reporta que cuando el pH de la carne se encuentra entre **6-7**, es ligeramente ácido, lo que limita el crecimiento de los hongos, que generalmente son acidófilos. Por lo tanto, su presencia en la carne puede no representar un problema de seguridad alimentaria. Los hongos pueden deteriorar los alimentos, produciendo modificaciones químicas que alteran su valor nutricional, sus características organolépticas y dificultan su conservación. Además, algunos hongos pueden producir toxinas que pueden causar enfermedades en los seres humanos. En el caso del presente estudio se reportó un pH menor a 6, habiendo así encontrado crecimiento en el medio para evaluar hongos y levaduras.

D. Renaudeau et al (2006) realizaron una toma de muestra del músculo *Longissimus dorsi* para medir características fisicoquímicas. Se midió un pH post mortem promedio de 5.85, resultado que se ajusta al encontrado en este trabajo de 5.71, lo cual garantiza calidad en el producto, así como niveles de estrés normales en los animales al momento del sacrificio.

Escobar Márquez, L., (2018) menciona que este estrés se debe a que se activa la glucólisis anaerobia, un proceso que utiliza las reservas de glucógeno del músculo para producir energía. Este proceso genera grandes cantidades de ácido láctico, lo que provoca una disminución rápida del pH en las primeras horas después del sacrificio. Se menciona que dos son los indicadores clave para determinar la calidad

de la carne de cerdo: el pH y la temperatura muscular. Estos valores son importantes porque influyen en los cambios químicos que ocurren en las fibras musculares después de la muerte del animal. Estos cambios, que incluyen la descomposición de las proteínas, la degradación de las proteínas y la oxidación de las grasas, son esenciales para la transformación del músculo en carne. Los cuales están relacionados con la capacidad de retención de agua (CRA), por la desnaturalización de las proteínas.

Olivas, J. A. et al, (2017) obtuvo un pH promedio de 5.9, en un muestreo de cárnicos obtenidos del músculo *Longissimus thoracis* de 10 centros comerciales distintos, además referencia los criterios de clasificación en la carne a través de una característica como el pH, estableciendo la carne DFD en 6.2 y PSE en 7.30. Esto nos refleja que el valor de pH obtenido en este trabajo se encuentra dentro del rango normal determinado por el autor.

Se reportó una CRA promedio de 84.44 que contrasta con el 63.45 obtenido en el presente reporte. Sin embargo, se ha reportado por **Gamboa, Alvarado et al, (2011)** una media de pH de 54.03. El autor atribuye este bajo resultado al grado de insensibilidad que presentaba el animal al momento del sacrificio, desencadenando en estrés, factor que determina la calidad de la carne.

Además, **Olivas, J. A. et al, (2017)** realizó una evaluación de colorimetría obteniendo una luminosidad promedio de 48.97, en el presente trabajo se obtuvo una luminosidad de 59.57 esto determina los valores de la carne en el rango PSE.

Santana Gutiérrez M.E, (2018) obtuvo un pH de 5.45, con cerdos de edades similares (115 ± 10 días) con muestras tomadas en *Longissimus dorsi*. Con una CRA de 61.85. Similar al obtenido en el trabajo presente, con un 63.45. En cuanto al componente a^* (tendencia a rojo) **Santana Gutiérrez M.E, (2018)** obtuvo un promedio de 13.82 mientras que el presente trabajo obtuvo un promedio cercano de 10.17. Valor más bajo que puede garantizar la calidad de la carne debido a que no ha cambiado el color por el tiempo y la exposición a la luz o al oxígeno. Esto puede ser efecto de que las muestras utilizadas se almacenaron al vacío y en hieleras herméticas.

González, M. A et al, (2016) realizó un trabajo con cerdo criollo negro de la costa ecuatoriana, con una edad de 90 días en dos sistemas de cría. Obteniendo un pH postmortem 24 horas de 5.3, que se atribuyó al periodo de ayuno, al estrés en el momento del sacrificio y a la edad de los animales.

El trabajo realizado por **Serra, X. et al (1998)** en cerdos ibéricos de la región de Guadyerbas, con muestras tomadas del músculo *longissimus lumborum*, obtuvieron un pH 24 horas post mortem de 5.75. Una luminosidad de 54.1, el componente a^* en 7.47.

Pardo, Z et al (2021) documenta un trabajo realizado en cerdos ibéricos de raza pura castrados antes de alcanzar la madurez sexual. Después de 24 horas se realizó una evaluación fisicoquímica obteniendo un pH de 5.57. Una luminosidad promedio de 37.9. Un componente a^* de 7.07. Un componente b^* promedio de 3.59.

Un trabajo realizado por **Martins, J.M. et al, (2019)** con cerdos regionales de la raza Alentejano en Portugal, (mencionados con proximidad genética con el cerdo ibérico) reportó un pH de 5.57, similar a los encontrados por **Pardo, Z et al (2021)**. En la colorimetría se reportó un 50.8 en luminosidad, un componente a^* de 10.3 y un componente b^* de 3.57.

En este mismo estudio se usaron cerdos regionales de la raza autóctona Bísaro, se midió un pH de 5.44. En la colorimetría se reportó un 55.7 en luminosidad, un componente a^* de 7.8 y un componente b^* de 4.00. Indicando que el parámetro de pH influye directamente en las propiedades tecnológicas de la carne, como la pérdida de agua y el color, terneza y sabor.

Atanassova, S. et al. (2013) menciona que el crecimiento microbiano puede llegar a provocar en las muestras varios cambios distintos como alteraciones del color, que no se detectan claramente utilizando coordenadas cromáticas.

CONCLUSIONES

Las muestras de carne de cerdo “*Ts’üdi xirgo*” cumplieron con los límites establecidos en la norma **NOM-092-SSA1-1994** para mesófilos aerobios. Sin embargo, la presencia de mesófilos aerobios, aunque dentro de los límites, indica que las prácticas de manipulación de la carne no son completamente seguras. Esto sugiere que se deben mejorar los procedimientos para garantizar una mayor inocuidad en la producción y manejo de la carne de cerdo.

La ausencia de regulación específica para los coliformes y la falta de análisis de hongos y levaduras en la **NOM-034-SSA1-1993** podrían ser un punto de atención para la seguridad alimentaria. Es importante que se revisen las normas y se establezcan límites para la presencia de estos microorganismos en los alimentos, con el objetivo de garantizar la inocuidad y la calidad de los productos que se consumen.

La contaminación microbiana en la carne puede provenir de diversas fuentes, tanto internas como externas al animal. Un manejo adecuado del animal, desde su origen hasta el sacrificio, es crucial para prevenir la proliferación de microorganismos patógenos.

Así como también esta contaminación puede observarse en el escaldado, por lo que es fundamental la higiene en este proceso. El eviscerado también requiere especial cuidado para evitar la contaminación por el contenido intestinal. La inspección realizada por un responsable de la matanza juega un papel crucial en el control de

las condiciones de trabajo y la detección de canales con riesgo de contaminación. La cantidad y tipo de contaminación reflejan la condición del animal al momento del sacrificio y las medidas higiénico-sanitarias aplicadas durante el proceso. Un manejo adecuado en cada etapa del proceso garantiza la seguridad alimentaria y la calidad de la carne.

También el manejo inadecuado de los animales antes del sacrificio genera estrés, lo que afecta la calidad de la carne, tanto en su composición química como en su susceptibilidad a la contaminación microbiana. Un sacrificio realizado en condiciones higiénicas, junto con la aplicación de técnicas de conservación adecuadas, permite mantener la carne en buen estado por un tiempo considerable, evitando la contaminación microbiana sin afectar su calidad organoléptica. Es crucial un manejo humanitario y un proceso de sacrificio higiénico para garantizar la calidad y seguridad de la carne.

Las bacterias que se encuentran en la carne son principalmente Gram negativas, aunque también se pueden encontrar Gram positivas, especialmente enterococos y lactobacilos. La cantidad y tipo de bacterias dependen de cómo se sacrificó el animal y las condiciones del ambiente durante el procesamiento. La temperatura es crucial para el crecimiento de los microorganismos. Mantener la carne a temperaturas inferiores a 5°C, ayuda a detener la proliferación de bacterias.

En cuanto a la conservación de esta agrobiodiversidad se orienta cada vez más hacia una gestión de la conservación orientada al mercado, en la que los agricultores son vistos como productores de servicios ecosistémicos que aprovechan las oportunidades de mercado emergentes.

La conservación de la agrobiodiversidad se orienta cada vez más hacia una gestión de la protección orientada al mercado, en la que los agricultores son vistos como productores de servicios ecosistémicos que aprovechan las nuevas oportunidades de mercado.

Desde el punto de vista de las razas locales, este proceso de conservación presenta nuevos riesgos y desafíos para el mantenimiento del interés público, especialmente en tiempos económicamente difíciles, ya que no se puede obligar al sector privado a mantener las razas locales a cualquier precio. El proceso también abre nuevas oportunidades a la conservación, especialmente en términos de mercantilización de las razas locales, para promover el desarrollo rural y los medios de vida.

Para aprovechar al máximo la gran variedad de razas locales en el desarrollo rural, se necesitan políticas claras y sostenibles. Es fundamental entender cómo valoran estas razas las diferentes personas involucradas, ya sean agricultores, consumidores o gobiernos. Conocer esta perspectiva nos permitirá diseñar estrategias y medidas que aseguren la conservación y el uso responsable de estas razas, beneficiando a las comunidades rurales y a la sostenibilidad del sector agropecuario. Las razones para proteger las razas locales no se limitan a su

utilidad en la agricultura. Estas razas también son importantes por su valor cultural y social, ya que representan una parte importante de la historia y tradiciones de las comunidades. Además, su existencia contribuye a la riqueza y diversidad de la vida en el planeta.

En países en desarrollo, estas razas son fundamentales para la agricultura y el sustento de las comunidades. El gran desafío es encontrar formas de preservarlas en un entorno cambiante.

La mayoría de los esfuerzos se centran en los animales, pero se olvidan de las personas que los crían y su forma de vida. Algunos agricultores que mantienen razas locales prefieren la producción tradicional y no buscan crear productos especiales ni venderlos fuera de su región. Esto puede dificultar la comercialización y la creación de nuevos mercados para sus productos.

También existe el riesgo de que un enfoque orientado al mercado sólo haga que la conservación de la agrobiodiversidad resulte tentadora para las explotaciones pequeñas o medianas, incapaces de responder a las demandas del mercado lo que las pone en riesgo de desaparición.

BIBLIOGRAFÍA

- Aaslyng, M. D., Broge, E. H. D. L., Brockhoff, P. B., & Christensen, R. H. B. (2016). The effect of skatole and androstenone on consumer response towards fresh pork from m. longissimus thoracis et lumborum and m. semimembranosus. *Meat Science*, 116, 174-185.
- Álvarez-Rodríguez, J., & Teixeira, A. (2019). Slaughter weight rather than sex affects carcass cuts and tissue composition of Bisaro pigs. *Meat science*, 154, 54-60.
- Bekhit, A. E. D. A., Morton, J. D., Bhat, Z. F., & Zequan, X. (2019). Meat colour: Chemistry and Measurement Systems. *Encyclopaedia of food chemistry*, 2, 211-217.
- Bohaychuk VM, Gensler GE, Barrios PR. Microbiological baseline study of beef and pork carcasses from provincially inspected abattoirs in Alberta, Canada. *Can Vet J.* 2011 Oct;52(10):1095-100. PMID: 22467964; PMCID: PMC3174505.
- Brewer S, Jensen J, Sosnicki A, Field B, Wilson E, McKeith F. (2002) The effect of pig's genetics on palatability, color and physical characteristics of fresh loin chops. *Meat Sci*;(61):249- 256.
- Cano Ruera, S. (2006). Métodos de análisis microbiológico. *Analiza Calidad*. URL: <http://www.analizacalidad.com/docftp/fi148anmic.pdf>. Fecha de modificación: 05/04/2006, fecha de acceso: 28/05/2011.
- Capra, G., Repiso, L., Fradjeiti, F., Martínez, R., Corzano, S., & Márquez, R. (2013). Valor nutritivo de la carne de cerdo. *Rev. INIA*, 32, 20-24.
- Cobbold, R. (2021). Backyard farming and slaughtering: keeping tradition safer.
- Conde-Aguilera J.A.; M.A. Aguinaga; L. Lara; J.F. Aguilera; R. Nieto. (2011). Carcass traits and organ weights of 10–25-kg body weight Iberian pigs fed diets with different protein-to-energy ratio , 164(1-2), 0–124.
- Corbellini, L.G.; Bianco, A.; Costa, E.d.F.; Duarte AS, R.; Albuquerque, E.R.; Kich, J.D.; Cardoso, M.; Nauta, M. Effect of slaughterhouse and day of sample on the probability of a pig carcass being Salmonella-positive according to the Enterobacteriaceae count in the largest Brazilian pork production region. *Int. J. Food Microbiol.* 2016, 228, 58–66.
- David Renaudeau, Magali Hilaire and Jacques Mourot (2005), A comparison of carcass and meat quality characteristics of Creole and Large White pigs slaughtered at 150 days of age. *Anim. Res* 54 1 43-54 doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108902. Epub 2020 Oct 8. PMID: 33091757.
- Duffy EA, Belk KE, Sofos JN, Bellinger GR, Pape A, Smith GC (2001). Extent of microbial contamination in United States pork retail products. *J. Food Prot.* 64: 172–178.

- Escobar Márquez, L. (2019). Evaluación de variables del manejo pre-sacrificio de cerdos asociadas con los cambios de pH de la carne, en una planta de sacrificio comercial colombiana.
- European Food Safety Authority. The European Union Summary Report on Trends and Sources of Zoonoses, Zoonotic Agents and Food-borne Outbreaks in 2010. *EFSA Journal* 2012;10(3):2597. Available from: <http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/doc/2597.pdf> and <http://ecdc.europa.eu/en/publications/Publications/1203-ECDC-EFSA-zoonoses-food-borne-report.pdf>
- FAO ANIMAL PRODUCTION AND HEALTH PAPER, (1991) Guidelines for slaughtering, meat cutting and further processing. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, Rome.
- Fassa, V. B., Carden, T. R., Goenaga, P. R., Marini, S. J., Carduza, F. J., Grigioni, G., Marrube, G., & Lloveras, M. R. (2016). Efecto del SNP 3702G>A del gen IGF2 sobre caracteres de crecimiento, canal, físico-químicos y sensoriales de la calidad de carne en cerdos de la raza Landrace. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 42(1), 72–78.
- Gómez, I.; Janardhanan, R.; Ibañez, F.C.; Beriain, M.J. (2020) The Effects of Processing and Preservation Technologies on Meat Quality: Sensory and Nutritional Aspects. *Foods*. 9, 1416.
- González, M. A., Peláez, F. R., Martínez, A. L., Avilés, C., & Peña, F. (2016). The “Criollo Negro de la Costa Ecuatoriana” pigs: effect of sex and rearing system on performance, carcass and meat traits. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 14(1), e0601-e0601.
- Gutiérrez Cruz Reyna. (2013). Calidad Microbiológica de la carne de cerdo que se vende en supermercados del Distrito Federal. Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Iztapalapa.
- Hansmann, R., Baur, I., & Binder, C. R. (2020). Increasing organic food consumption: An integrating model of drivers and barriers. *Journal of Cleaner Production*, 275, 123058.
- INEGI (2024) Producción, consumo e inversión, Hidalgo.
- Kim, HJ., Jang, A. Evaluation of the microbiological status of raw pork meat in Korea: modification of the microbial guideline levels for meat. *Food Sci Biotechnol* 27, 1219–1225 (2018). <https://doi.org/10.1007/s10068-018-0356-7>
- Koutsoumanis KP, Sofos JN. Comparative acid stress response of *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella Typhimurium* after habituation at different pH conditions. *Lett Appl Microbiol*. 2004;38(4):321-6. doi: 10.1111/j.1472-765x.2004.01491x. PMID: 15214733.
- Lemus, C., R. Alonso, M. Alonso-Spilsbury y R. Ramírez. 2003. Morphologic characteristics in mexican native pigs. *Arch. Zootec*. 52(197):105-108

- Lemus, C; Ulloa, R.; Ramos-Kuri, M.; Estrada, F.J.; Alonso, R.A. 2001. Genetic analysis of Mexican hairless pig populations. Universidad Panamericana, México, D.F.
- León, M., Orduz, A., & Velandia, M. (2018). Composición fisicoquímica de la carne de ovejo, pollo, res y cerdo. @ *limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 15(2), 62-75.
- Linares V, Linares L, Mendoza G (2011) Ethnic -Zootechnic characterization and meat potential of *Sus scrofa* “creole Pig” in Latin America. *Scientia Agropecuaria* 2:97-110.
- Martins, J. M., Fialho, R., Albuquerque, A., Neves, J., Freitas, A., Nunes, J. T., & Charneca, R. (2019). Growth, blood, carcass and meat quality traits from local pig breeds and their crosses. *Animal*, 1–12. doi:10.1017/s1751731119002222
- Matute Serrano, J. S., & Narváez Ramos, J. D. (2020). Caracterización bacteriana de superficies inertes en quirófanos de un hospital de la ciudad de Cuenca.
- Mayoral, A. ., Dorado, M., Guillén, M. ., Robina, A., Vivo, J. ., Vázquez, C., & Ruiz, J. (1999). Development of meat and carcass quality characteristics in Iberian pigs reared outdoors. *Meat Science*, 52(3), 315–324. doi:10.1016/s0309-1740(99)00008-x
- Murphy, R. G. L., S. T. Howard, D. R. Woerner, D. L. Pendell, C. L. Dixon, T. L. Desimone, M. D. Green, J. L. Igo, J. D. Tatum, and K. E. Belk. 2015. Definition, willingness to pay, and rankings of quality attributes of U. S. pork as defined by importers of Asia and Mexico. *J. Anim. Sci.* 93:433–441. doi:10.2527/jas.2014-8102
- Olivas, J. A., Tenorio, L. M. D., Xochihua, J. M., & Barrios, R. M. M. (2017). Indicadores de calidad en carne de cerdo de diferentes centros comerciales de Ciudad Obregón, Sonora”. *Nacameh*, 11(2), 50-51.
- Pardo, Z., Fernández-Fígares, I., Lachica, M., Lara, L., Nieto, R., & Seiquer, I. (2021). Impact of heat stress on meat quality and antioxidant markers in Iberian pigs. *Antioxidants*, 10(12), 1911.
- Patricio, A.L.A. (2022). Evaluación del ph y crecimiento microbiano durante el faenamamiento y almacenamiento de carnes de res, pollo y cerdo (Doctoral dissertation, UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR).
- Pearce K. L., Rosenvold K., Andersen H. J., Hopkins D. L. Water distribution and mobility in meat during the conversion of muscle to meat and ageing and the impacts on fresh meat quality attributes-a review. *Meat Sci.* 2011;89:111– 124.
- Peruzzy MF, Houf K, Joossens M, Yu Z, Proroga YTR, Murru N. Evaluation of microbial contamination of different pork carcass areas through culture- dependent and independent methods in small-scale slaughterhouses. *Int J Food Microbiol.* 2021 Jan 2;336:108902.

- Pisula, A. (2011) Mięso zwierząt rzeźnych, budowa histologiczna i skład chemiczny. Barwa i barwniki mięsa. (In Polish) In: A. Pisula, E. Pospiech, eds. (2011) Mięso – Podstawy nauki i technologii. Warszawa: Wyd. SGGW, 160-166.
- Ramos-Canché ME, Magaña-Magaña MA, Aguilar-Urquizo E, Pech-Zapata A, Piñeiro-Vázquez AT, Toledo López VM, Sanginés García JR (2020) Óptimos económicos en la cría del cerdo pelón mexicano: Propuesta de integración para cadena productiva. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 7: e2302. DOI: 10.19136/eraa7n1.2302
- Renaudeau, D., Giorgi, M., Silou, F., & Weisbecker, J. L. (2006). Effect of breed (lean or fat pigs) and sex on performance and feeding behaviour of group housed growing pigs in a tropical climate. Asian–Australasian Journal of Animal Sciences, 19(4), 593–601.
- Salas Gómez Cecilia. (2012). Características, distribución y perspectivas del cerdo Criollo en América Latina. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN).
- SÁNCHEZ, G. (1999). Ciencia básica de la carne. 1ª edición. Editorial Guadalupe Ltda., Santa Fe de Bogotá
- Santana Gutiérrez M.E, Barragán, B., NC, V. A., Trejo A, M., Ramírez, C., Dávila, S., & Zamora, M. (2018) Evaluación de parámetros fisicoquímicos y calidad sensorial de la carne de hembras, cerdos castrados, inmunocastrados y machos enteros. Avances de la Investigación Sobre Producción Animal y Seguridad Alimentaria en México, 1015.
- Serra, X., Gil, F., Pérez-Enciso, M., Oliver, M. ., Vázquez, J. ., Gispert, M., Noguera, J. . (1998). A comparison of carcass, meat quality and histochemical characteristics of Iberian (Guadyerbas line) and Landrace pigs. Livestock Production Science, 56(3), 215–223. doi:10.1016/s0301-6226(98)00151-1
- Servicio de información agroalimentaria y pesquera. (2020) Panorama agroalimentario 2020
- Sierra, A., O. Ortiz, Z. Hernández, S. Canul, R. Sereno y A. Mariante. 2014. Conservación y utilización sustentable del cerdo pelón en Yucatán, México. En: Las razas porcinas iberoamericanas: un enfoque etnozootécnico. Instituto Federal Baiano. Brasil. Pp.159-179.
- Swatland H.J.1991. Estructura y desarrollo de los animales de abasto. Zaragoza, España: Editorial Acribia, S.A; 1991: 373.
- The Community Summary Report on Trends and Sources of Zoonoses, Zoonotic Agents and Food-borne Outbreaks in the European Union in 2008. EFSA Journal. 2010;8:1496.
- Tomovic V. M., Zlender B. A., Jokanovic M. R., Tomovic M. S., Sojic B. V., Skaljic S. B., Tasic T. A., Ikonic P. M., Soso M. M., Hromis N. M. Technological quality and composition of the M. Semimembranosus and

M. Longissimus dorsi from Large White and Landrace Pigs. *Agricultural and Food Science*. 2014;23:9–18.

- Trujillo, N. Yanine, Ayala M. Magda, Duran O. Daniel S. (2015). Influencia de la edad y el tiempo de madurez en la capacidad de retención de agua (CRA) en la carne de ovino criollo. *Revista @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria*. ISSN 1692-7125. Volumen 13 N° 1. Pp: 41 – 47.
- UNDP. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, (2015) *Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)*
<https://www.undp.org/es/sustainable-development-goals>
- USDA, (2023) *Livestock and Poultry: World Markets and Trade*.
- Vadell, A. 2005. Uso de cerdas rústicas en sistemas de producción familiar. *Memorias VIII Encuentro de Nutrición y Producción de Animales Monogástricos*. Guanare- Portuguesa, Venezuela
- Villarino Marin, Antonio. (2004). *Carne de cerdo y alimentación saludable*. Universidad Complutense de Madrid
- Wittenberg, J.B., Wittenberg, B.A., 2003. Myoglobin function reassessed. *J. Exp. Biol.* 206, 2011–2020.

ANEXO

Check In "Procedimientos e inocuidad en sacrificio, transformación del producto y empaquetamiento"	SI	NO
Se verifica que el animal se encuentre sano antes del sacrificio		
Se realiza el procedimiento con electrodos de aturdimiento		
Se utiliza piso de material aislante		
Pinzas de sujeción de material de acero inoxidable con dientes atraumáticos		
Piel del animal se encuentra humedecida		
El desangrado es de menos de 20 segundos		
Se verifica que el animal se haya aturcido de manera correcta antes de pasar a la matanza		
El rango de voltaje está dentro de los 125v y 200v		
El amperaje para aturdir es de 125amp		
El tiempo de aturdimiento está entre los 4 y 7 segundos		
Las pinzas son colocadas entre la oreja y el ojo de cada lado, en el punto de inserción donde se cruza la línea horizontal que va de la comisura externa del ojo y una línea vertical que baja de la base de la oreja sobre las sienes del animal		
Está capacitado el operario para realizar el sacrificio		
Se realiza el sacrificio bajo la supervisión del médico veterinario		
El animal se encuentra tranquilo durante su traslado al cuarto de matanza		
La zona de producción está separada físicamente de baños y cambiadores		
Existen un área asignada para casillero de cambio de ropa de los trabajadores		
Se lava y desinfecta todo utensilio y equipo que entre en contacto con materia prima		