



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



OXIDACIÓN LIPÍDICA DE CARNE DE CERDO (*Sus scrofa domestica*) PROCESADA MEDIANTE LA TECNOLOGÍA *SOUS VIDE*.

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. BARRIENTOS HUANCA NILDA YANETH

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

PUNO – PERÚ

2020



DEDICATORIA

En primer lugar a Dios por permitirme seguir adelante fortaleciendo mi desempeño para poder realizar esta investigación.

A mis padres que sin ellos no hubiese logrado una meta más en mi vida profesional así también a mi tía (Q.E.P.D.), por el tiempo que estuviste conmigo siempre aconsejándome gracias tía Brígida.

En especial quiero dedicar esta tesis a una mujer, amiga, hermana que siempre está conmigo mi prima Elba, la mujer que más admiro y quiero gracias por todo primis



AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ciencias Agrarias y a la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial por haber compartido sus conocimientos y contribuir en mi formación como profesional.

Al Dr. Aro Aro Juan Marcos por la paciencia, por haber confiado en mí, por la orientación profesional en la planificación, ejecución y culminación de la presente tesis.

A mis padres por el apoyo incondicional durante el tiempo de realización de este proyecto y haber confiado en mí.

A los laboratoristas: Sr. Rufino y Sr. Pablo por brindarme su apoyo incondicional y amistad; pero sobre todo por proporcionarme todas las facilidades necesarias en los laboratorios.

A mis amigas y compañeras Sheilita, Nohe y Faby de estudio, por los gratos momentos compartidos y por su valioso apoyo durante el proceso.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS	
RESUMEN	10
ABSTRACT.....	11

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. CARNE DE CERDO	14
2.1.1. Composición de la carne de cerdo.	14
2.1.2. Características de la carne de cerdo.	16
2.1.3. Factores que alteran la carne.	17
2.2. <i>SOUS VIDE</i>	18
2.2.1. Ventajas y desventajas del <i>sous vide</i>	19
2.2.2. Etapas del método <i>sous vide</i>	21
2.2.3. Modificaciones físicas, sensoriales y microbiológicas en la carne tratadas con <i>sous vide</i>	23
2.3. OXIDACIÓN LIPÍDICA EN PRODUCTOS CÁRNICOS.....	27
2.3.1. Factores que afectan la oxidación lipídica	28

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. INFRAESTRUCTURA.	31
3.2 .MATERIALES Y EQUIPOS	31
3.2.1. Materia prima.....	31
3.2.2. Materiales.....	31
3.2.3. Reactivos.....	32
3.2.4. Equipos	33



3.3. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.	34
3.3.1. Metodología experimental.	34
3.4. MÉTODOS DE ANÁLISIS.....	36
3.4.1. Determinación de ácidos grasos.	36
3.4.2. Determinación de tiobarbitúrico (TBARS).....	36
3.4.3. Análisis fisicoquímico.	38
3.4.4. Análisis microbiológico.....	39
3.4.5. Análisis sensorial.....	40
3.5. MÉTODO ESTADÍSTICO.....	40
CAPÍTULO IV	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1. Evaluar el efecto del tiempo y temperatura de cocción sobre las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales de la carne de cerdo (<i>Sus scrofa domestica</i>) procesada mediante la tecnología sous vide.....	42
4.1.1. CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS.....	42
4.1.2. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO.....	50
4.1.3. ANÁLISIS SENSORIAL.....	51
4.2. Evaluar la oxidación lipídica, características físicas (color, acidez, pH , actividad de agua, humedad) y microbiológicas de la carne de cerdo (<i>Sus scrofa domestica</i>) procesada mediante la tecnología sous vide durante 21 días de almacenamiento a 2°C.....	53
4.2.1. OXIDACIÓN LIPÍDICA.....	53
4.2.2. CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS.....	56
4.2.3. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO.....	64
V. CONCLUSIONES.....	66
VI. RECOMENDACIONES.....	67
VII. REFERENCIAS.....	68
ANEXOS.....	77

ÁREA : Ingeniería y tecnología

TEMA : propiedades físicas y estructurales

FECHA DE SUSTENTACIÓN 17 DE ENERO DEL 2020



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Diagrama de flujo de la carne de cerdo (<i>Sus scrofa domestica</i>) procesada mediante la tecnología <i>sous vide</i>	34
Figura 2.	Comportamiento de la oxidación lipídica de la carne de cerdo procesada mediante <i>sous vide</i> y almacenada durante 21 días a 2°C.....	54
Figura 3.	Comportamiento de la luminosidad del color de la carne de cerdo procesada mediante <i>sous vide</i> y almacenada durante 21 días a 2°C.....	57
Figura 4.	Comportamiento del enrojecimiento del color de la carne de cerdo procesada mediante <i>sous vide</i> y almacenada durante 21 días a 2°C.	58
Figura 5.	Comportamiento del amarillamiento del color de la carne de cerdo procesada mediante <i>sous vide</i> y almacenada durante 21 días a 2°C.....	59
Figura 6.	Comportamiento de la acidez de la carne de cerdo procesada mediante <i>sous vide</i> y almacenada durante 21 días a 2°C.	60
Figura 7.	Comportamiento del pH de la carne de cerdo procesada mediante <i>sous vide</i> y almacenada durante 21 días a 2°C.....	61
Figura 8.	Comportamiento de la actividad de agua de la carne de cerdo procesada mediante <i>sous vide</i> y almacenada durante 21 días a 2°C.	63
Figura 9.	Comportamiento de la humedad de la carne de cerdo procesada mediante <i>sous vide</i> y almacenada durante 21 días a 2°C.....	64
Figura 10.	Comportamiento de las bacterias lácticas de la carne de cerdo procesada mediante <i>sous vide</i> y almacenada durante 21 días a 2°C.....	57



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición proximal de la carne de distintas especies animales.....	14
Tabla 2. Perfil de ácidos grasos (%) de la carne de cerdo procesado mediante <i>sous vide</i>	42
Tabla 3. Luminosidad (L), enrojecimiento (a*) y amarillamiento (b*) del color de la carne de cerdo procesado mediante <i>sous vide</i>	44
Tabla 4. Porcentaje de ácido láctico de la carne de cerdo procesada mediante <i>sous vide</i>	45
Tabla 5. Actividad de agua de la carne de cerdo procesado mediante <i>sous vide</i>	46
Tabla 6. Humedad de la carne de cerdo procesada mediante <i>sous vide</i>	47
Tabla 7. Textura de la carne de cerdo procesada mediante <i>sous vide</i>	49
Tabla 8. Bacterias lácticas de la carne de cerdo procesada mediante <i>sous vide</i>	51
Tabla 9. Características sensoriales de carne de cerdo procesada mediante <i>sous vide</i> ...	52



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

%	: Porcentaje
°C	: Grados Celsius
ε	: Coeficiente de extinción de cromógeno ($1.56 \cdot 10$)
ANVA	: Análisis de varianza
μm	: microgramos
Ab	: Absorbancia del blanco
Am	: Absorbancia de la muestra
C*	: croma
Cm	: centímetro
g	: gramos
h	: hora
L	: luminosidad
m	: metro
mm	: milímetros
min	: minuto
mg	: miligramos
ml	: mililitros
mm/s	: milímetros por segundo
Meq	: valor de mili equivalente en gr. De ácido en el que se requiere expresar la acidez.
MDA	: malonaldehído
Nm	: nanómetros.



M	: Molécula gramo del MDA (72g/mol)
N.D.	: No detectado
N	: Newton
N	: normalidad de álcali, generalmente 0.1
Rpm	: revoluciones por minuto
SV	: <i>sous vide</i>
TBA	: ácido tiobarbitúrico
TBARS	: sustancias reactivas con el ácido tiobarbitúrico
V	: Volumen de álcali gastado en la titulación.
Vf	: Volumen del filtrado (ml)
Va	: Volumen de la alícuota (2ml)



RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de la oxidación lipídica de carne de cerdo (*Sus scrofa domestica*) procesada mediante *sous vide* y almacenada durante 21 días a 2°C. Empleando combinaciones de temperaturas (60 y 80) °C y tiempos de cocción (2, 3 y 4) horas, para la cual el proceso se separó en dos etapas, en la primera etapa se analizó las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales al concluir el cocinado, posteriormente en la segunda etapa se avaluó la oxidación lipídica, las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas durante su almacenamiento en refrigeración (2°C) durante 21 días. Los datos se analizaron usando análisis de varianza (ANVA). Los resultados mostraron que la carne de cerdo tratada a 80°C/2h presentó mayor cantidad de ácidos grasos (13 ácidos grasos), y mejores valores de textura (21.62N) y acidez (0.114% de ácido láctico), por otro lado la carne de cerdo tratada a 60°C/2h presentó mejores características fisicoquímicas como el color ($a^*=10.48$) y la humedad (69.31%), el análisis microbiológico no mostró presencia de bacterias coliformes fecales y solo la carne tratada a 60°C/2h presentó crecimiento de bacterias lácticas, el análisis sensorial presentó valores de 4 y 5 las cuales representan a poco aceptable y me es indiferente para todos los atributos, los resultados en la segunda etapa mostraron que el tratamiento T2 (60°C/3h) mostró menor grado de oxidación lipídica (TBARS) durante su almacenamiento, siendo el mejor tratamiento. Los factores tiempo y temperatura de cocción tienen un efecto significativo sobre las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales de la carne de cerdo; así mismo sobre la oxidación lipídica (TBARS) durante su almacenamiento (21 días).

Palabras Clave: Oxidación Lipídica, *sous vide* y carne de cerdo (*Sus scrofa domestica*).



ABSTRACT

The present research work aimed to evaluate the effect of lipid oxidation of pork (*Sus scrofa domestica*) processed by sous vide and stored for 21 days at 2°C. Using combinations of temperatures (60 and 80)°C and cooking times (2, 3 and 4) hours, for which the process separated into two stages, in the first stage the physicochemical, microbiological and sensory properties were analyzed at the end cooking, later in the second stage, lipid oxidation, physicochemical and microbiological properties were evaluated during storage in refrigeration (2°C) for 21 days. Data were analyzed using analysis of variance (ANOVA). The results showed that the pork treated at 80°C / 2h presented a higher amount of fatty acids (13 fatty acids), and better texture values (21.62N) and acidity (0.114% lactic acid), on the other hand the pork treated at 60°C / 2h presented better physicochemical characteristics such as color ($a^* = 10.48$) and humidity (69.31%), the microbiological analysis did not show the presence of fecal coliform bacteria and only the meat treated at 60°C / 2h presented growth of lactic bacteria, sensory analysis presented values of 4 and 5 which represent little acceptable and is indifferent to all attributes, the results in the second stage showed that the T2 treatment (60°C / 3h) showed lower degree of lipid oxidation (TBARS) during storage, being the best treatment. Cooking time and temperature factors have a significant effect on the physicochemical, microbiological and sensory properties of pork; likewise on lipid oxidation (TBARS) during storage (21 days).

Keywords: Lipidic oxidation, *sous vide* and pork meat (*Sus scrofa domestica*).



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Uno de los principales factores limitantes de la calidad y aceptabilidad de la carne y sus derivados cárnicos es la oxidación lipídica; esta es influenciada por la composición de los ácidos grasos, factores de procesamiento, concentración y tipo de oxígeno, peróxidos, compuestos térmicamente oxidados, pigmentos y antioxidantes. Estos procesos de oxidación tienen efectos negativos sobre dichos productos, y causar cambios en los atributos sensoriales (decoloración, textura inadecuada, desarrollo de olores y sabores desagradables, entre otros) y en la calidad nutricional, así como la aparición de compuestos potencialmente tóxicos (Estevez *et al.*, 2017).

En la actualidad el avance tecnológico e investigaciones han innovado el campo de la restauración destacando las bondades de la técnica de cocina al vacío o método *sous vide* en los procesos de cocción y conservación de los alimentos, esta técnica desarrollada y renovada dentro de la cocina por el chef francés Georges Pralus en 1974, ha aportado a la gastronomía los beneficios de un proceso higiénico, tanto en la elaboración como en la conservación, y calidad gastronómica del alimento (Samaniego *et al.*, 2017).

El método *Sous Vide*, o cocción al vacío, es un método completo de cocinado de alimentos donde los ingredientes crudos de alta calidad se introducen en bolsas u otros recipientes de alta resistencia al calor que son sellados térmicamente al vacío antes de ser sometidos a un tratamiento de *sous vide* donde se mantiene la calidad nutricional y sensorial, reduce la oxidación lipídica, los daños térmicos, pérdidas de agua y al mismo tiempo mejora la textura de la carne, además el envasado al vacío reduce el crecimiento microbiano durante el procesado y almacenamiento de los productos (Hernandez, 2016)



La realización del proyecto de investigación tiene la finalidad de estudiar el efecto del tratamiento *sous vide* sobre la oxidación de lípidos de la carne de cerdo (*Sus scrofa domestica*) durante su almacenamiento (21 días). Para ello, se planteó los siguientes objetivos:

OBJETIVO GENERAL:

Evaluar la oxidación lipídica de la carne de cerdo (*Sus scrofa domestica*) procesada mediante *sous vide* y almacenada durante 21 días a 2°C

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1. Evaluar el efecto del tiempo y temperatura sobre las características fisicoquímicas, microbiológicos y sensoriales de la carne de cerdo (*Sus scrofa domestica*) procesada mediante la tecnología *sous vide*.
2. Evaluar la oxidación lipídica, características físicas (color, acidez, pH , actividad de agua, humedad) y microbiológicas de la carne de cerdo (*Sus scrofa domestica*) procesada mediante la tecnología *sous vide* durante 21 días de almacenamiento a 2°C.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. CARNE DE CERDO

2.1.1. Composición de la carne de cerdo.

La composición química de la carne es importante desde el punto de vista ya que afecta la calidad sensorial y funcional de la carne (Añazco, 2015). El análisis más básico de la composición de la carne es la determinación de la composición proximal, es decir, del contenido de humedad, grasa, proteína y cenizas, estos análisis revelan el valor nutritivo básico de un producto y cómo puede ser combinado con otras materias primas para alcanzar el nivel deseado de los distintos componentes principales de una dieta (Ramos 2008). El agua es el componente principal de la carne y los productos cárnicos (Ma *et al.*, 2016). La importancia de la carne en una dieta saludable, con el fin de proporcionar nutrientes indispensables como la vitamina B12, ácidos grasos omega-3 y formas biodisponibles de elementos esenciales (Djinovic *et al.*, 2017).

Tabla 1. Composición proximal de la carne de distintas especies animales.

Especie	Humedad (%)	Proteína (%)	Lípidos (%)	Cenizas (%)
Ternera	71.4	21.2	5	1.08
Cordero	72.5	20.9	5.9	1.06
Cerdo	71.8	21.8	5.3	0.98
Pollo	75.5	21.4	3.1	0.96
Cabrito	75.8	20.6	2.3	1.1
Conejo	72.8	20.1	5.6	0.72

Fuente: Ramos (2008).



2.1.1.1. Humedad

El agua es el componente más abundante de la carne (65-80%); sin embargo, la cantidad de agua en el tejido muscular puede ser muy variable debido a la pérdida posible después de beneficiado el animal y durante el almacenamiento, afectando la calidad de la carne en la jugosidad, la blandura, el color y el sabor (Rengifo & Ordóñez, 2010). El contenido en agua disminuye a medida que aumenta el contenido de grasa en el músculo (Ramos, 2008).

La pérdida de agua desde el tejido muscular debido al tratamiento térmico, contribuye también al endurecimiento de la carne durante el cocinado de la misma a estas temperaturas. En el caso de carne cocinado mediante el método *sous vide*, se ha constatado que temperaturas de cocinado de 70-80°C dan lugar a carnes con textura más blandas que las cocinadas a temperaturas más bajas (Sánchez *et al.*, 2012)

2.1.1.2. Ácidos grasos.

Los ácidos grasos se dividen de acuerdo al grado de saturación en ácidos grasos saturados (AGS), monoinsaturados (AGMI) y poliinsaturados (AGPI), los AGPI son necesarios para las funciones vitales y no son sintetizados por los organismos superiores, por lo que son llamados ácidos grasos esenciales. Dentro de los AGPI de la carne tenemos principalmente los ácidos linoléico (C18:2 $n-6$), el linolénico (C18:3 $n-3$) y el araquidónico (C20:4) (Melendez, 2014). El ácido araquidónico es el más importante de esta serie porque es el que se utiliza en la síntesis de los fosfolípidos para constituir la membrana celular y además es precursor de hormonas. Es conocido con el nombre de los componentes eicosanoicos incluyendo a las prostaglandinas (Añazco, 2015). Cabe señalar que su contenido de ácidos grasos y su calidad es de importancia en la valoración



de la carne, la cual se relaciona estrechamente con las características organolépticas de jugosidad, sabor y aroma de la carne (Sánchez *et al.*, 2010).

2.1.2. Características de la carne de cerdo.

Las características organolépticas de la carne son todas aquellas descripciones físicas y químicas que tiene la carne, las cuales son perceptibles por los sentidos que demandan y cuantifican los consumidores (Sánchez *et al.*, 2010).

2.1.2.1. Color

El color de la carne fresca es un atributo de calidad interesante y característico en la aceptación de los consumidores. De hecho, la formación MetMb marrón a menudo se atribuye a la oxidación de tres formas de oxidación ferrosos en un estado férrico y se relaciona con la decoloración de la carne (Trabelsi *et al.*, 2019). La mioglobina es la reserva de oxígeno para las fibras musculares, la cual a mayor o menor concentración determina la tonalidad, los componentes de tono y croma de color de la carne están dominados por la mioglobina, que cambia de color dependiendo de su estado bioquímico, y especialmente el grado de oxidación o reducción de la mioglobina (Faustman & Suman, 2017).

El color de la carne es un aspecto importante de la calidad y el primer punto de juicio por parte del consumidor, ya que los consumidores compran principalmente carne en varios aspectos de su apariencia, incluyendo el color del componente magro. Las variaciones en el color de la carne son fácilmente discernidos por los consumidores y altamente vinculado a la probabilidad de compra (Purslow *et al.*, 2020).



2.1.2.2. Textura

La textura es el atributo sensorial que perciben los consumidores de carne mediante las impresiones de tipo mecánico, táctil o visual (Sánchez *et al.*, 2010), así mismo Ayub & Ahmad, (2019) indica que La textura de un producto se compone de varias propiedades tales como dureza, elasticidad, y la cohesión; las cuales son muy variables dependiendo de la especie, raza, sexo y peso del animal (Sánchez *et al.*, 2010). Por otro lado Mamani *et al.*, (2014) también han definido a la textura como la facilidad con que la carne se deja masticar.

2.1.2.3. Aroma

Se constituyen en la suma de impresiones olfatorias (aroma) y gustativas (sabor) durante el consumo de la carne, son quizás las cualidades determinantes a la hora de establecer el perfil organoléptico al degustar una porción de res, las impresiones de aroma y sabor en la mayoría de ocasiones son percibidas en simultáneo (Samaniego *et al.*, 2017).

2.1.3. Factores que alteran la carne.

La alteración de la carne está en función de la velocidad de crecimiento microbiano. Los factores que influyen a esta velocidad son:

2.1.3.1. Temperatura

Durante el almacenamiento, las reacciones bioquímicas y el crecimiento microbiano podrían deteriorar la carne y productos cárnicos, debido a sus características biológicas y la composición química como de saturados e insaturados lípidos, proteínas, carbohidratos, vitaminas, y pigmentos (Pateiro *et al.*, 2018). Estas alteraciones afectan la calidad de los productos finales, y especialmente su aceptabilidad del consumidor (Iulietto *et al.*, 2015).



A medida que el tiempo y temperatura de cocción aumentaron, los valores de pH de las muestras también aumentaron. Aunque los parámetros de tiempo y temperatura de cocción no presentaron un efecto significativo sobre los valores de pH (Bıyıklı *et al.*, 2020).

2.1.3.3. Luz

La apariencia de la carne depende en gran medida del color músculo y es un atributo clave de aceptabilidad del consumidor. Dentro del músculo de la carne de res, los pigmentos rojos, la mioglobina y la hemoglobina, son los absorbentes primarios de ciertas longitudes de onda de la luz y, por lo tanto, dan lugar al color de la carne roja (Hughes *et al.*, 2019)

1.1.3.4. Capacidad de retención de agua

Sánchez *et al.* (2010) señalaron que la capacidad de retención de agua (CRA) es la propiedad más estudiada de la carne, de la cual dependen el color, la firmeza y la textura. La CRA es de especial interés ya que influyen en las pérdidas de peso que se producen por la liberación de jugos en toda la cadena de transformación y la calidad del producto final (Mamani *et al.*, 2014).

2.2. SOUS VIDE

Sous Vide, es un término francés, significa “cocción a Vacuum”, que se refiere a la materia prima o productos alimenticios cocidos bajo una temperatura controlada. Esta técnica proporciona la manipulación de alimentos ya cocinados por tratamiento térmico sin riesgo de la contaminación microbiana, y por lo tanto se extiende la vida útil del producto (Roldan *et al.*, 2013; Yang *et al.*, 2020). Además, se minimiza la desnaturalización de proteínas, la degradación de los lípidos y la pérdida de los



compuestos sensibles contra el calor y mejora las propiedades del producto, tales como sabor, color y sabor (Díaz *et al.*, 2008).

En este método, la temperatura y el tiempo de cocción son parámetros muy importantes, especialmente la temperatura de cocción, ya que causa un cambio en la textura de los productos cárnicos debido a la desnaturalización en la estructura de las proteínas (Zielbauer *et al.*, 2016). La desnaturalización de proteínas se desenreda de una estructura compleja transformándola en la más sencilla. La desnaturalización de la actina es más correlacionada con la textura de la carne y la desnaturalización de la miosina que está más conectada al color y cambios de apariencia (Llave *et al.*, 2017).

Actualmente esta técnica consiste en aplicar un proceso de cocción-pasteurización sobre materias primas crudas o parcialmente cocidas envasadas al vacío, siendo necesario que una vez finalizada la cocción se disminuya rápidamente la temperatura del producto, los alimentos así obtenidos se almacenan en condiciones de refrigeración o congelación y para su restauración (Díaz, 2009). Las temperaturas alrededor de 70°C y los tiempos de incluso más de 24 h se utilizan para cocinar la carne *sous vide* (Perez *et al.*, 2019).

2.2.1. Ventajas y desventajas del *sous vide*.

2.2.1.1. Ventajas del *sous vide*.

Este método tiene varias ventajas. En primer lugar, se puede transferir eficazmente el calor del agua a la alimentación, lo que permite una cocción uniforme del producto. Segundo, que no sólo reduce las bacterias aeróbicas, pero también se extiende el tiempo de conservación de los alimentos mediante la eliminación del riesgo de recontaminación durante el almacenamiento. En tercer lugar, se evita la pérdida de sustancias volátiles, nutrientes sensibles al calor durante la cocción y reduce la oxidación de lípidos derivada



de la ausencia de oxígeno en la bolsa. En cuarto lugar, permite la retención de humedad mejorando la textura (Ki *et al.*, 2019; Sánchez *et al.*, 2012).

Ventajas de la técnica básica incluyen el aumento de la vida útil de la carne cocida; rápida preparación de platos calientes de carne pre-cocinada; permitiendo que la carne de menor valor que se utiliza en platos prima de precio; y no dilución de jugos de la carne (Uttaroa *et al.*, 2019).

El *Sous vide* es una nueva forma de mejorar las características sensoriales de la carne, como el color y la textura, sin perjudicar la calidad de proteínas de la carne y la estabilidad oxidativa de los lípidos, el aumento de la digestibilidad, la proteína soluble, y reducir las pérdidas por, esta cocción al vacío bajo largo tiempo la temperatura ha demostrado la importancia económica y nutricional (Bhat *et al.*, 2020)

2.2.1.2. Desventajas del *sous vide*.

La cocción *sous vide* provoca la formación de algunos compuestos químicos que afectan negativamente a la salud humana, uno de estos compuestos químicos es la formación de aminas aromáticas heterocíclicas (HCA). La Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer (IARC) considera que algunos de los HCA como posibles carcinógenos humanos (Sánchez *et al.*, 2012)

Las concentraciones de HCAs dependen del tipo de carne, duración de la cocción, las temperaturas de cocción, utensilios de cocina, pH, actividad de agua, hidratos de carbono, aminoácidos libres y creatina. Además, se ha determinado que la transferencia de calor y masa, lípido, la oxidación de lípidos y antioxidantes tienen efectos sobre la acumulación de HCA (Oz & Zikirov, 2015)



Las desventajas incluyen la falta de Browning, y el potencial de crecimiento bacteriano excesivo si las temperaturas y tiempos de cocción no se eligen cuidadosamente y / o si las temperaturas almacenamiento después de la cocción no están estrechamente adheridos (Uttarora *et al.*, 2019).

2.2.2. Etapas del método *sous vide*

2.2.2.1. Envasado al vacío.

El envasado al vacío consiste en la eliminación total del aire del interior del envase sin que sea reemplazado por otro gas, existiendo una diferencia de presión entre el exterior y el interior del envase, los materiales de envasado deben ser impermeables a la humedad, para evitar la desecación, e impermeables a los gases, para evitar el intercambio con la atmósfera (FAO, 2001).

La cocción al vacío es definida como la cocción de materias primas en condiciones controladas de tiempo y temperatura, en el interior estable en bolsas o recipientes, se somete al calor seguido de un enfriamiento rápido (Perez *et al.*, 2019). Mediante el envasado se consigue evitar la pérdida de nutrientes y compuestos volátiles durante el cocinado, aportando a los productos cocinados *sous vide* mejores cualidades nutricionales y sensoriales (Díaz *et al.*, 2008).

2.2.2.1.1. Envases usados en *sous vide*.

Existe gran variedad de envases para alimentos cocinados como son: envases de porciones individuales, bolsas para envasado al vacío, bandejas para alimentos congelados y refrigerados, bolsas flexibles (Brody, 2003). Los envases más utilizados en el cocinado *sous vide* están fabricados de materiales poliméricas, la función principal que desempeña el envase es proteger al alimento del medio externo y preservar el ambiente



gaseoso creado en su interior, como las poliamidas, el polietileno y el polipropileno, que son eficientes contra la humedad y muestran buenas características de sellado (Pettersen *et al.*, 2004).

2.2.2.2. Cocción.

Significa exponer un alimento a un foco de calor, o de radiaciones con el fin de aumentar su temperatura, en función de sus propiedades físicas y químicas, como consecuencia de ese calentamiento el alimento experimenta cambios que pueden ser físico, químicos y biológicos (Bello, 2006). En la cocción de la carne tiene incidencia factores como la temperatura, tiempo de tratamiento, tamaño, la composición de la carne y la sal adicionada, advierten los expertos que un inadecuado cocinado con temperaturas muy elevadas durante (Samaniego *et al.*, 2017).

La cocción al vacío, han indicado que mejora la solubilización de colágeno, que es un indicador de la carne tierna y depende de contenido total de colágeno, tipos de colágeno presente, su solubilidad y la reticulación de la matriz de colágeno (Kanatt *et al.*, 2015). Se ha informado que los tratamientos térmicos aceleran los procesos oxidativos no solo en lípidos, sino también en proteínas debido a su efecto creciente sobre la producción de radicales libres y la disminución efecto sobre la protección antioxidante de los alimentos (Soladoye *et al.*, 2017).



2.2.3. Modificaciones físicas, sensoriales y microbiológicas en la carne tratadas con *sous vide*.

2.2.3.1. Modificaciones físicas en la carne de cerdo procesada mediante *sous vide*.

2.2.3.1.1. Color

El color es una característica indicativa para los consumidores en términos de calidad y atractivo. Los cambio de color puede ser causado por la oxidación y desnaturalización de las proteína mediante la reacción de Maillard, produciendo una variedad de colores (Oz y Seyyar, 2016).

La carne cocida en *Sous vide* posee capa marrón menos grueso en comparación con la carne procesada de alta temperatura. Carne cocida bajo sous-vide tiene mayor b^* , por el aumento de metamioglobina resultando productos de color marrón (Botinestean *et al.*, 2016). Las muestras que pierden más agua durante la cocción suelen terminar teniendo una pequeña cantidad de agua exudada sobre la superficie, dándole un aspecto seco. La desnaturalización de la mioglobina que comienza en 60°C la cual determina la intensidad de la rojez (a^*) en la carne cocida (Bhat *et al.*, 2020).

La carne cocida al vacío es más clara y de color más rojo que la carne cocida por cocción convencional; Esta diferencia de color entre los métodos de cocción puede explicarse por los cambios en el pigmento de mioglobina durante la cocción (King y Whyte, 2006), y esta desnaturalización comienza entre 55 C y 65 C, de modo que la mayor parte de la mioglobina se desnaturaliza y se vuelve marrón entre 70 C y 80 C. Sin embargo, la sensibilidad a la desnaturalización por calor difiere entre los 3 formas de mioglobina especialmente, la desoximioglobina, que es la forma predominante en la carne envasada al vacío, es más resistente a la desnaturalización por calor que la oximioglobina y la metamioglobina (Park *et al.*, 2020)



2.2.3.1.2. Textura

La textura de un producto se compone de varias propiedades tales como dureza, elasticidad, y la cohesión. La temperatura utilizada en *Sous vide* también influye en estos parámetros y que puede causar cambios en la textura de la carne, donde el cambio máximo de la textura se observa entre las temperaturas de cocción de 70°C y 80°C (Ayub & Ahmad, 2019)

La desnaturalización de proteínas produce una contracción de la carne y estos cambios contribuyen a aumentar la dureza de la carne y ocurre por encima de 60°C (Warner *et al.*, 2017). El aumento de dureza en la carne cocinada en *sous vide* es causada por el desarrollo de productos de oxidación de proteínas, tales como la formación de carbonilo, acumulación de MetMb, y la reducción de los grupos sulfhidrilo a través de la pérdida de funcionalidad de las proteínas (Trabelsi *et al.*, 2019). Durante el calentamiento, los componentes del músculo que se afectan principalmente son las proteínas, las cuales se desnaturalizan provocando cambios estructurales en la carne (Díaz, 2009).

2.2.3.1.3. pH.

El valor de pH de carne cocida aumenta, con el aumento de la temperatura (Oz & Seyyar, 2016; park *et al.*, 2020). El valor de pH de la carne de cerdo cocido en *sous vide* almacenados a 2°C durante 0, 5 y 10 semanas, el pH aumenta en la semana 5 con valor de 6.10 en comparación con las semanas 0 y 10 con valores de pH 5.75 y 5.95. El resultado del pH se asocia con el deterioro del lomo de cerdo durante el almacenamiento en frío (Díaz *et al.*, 2008).



2.2.3.1.4. Humedad.

Jeong *et al.*, (2018) Indica en sus resultados que el contenido de humedad se vio afectado por la temperatura de cocción. Hasta 60°C, las fibras musculares se contraen transversalmente y ensanchan la brecha entre las fibras, pero por encima de esta temperatura, las fibras musculares se contraen longitudinalmente y causan una pérdida sustancial de agua y la extensión de esta contracción aumenta con la temperatura. Sin embargo, la tendencia fue consistente con la encontrada en las pérdidas de peso, las muestras cocinadas a 80 ° C mostraron un contenido de humedad más bajo que aquellas cocinadas a 60 ° C y 70 ° C (Roldán *et al.*,2013).

2.2.3.2. Cambios sensoriales en la carne procesada mediante *sous vide*.

El calentamiento es una parte crucial del procesado de las carnes afectando en mayor o menor grado a la terneza, a la jugosidad y al aroma de la carne a través de cambios físicos y bioquímicos. El alcance de estos cambios dependerán en gran medida de la temperatura y tiempo de cocinado, así como del método de cocinado y el estado del musculo (contraído o relajado) (Obuz, 2003).

2.2.3.2.1. Aroma

La oxidación de los lípidos es la principal fuente de compuestos volátiles en la carne cocinada, especialmente la oxidación de los ácidos grasos insaturados. La menor contribución del resto de las reacciones al volumen de compuestos volátiles no les resta importancia en el desarrollo del aroma final de la carne cocinada, ya que los compuestos formados por estas vías (compuestos heterocíclicos con aroma cárnico) presentan menores umbrales de detección (Van *et al.*, 2012).



2.2.3.2.2. Ternura

La ternura es un parámetro importante de la aceptación del consumidor, los cambios en suavidad de la carne están asociados con los tejidos conectivo miofibrilares, las proteínas miofibrilares mantienen la mayor parte del agua retenida dentro del músculo y cuando se desnaturalizaron el agua se libera causando la contracción y la reducción en el peso. Sin embargo, estos cambios dependen del tipo de los músculos, la edad del animal y varios otros factores (Ayub *et al.* , 2019).

2.2.3.2.3. Jugosidad.

Los consumidores exigen jugosidad en determinados productos cárnicos, lo que hace que sea una propiedad importante en las carnes cocidas en *sous vide*, donde aplicando tiempos largos y bajas temperaturas dan resultado una carne tierna aunque causa reducción en la jugosidad de la carne (Dominguez *et al.*, 2018).

2.2.3.2.4. Sabor.

Los sabores se desarrollan normalmente por encima de 70°C debido a la formación de compuestos volátiles. El *Sous vide* imparte menos sabor, ya que se utiliza bajas temperaturas, por tanto, el sabor a carne viene de compuestos no volátiles junto con productos de degradación de lípidos (ayub *et al.*, 2019). Al aumentar la temperatura, los compuestos volátiles comienzan a formarse a partir de amino. Es una práctica común para precalentar la carne cocinada sous-vide bajo alta temperatura antes de servir, por tanto, proporcionar sabor más atractivo y color (Domínguez *et al.*, 2018).



2.2.3.3. Alteraciones microbiológicas en la carne de cerdo procesada mediante *sous vide*.

El cocinado debe conseguir que la carne tenga una textura tierna y jugosa, no hay que olvidar que el principal objetivo es proporcionar alimentos seguros y con una extensa vida comercial, en este sentido, la calidad microbiológica de la materia prima es fundamental para garantizar la seguridad de los productos, ya que la supervivencia de patógenos durante el tratamiento depende de la carga inicial (Nyati, 2000). Las bacterias lácticas como *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Weissella* y *Carnobacterium* son las principales causantes del deterioro microbiano carne cocida en *sous vide* (Yang *et al.*, 2020). La temperatura empleada en *sous vide* debe superar los 65 °C con el fin de inactivar células vegetativas y destruir la microflora inicialmente presente en el alimento (*Pseudomonas spp.*, *Enterobacteriaceae*, *lactobacillus spp.* y otras bacterias potencialmente patógenas no formadoras de esporas) (Díaz, 2009).

2.3. OXIDACIÓN LIPÍDICA EN PRODUCTOS CÁRNICOS

La oxidación lipídica de la carne es una de las principales causas de deterioro de los mismos, debido a que estos últimos presentan en su composición lípidos como ácidos grasos poliinsaturados (PUFA), que los hacen muy susceptibles a las reacciones oxidativas. Esos ácidos grasos poliinsaturados, reaccionan con el oxígeno para formar hidroperóxidos esas reacciones los vuelven inestables, provocando olores y sabores desagradables y producción de compuestos tóxicos (Sadeghinejad *et al.*, 2019). El deterioro químico, oxidación de lípidos especialmente secundaria, es un factor principal de limitación de la vida útil de los productos que causa fuera de los aromas en la carne (Smaoui *et al.*, 2016).



La oxidación de lípidos, un resultado de reacción en cadena de radicales libres de los lípidos insaturados y consiste en el consumo de oxígeno molecular, conduce al desarrollo de rancidez cambios en las características sensoriales y nutricionales de los alimentos musculares durante el almacenamiento (Bhat *et al.*,2020). Hay varios factores que influyen en la oxidación de lípidos en productos cárnico cocidos, tales como catalizadores de metales, enzimas, composición de la grasa, la mioglobina, la actividad de agua, procesamiento y almacenamiento (Chaijan & Panpitat,2017; Vieira *et al.*,2017).

La presencia de lípidos oxidados en los alimentos para cerdos puede aumentar significativamente la susceptibilidad de productos de carne de cerdo a la oxidación durante el almacenamiento y acelerar la velocidad a la que se almacenan los productos cárnicos y acumular compuestos que están asociados con olores y sabores indeseables (Arowolo *et al.*, 2019). En general, la velocidad de oxidación aumenta con la temperatura; así, la cocción de la carne aumenta el desarrollo de reacciones oxidativas, ya que la interacción entre el oxígeno molecular y los lípidos del músculo se incrementa con ella (Estévez, 2005).

La calidad nutricional se ve afectada negativamente por la oxidación debido a las pérdidas en vitaminas antioxidantes, ácidos grasos poliinsaturados (PUFAs), o los aminoácidos esenciales. La oxidación es también una preocupación de seguridad (Estévez *et al.*, 2017).

2.3.1. Factores que afectan la oxidación lipídica

La oxidación lipídica es influenciada por la composición de los ácidos grasos, factores de procesamiento, concentración y tipo de oxígeno, metales de transición, peróxidos, compuestos térmicamente oxidados, pigmentos y antioxidantes. Estos factores



en conjunto afectan la oxidación de los lípidos y no es fácil diferenciar su efecto individual (Choe y Min, 2006).

2.3.2.1. Composición de los lípidos

La susceptibilidad y velocidad de oxidación de los ácidos grasos en los lípidos depende de su grado de saturación; así, los lípidos que son más insaturados son oxidados con mayor rapidez que los menos insaturados (Parker *et al.* 2003). A medida que el grado de insaturación aumenta, tanto la tasa de formación como la cantidad de compuestos primarios de la oxidación incrementan, y se acumulan al final del período de inducción (Martín *et al.* 2004). Así mismo Estévez *et al.* (2003) reportaron correlaciones positivas significativas entre el contenido de grasa y la oxidación lipídica, y sugieren que a mayor cantidad de lípidos totales, hay mayor sustrato propenso a sufrir reacciones oxidativas.

2.3.2.2. Temperatura

En general, la velocidad de oxidación aumenta con la temperatura; así, la cocción de la carne aumenta el desarrollo de reacciones oxidativas, ya que la interacción entre el oxígeno molecular y los lípidos del músculo se incrementa con ella (Esteves, 2005).

Las temperaturas de cocción elevadas también juegan un papel y en la oxidación por medio del aumento de la desnaturalización de las proteínas y la relación con los ácidos grasos poliinsaturados (Bıyıklı *et al.*, 2020).

2.3.2.3. Concentración de oxígeno

La oxidación de los lípidos incrementa con la cantidad de oxígeno disuelto; esta cantidad es alta cuando la presión parcial del oxígeno es también alta (Choe y Min, 2006). El efecto de la concentración de oxígeno sobre la oxidación de los lípidos incrementa a altas temperaturas y en presencia de luz y metales tales como el hierro o el cobre. La alta



dependencia del oxígeno con la oxidación de los lípidos a altas temperaturas es debida a la baja solubilidad del oxígeno en ellos a alta temperatura (Isaza *et al.*, 2013).

2.3.2.4. Medida de la oxidación lipídica.

La determinación TBA ha sido ampliamente aceptado para la evaluación de la oxidación de lípidos a través de la detección de la generación de malondialdehído (MDA), que mide los productos secundarios de la oxidación de lípidos (farajzadeh *et al.*, 2016)

2.3.2.4.1. Test del ácido tiobarbitúrico

Esta prueba se desarrolló a finales de 1940, es muy utilizado, se trata de hacer reaccionar el ácido tiobarbitúrico con el malondialdehído producido por la descomposición del hidroperóxido de lípidos para formar un cromóforo rojo con pico de absorbancia de 532nm. Este complejo rojo resulta de la condensación de 2 moles de TBA y 1 mol de malondialdehído, bajo el efecto conjunto de la temperatura del medio y el pH (Laguerre *et al.*, 2007).

Valores por encima de 0.5 indican cierto grado de oxidación, y cuando están por encima de 1 se trata posiblemente de niveles inaceptables (Warriss, 2003). Existe abundante información que demuestra que la susceptibilidad de los tejidos a sufrir procesos de oxidación depende de la alimentación recibida por los animales, fundamentalmente el tipo de ácido graso y la presencia de agentes antioxidantes en los tejidos (López *et al.*, 1999).



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. INFRAESTRUCTURA.

Las operaciones de los análisis de la oxidación lipídica (TBARS), características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales de la carne de cerdo (*sus scrofa domestica*), procesada mediante la tecnología *sous vide*, se realizaron en la Universidad Nacional del Altiplano en la escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial en los siguientes laboratorios.

- Taller de carnes; se realizó el envasado al vacío de las muestras de carne de cerdo.
- Laboratorio de investigación multidisciplinario EPIA; se realizaron los análisis de TBARS, pH , acidez, y análisis microbiológico.
- Laboratorio de pos- cosecha; se realizó el análisis de la textura y el color.
- Laboratorio de biotecnología; se analizó la humedad y la actividad de agua.
- Cabinas sensoriales: se realizó el análisis sensorial de la carne de cerdo procesada mediante *sous vide*.

3.2 .MATERIALES Y EQUIPOS

3.2.1. Materia prima.

- carne de cerdo raza landrace, parte pierna, sexo macho, edad 2 años aproximadamente adquirida en el mercado unión y dignidad de la ciudad de Puno.

3.2.2. Materiales.

- Cuchillo acero inoxidable.



- Buretas de 50 ml.
- Fiolas de 100 ml.
- Pipetas de 05 ml, 1 ml, 10 ml.
- Crisol de 5 gr.
- Micro pipeta de 10 -100 μ l y 100 - 1000 μ l (Boeco Germany)
- Placas Petri (material de vidrio).
- Vasos precipitados de 10ml, 100ml, 400ml.
- Tubos de ensayo pirex.
- Matraz Erlenmeyer de 125 ml.
- Bolsas de poliamida y polietileno
- Picetas.
- Bandejas de plástico
- Tablas de picar de plástico
- Gradillas para los tubos de ensayo

3.2.3. Reactivos

- Hidróxido de sodio a 0.1 N
- Alcohol a 96%
- TBA (ácido tiubarbitúrico) (MercK kGaA)
- MDA (maldonaldehido) (MercK Schuchardt OHG)
- Ácido tricloroacético (MercK kGaA)
- Agar Rogosa (Biomark)
- Stándar Plate Count Agar CMO463(APHA)
- Agar TBX (Tryptone Bile X- glucoronide)



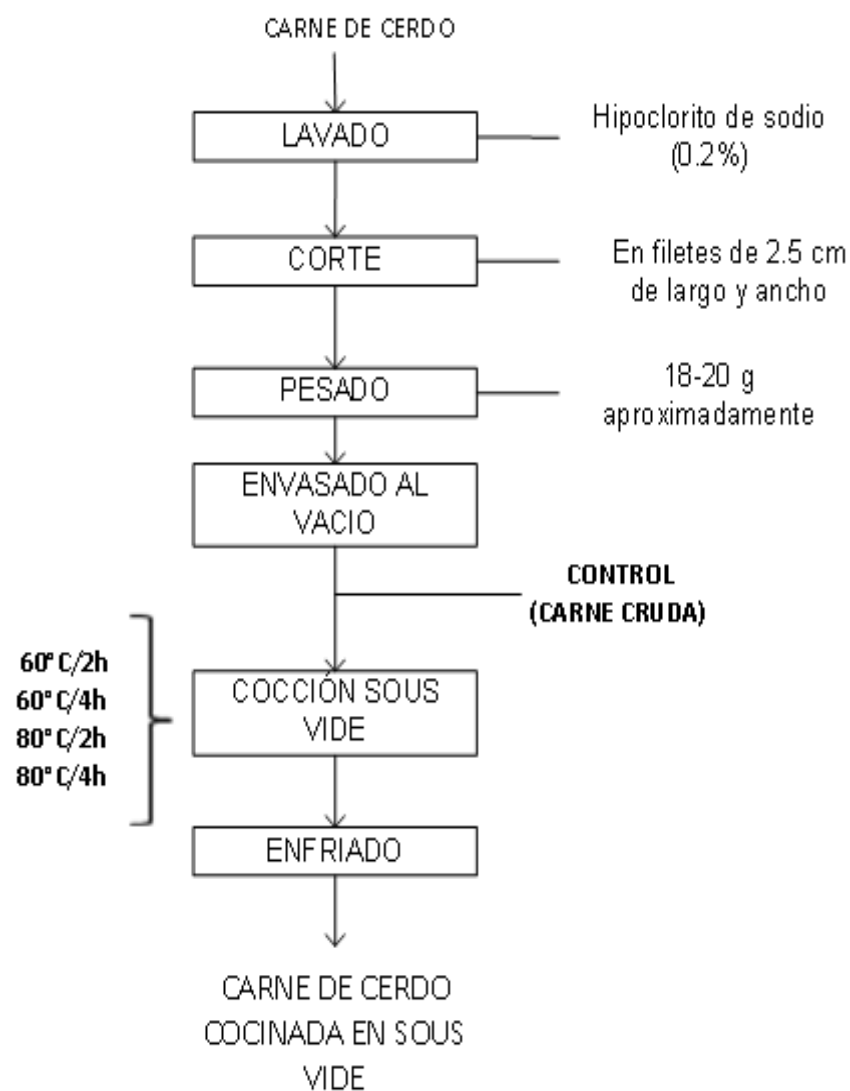
3.2.4. Equipos

- *SOUS VIDE*, marca SUPREME, modelo SVS-10L
- Estufa marca FELISA, Modelo FE-230.
- Bortex (eurolab)
- Balanza analítica marca AND FR-300. Japon. Cap. de 0.0001 a1000 g.
- pH-metro METLER.
- Termómetro HERMOMELER (-50 A 300 °C).
- Refrigeradora LG.
- Licuadora OSTER
- Selladora al vacío HENKELMAN vacuum systems, modelo JUMBO 42, poder 0.55 kw.
- Centrifugadora LC-EuroLab
- Autoclave EUROTECH
- Colorímetro SC 20; modelo cromático CIEL*a*b* de lectura directa.
- Texturometro CT3 BROOKFIELD; donde trigger =270 gr.,la deformación = 20.0 mm y speed = 5.0 mm/s
- Espectrofotómetro modelo for UV752 UV VIS.
- Aqua Lab 4 TE, Decagon Devices, Inc., Pullman, WA, EUA
- Analizador de humedad de la serie PMC

3.3. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.

3.3.1. Metodología experimental.

3.3.1.1. Evaluar el efecto del tiempo y temperatura sobre las características fisicoquímicas, microbiológicos y sensoriales de la carne de cerdo (*Sus scrofa domestica*) procesada mediante la tecnología *sous vide*.



Fuente: Adaptado a Roldan *et al.*, (2014)

Figura 1. Diagrama de flujo de la carne de cerdo (*Sus scrofa domestica*) procesada mediante la tecnología *sous vide*.



DESCRIPCIÓN DE PROCESOS DE LAS OPERACIONES DE LA PRIMERA ETAPA.

- a) **Recepción:** Se realizó el control de calidad y la respectiva evaluación a la materia prima carne de cerdo (*Sus scrofa domestica*) (parte del corte, sexo y edad de la carne de cerdo), seguidamente se clasificó de acuerdo a la calidad que se exige en el estudio.
- b) **Lavado:** fueron lavados con una solución de hipoclorito de sodio (0.2 %) más agua, para eliminar restos de impurezas (pelos, restos de sangre, y otros) que se puede impregnarse durante el beneficio.
- c) **Corte:** Se realizó corte horizontal, con un espesor de 2.5 cm de largo y ancho y un espesor de 2.5 cm, tipo filete.
- d) **Pesado:** Se pesó en una balanza analítica previamente calibrada entre 18 y 20 g cada cubo de muestra de carne de cerdo.
- e) **Envasado al vacío:** las muestras de carne de cerdo en forma de filetes fueron empacados en envases de polietileno de alta densidad, con el fin de proteger al producto de la contaminación, después de este proceso se separa una muestra de carne cruda de cerdo para tener como testigo (control).
- f) **Cocción *sous vide*:** Este proceso se realizó en el equipo *sous vide* a diferentes temperaturas (60 y 80) °C y tiempos (2, y 4 hs) de cocción.
- g) **Enfriado:** La carne cocinada se enfrió rápidamente introduciendo en agua fría. Posterior a este proceso se realizó la evaluación del perfil lipídico, las características fisicoquímicas, microbiológicas y análisis sensorial de la carne de cerdo procesada mediante *sous vide*.



3.2.1.2. Evaluar la oxidación lipídica, características físicas (color, acidez, pH , actividad de agua, humedad) y microbiológicas de la carne de cerdo (*Sus scrofa domestica*) procesada mediante la tecnología *sous vide* durante 21 días de almacenamiento a 2°C.

a) Almacenamiento: Los tratamientos T1 (carne cruda), T2 (60°C/2h), T3 (60°C/3h), T4 (60°C/4h), T5 (80°C/2h), T6 (60°C/3h) y T7 (60°C/4h), se almacenaron en una cámara de refrigeración a temperatura de 2°C por 21 días. Las evaluaciones del TBARS, las características fisicoquímicas y microbiológicas se realizaron durante el almacenamiento en los días 0, 7, 14 y 21.

3.4. MÉTODOS DE ANÁLISIS

3.4.1. Determinación de ácidos grasos.

La determinación de ácidos grasos se realizó como un servicio prestado en la Universidad Nacional de San Antonio de Abasco de Cusco (UNSAAC) (ANEXO I). Se pesó 100 mg de muestra en un tubo de ensayo de 20 ml (con tapón de rosca) o vial de reacción. Disolver la muestra en 10 mL de hexano Añadir 100 µL de hidróxido de potasio 2 Normal en Metanol (11.2 g en 100 mL). Cerrar el tubo o vial y agitar en vórtex durante 30 segundos. Centrifugo. Transfiere el eliminar el sobrenadante en un vial de inyector automático de 2 ml, realizar la lectura en el cromatografo (Frank *et al.*, 2003)

3.4.2. Determinación de tiobarbitúrico (TBARS)

Sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARS) se determinó siguiendo el método de extracción ampliamente descrito por: Andres *et al.*, (2004).

Preparación de la muestra:



Se pesó 0.28828gr de TBA, se aforó en un fiola de 100 ml, se homogenizó el TBA hasta que se disuelva completamente. Por otro lado se pesó 5gr de muestra y agregó 25 ml de solución de ácido tricloroacético al 5%, se licuó por 40 segundos, se llevó a la congeladora por 15 minutos a -10°C, se filtró y eliminó las impurezas, se tomó en un tubo de ensayo 5 ml de TBA y 5 ml de muestra filtrada, se centrifugó a 1200rpm por 20 segundos, se calentó a temperatura de ebullición por 35 minutos, enfrió en agua fría, se agitó, se realizó la lectura de la absorbancia en el espectrofotómetro blanqueando con agua destilada a 532 nm.

Determinación de la curva estándar para la cuantificación de TBARS.

La cuantificación de TBARS, se realizó por medio de una recta patrón elaborada a partir de una serie de disoluciones de malondialdehído (MDA) de concentración conocida teniendo como solución madre de MDA (20.052 mg/L agua) y 2500 µl de TBA a partir de sucesivas diluciones de MDA y agua (alícuotas en µl 20; 2480, 40; 2460, 60; 2440, 80, 10, 120, 140, 160, 180, 200 así sucesivamente) (ANEXO II), la mezcla fue diluida con agua destilada hasta alcanzar un volumen de 5000 µl entre MDA, TBA y agua, homogenizar los tubos preparados (vórtex), luego llevar a ebullición por 35 min, posterior realizamos la lectura espectrofotométrica (ANEXO III).

La cuantificación del TBARS se realizó utilizando la ecuación 2 expresado en mg MDA/ kg de muestra.

$$TBARS = \frac{((Am - Ab) + 0.0037)}{0.4645}$$

Donde:

Am= absorbancia de la muestra

Ab=absorbancia del blanco



3.4.3. Análisis fisicoquímico.

3.4.3.1. Contenido de humedad

El contenido de humedad se evaluó utilizando un analizador de humedad de la serie PMC de acuerdo al método de AOAC (Horwiitz, 2000), Para la cual se pesa 2 g de muestra de carne de cerdo cocinada mediante *sous vide* previamente picada, se mide el porcentaje de humedad a 125°C/ 20 min.

3.4.3.2. Determinación de actividad de agua (a_w).

La determinación de la actividad de agua de las muestras de carne de cerdo procesada mediante *sous vide* se realizó utilizando un medidor de actividad de agua (Aqua Lab 4 TE, Decagon Devices, Inc., Pullman, WA, EUA), para lo cual se pesa la 2 gr de muestra previamente picada y se realiza la lectura de la actividad (Sun *et al.*, 2017).

3.4.3.3. Determinación de pH.

El pH de las muestras se midió usando el método descrito por Vaudagna *et al.*, (2008). Se homogenizó 10 g de carne de cerdo (*Sus scrofa domestica*) con 50 ml de agua destilada en un homogeneizador durante 30 segundos, posteriormente se filtra la muestra homogenizada y se mide el pH con un pH metro digital estandarizado por tampón a pH 7.

3.4.3.4. Determinación de acidez titulable total

La determinación de acidez titulable total se determinó por el método (A.O.A.C, 1995; IAL, 2008). Se pesó 1 g de muestra de carne de cerdo, agregar 100 ml agua destilada homogenizar, filtrar la muestra en un Erlenmeyer de 125 ml, añadir de 2 a 3 gotas de indicador fenolftaleína, titular con NaOH de 0.1 N, la muestra debe virar a un color rosa pálido. Para el cálculo de acidez titulable tenemos la siguiente formula:



$$\% \text{ de ácido láctico} = \left(\frac{V * N * Meq}{m} \right) *$$

100..... Ec. 01

Donde:

V : Volumen de álcali gastado en la titulación.

N : normalidad de álcali, generalmente 0.1

Meq: valor de mini equivalente en gr. De ácido en el que se requiere expresar la acidez.

M: gramos o ml de muestra contenida en la alícuota

3.4.3.5. Determinación de textura

La determinación de textura para las muestras de carne de cerdo se realizó con un texturómetro CT3 BROOKFIELD utilizando una cuchilla para determinar la fuerza de corte, para la cual se usó muestras de carne de cerdo de 2.5 cm de largo, 2.5 cm de ancho y un espesor de 3 cm; donde la fuerza de inicio (trigger) fue 270 gramos, la deformación (deformation) 20.0 mm y la velocidad (speed) 5.0 mm/s (Keenan, 2015).

3.4.3.6. Determinación de color

El color superficial de las muestras se determinó con un colorímetro SC20; modelo cromático CIELa*b*, realizando lectura directa para lo cual se tomó tres zonas de la muestra la parte superior, inferior y medio (cortar la muestra de a la mitad) (Ripoll *et al.*, 2008).

3.4.4. Análisis microbiológico

Se pesa asépticamente una muestra de 10 gramos a un envase con 90 ml de agua de peptona estéril al 0,1% obteniendo la maceración inicial. Posteriormente para la



determinación de las bacterias coliformes se utilizó el TBX (Tryptone Bile X-glucuronide) incubadas durante 24 h a 37°C. Las Bacterias ácido Lácticas, con el agar rogosa en condiciones anaerobias durante 72 horas a 30°C. La cuantificación de las colonias de las bacterias se expresó en log UFC/g, (Espinosa *et al.*, 2015).

3.4.5. Análisis sensorial

Veinticinco panelistas semientrenados (estudiantes que llevan el curso de taller de carnes del octavo semestre) de la Universidad Nacional del Altiplano, recibieron capacitación de acuerdo con la norma ISO 5492 (2008), la cual estuvo dirigido por el Dr. Aro Aro Juan Marcos docente del curso. Para el análisis de las características sensoriales (color, aroma, sabor y textura) de la carne de cerdo (*Sus scrofa domestica*) procesado mediante la tecnología *sous vide*. Se tomó una muestra de cada carne de cerdo cocinada en *sous vide*, las cuales fueron codificadas con diferentes símbolos, por otro lado se elaboró una cartilla de evaluación sensorial donde se estableció una escala del 1 al 9 para distinguir la aceptación general de la calidad (ANEXO IV).

3.5. MÉTODO ESTADÍSTICO.

1. Evaluar el efecto del tiempo y temperatura sobre las características fisicoquímicas, microbiológicos y sensoriales de la carne de cerdo (*Sus scrofa domestica*) procesada mediante la tecnología *sous vide*.

En esta etapa se utilizó el Software Statgraphics Centurión XVI. Los datos fueron analizados por grado de variación y diferencia significativa usando análisis de varianza (ANVA), utilizando un diseño bloque completo al azar con arreglo factorial. Teniendo dos factores de estudio (tiempo y temperatura de cocción), y los variables de respuesta fueron características fisicoquímicas y análisis microbiológicos, se consideraron tres repeticiones por tratamiento. El método de comparaciones usado fue Duncan, con un total



de 4 tratamientos con tres repeticiones, el total de Unidades Experimentales será de 12, Serán considerados diferencia significativa cuando $p < 0.05$.

2. Evaluar la oxidación lipídica, características físicas (color, acidez, pH, actividad de agua, humedad) y microbiológicas de la carne de cerdo (*Sus scrofa domestica*) procesada mediante la tecnología *sous vide* durante 21 días de almacenamiento a 2°C.

En esta etapa también se utilizó el Software Statgraphics Centurión XVI utilizando el análisis de varianza (ANVA) con un diseño bloque completo al azar con arreglo factorial. Teniendo dos factores de estudio (tiempo y temperatura de cocción), y los variables de respuesta fueron la oxidación lipídica, las características fisicoquímicas y análisis microbiológicos, se consideraron tres repeticiones por tratamiento. El método de comparaciones usado fue Duncan, con un total de 7 tratamientos con tres repeticiones, el total de Unidades Experimentales será de 84, Serán considerados diferencia significativa cuando $p < 0.05$.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Evaluar el efecto del tiempo y temperatura de cocción sobre las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales de la carne de cerdo (*Sus scrofa domestica*) procesada mediante la tecnología *sous vide*.

4.1.1. CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS.

4.1.1.1. ÁCIDOS GRASOS.

En la tabla 2 se muestra los resultados de los ácidos grasos de la carne de cerdo procesada mediante medios, donde un total de 13 ácidos grasos fueron identificados. Se encontró diferencia significativa entre los tratamientos.

Tabla 2. Perfil de ácidos grasos (%) de la carne de cerdo procesado mediante *sous vide*.

ÁCIDOS GRASOS (%)	Control	60°C/ 2h	60°C/4h	80°C/2h	80°C/4h
1 Ácido mirístico C14:0	0.61±0.03	0.69±0.02	0.75±0.28	0.94±0.01	0.71±0.02
2 Ácido Pentadecanoico C15:0	N.D	N.D	N.D	1.49±0.05	3.24±0.04
3 Ácido Palmítico C 16:0	12.12±0.13	24.61±0.37	24.52±11.08	25.58±0.09	18.52±0.03
4 Ácido Palmitoleico C16:1...	1.16±0.01	0.61±0.02	1±0.46	1.92±0.02	0.77±0.89
5 Ácido heptadecanoico C17:0	N.D	0.16±0.01	0.21±0.09	0.11±0.16	0.09±0.12
6 Ácido esteárico C18:0	63.54±0.57	41.22±0.18	34.25±14.27	24.17±0.01	34.36±0.18
7 Ácido Eláidico C18:1n9t ...	0.99±0.1	18.79±0.11	24.27±3.47	32.18±0.11	28.76±0.04
8 Ácido Oleico C18:1n9c	10.18±0.07	1.2±0.08	1.89±0.35	2.66±0.04	2.22±0.08
9 Ácido Linoleico C18:2n6c...	3.88±0.02	6.29±0.25	7.85±0.02	8.49±0.03	8.24±0.02
10 Ácido Araquídico C20:0	0.52±0.11	0.24±0.04	0.26±0.11	0.46±0.25	0.77±0.66
11 Cis-11 -ácido Eicosenoico	1.13±0.02	1.16±0.83	1.44±0.21	0.34±0.06	0.38±0.06
12 Ácido Linolénico C18:3n3...	N.D	0.08±0.11	N.D	0.53±0.04	0.34±0.09
13 Ácido Behénico C22:0	N.D	N.D	N.D	0.59±0.07	N.D
SFA	76.79±0.62	66.75±0.53	59.77±3.02	53.22±0.04	57.6±0.91
MUFA	12.47±0.08	2.96±0.78 ^c	4.42±0.59	4.92±0.04	3.37±0.91
PUFA	3.88±0.02	6.37±0.36 ^d	8.47±0.02	9.02±0.07	8.57±0.07

En los resultados de los ácidos grasos de la carne de cerdo procesada mediante *sous vide* se encontró efecto significativo solo del factor temperatura de cocción sobre el ácido Eicosenoico Cis-11 y el Ácido Linolénico C18:3n3, estos ácidos grasos fueron

fuertemente afectado por la temperatura de cocción pero no hubo efecto del tiempo de cocción ni de la interacción de ambos. Los factores temperatura y la interacción de tiempo y temperatura de cocción presentaron efecto significativo sobre el Ácido Elaidico C18:1n9trans y el Ácido Oleico C18:1n9c. El Ácido Pentadecanoico C15:0, Ácido Linoleico C18:2n6c, y el Ácido Behenico C22:0 presentaron efecto significativo de los factores tiempo y temperatura de cocción y la interacción de ambos, pero no hubo efecto significativo sobre el Ácido mirístico C14:0, Ácido Palmítico C16:0, Ácido Palmitoleico C16:1n7, Ácido heptadecanoico C17:0, Ácido esteárico C18:0 y el Ácido Araquídico C20:0 (ANEXO V-XIX).

En la tabla 2 se observa que los ácidos grasos determinados se clasificaron en SFA (ácidos grasos saturados), MUFA (ácidos grasos monoinsaturados) Y PUFA (ácidos grasos poliinsaturados), presentando mayor cantidad de ácidos grasos saturados la carne cocinada a 60°C/2h, pero menor cantidad de ácidos poliinsaturados la cual significa que ocurrirá menos oxidación siendo el mejor tratamiento, Echevarría *et al.*, (2017). En sus resultados observó que al aumentar la temperatura de cocción disminuye el contenido de ácidos grasos saturados y aumenta el contenido de ácidos grasos insaturados siendo la temperatura de cocción un factor variante en la evaluación del perfil de ácidos grasos presentes en la carne de cerdo.

4.1.1.2. COLOR

Los resultados del color de la carne de cerdo se presentan en el Tabla 3 donde L es luminosidad, a* enrojecimiento y b* amarillamiento de la carne procesado mediante *sous vide*. El factor tiempo y la interacción de los factores presentaron efecto significativo sobre la luminosidad del color de la carne. Se encontró efecto significativo del tiempo y temperatura de cocción sobre el enrojecimiento y el amarillamiento del color fue afectado solo por el factor temperatura de cocción (ANEXO XX- XXII).

Tabla 3. Luminosidad (L), enrojecimiento (a^*) y amarillamiento (b^*) del color de la carne de cerdo procesado mediante *sous vide*.

COLOR	L	a^*	b^*
Control	46.12±0.86	5.95±0.28	3.14±0.41
60°C/2h	77.4±0.78	10.48±0.26	9.99±0.79
60°C/4h	80.04±1.37	5.71±0.46	7.99±0.94
80°C/2h	75.19±0.52	10.21±0.64	10.02±0.69
80°C/4h	72.11±0.1	10.25±0.43	8.66±0.05

En la tabla 3 se observa que el tratamiento con más luminosidad (80.04) es el tratamiento aplicada a 60°/4h, al tener mayor luminosidad es más blanca por lo que presenta menor enrojecimiento (5.71), la cual es un factor muy importante en la calidad de la carne de cerdo, pero se observa que el tratamiento 60°C/2h presentó mayor enrojecimiento a comparación de otros tratamientos. En los resultados obtenidos se observa que los tratamientos sometidos a 80°C presentan menores valores de luminosidad y mayores valores de enrojecimiento a diferencia de tratamientos cocinados; Bıyıklı et al., (2020) determinó que los parámetros de tiempo y temperatura de cocción y la combinación de ambas no tuvo efecto significativo en los parámetros a^* b^* del color de la chuleta de pavo cocinadas en *sous vide*. Pero el parámetro L^* si se vio afectado por los factores de cocción, así mismo Díaz *et al.*, (2008), señala que el lomo de cerdo procesada a 70°C/12h presenta un color de $L=74±2.08$, $a^*=6.57±1.35$, $b^*=0.92±0.01$, los cuales son valores diferentes a lo determinado comparando con el tratamiento 80°/4h la cual presentó valores medios de $L= 72.11±0.1$, $a^*= 10.25±0.43$ y $b^*=8.66±0.05$, esta diferencia posiblemente se dio a la diferencia de tiempo de cocción aplicada en este estudio. Sanchez, (2012) Encontró que la carne de cerdo cocinada a 60°C/5h y 80°C/5h presentaron un color de $L=55.4$, $a^*=17.4$, $b^*=9.1$ y $L=52.0$, $a^*=14.1$, $b^*10.8$ respectivamente, son valores diferentes a lo determinado en los tratamientos a 60°C/4h

y a 80°C/4h de esta investigación, esta diferencia posiblemente se originó por la diferencia de tiempos de cocción.

Los valores de a^* (enrojecimiento) y croma están relacionados con la concentración de mioglobina como así como el grado de desnaturalización mioglobina (Jeong *et al.*, 2018; Oz *et al.*, 2017), entonces se podría afirmar que la carne tratada a 60°C/2h tiene mayor concentración de hemoglobina. El color exterior de superficie de la carne también depende de la caramelización y reacciones de Maillard (Dominguez *et al.*, 2018).

4.1.1.3. ACIDEZ

En la tabla 4 se muestran los resultados obtenidos del % de ácido láctico de la carne de cerdo procesada mediante *sous vide*, donde se observa valores medios comprendidos entre 0.114% y 0.189% las cuales representan a las carnes sometidas a 80°C/2h y a 60°C/4h respectivamente. Se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, donde los factores tiempo y temperatura de cocción tuvieron un efecto significativo sobre la acidez (ANEXO XXIV).

Tabla 4. Porcentaje de ácido láctico de la carne de cerdo procesada mediante *sous vide*.

TRATAMIENTOS	ACIDEZ (%)
Control	0.126±0.01
60°C/2h	0.138±0.01
60°C/4h	0.189±0.01
80°C/2h	0.114±0.01
80°C/4h	0.171±0.01

En la tabla 4 se observa que los tratamientos sometidos a 2 horas de cocción presentan menor % de acidez y las carnes sometidos a 4 horas de cocción presentaron

mayor % de acidez, donde el factor tiempo de cocción tuvo un mayor efecto sobre la acidez de la carne de cerdo procesada mediante *sous vide*.

Díaz *et al.*, (2008), señala que el lomo de cerdo procesada a 70°C/12h presenta un 0.21 % de ácido láctico, comparando con los valores de la tabla 4 se observa que son valores más bajos, así mismo NTP (2006), indica que la acidez para productos cárnicos se encuentra entre 0.25 y 0.50, comparados con los resultados obtenidos, se encuentran en los niveles permisibles para consumo humano. Por otro lado Sánchez, (2012) reporta que la acidificación es causada por bacterias lácticas la cual puede afectar en la calidad sensorial de platos a base de carne, en los resultados de la cuantificación de las bacterias lácticas no se observó presencia en casi todo los tratamientos después de someterlos a cocción *sous vide*.

4.1.1.4. ACTIVIDAD DE AGUA (a_w).

En la tabla 5 se muestran los resultados de actividad de agua (a_w) de la carne de cerdo procesada mediante *sous vide*, donde los valores medios oscilan entre 0.9932 y 0.9952, donde ninguno de los factores ó interacciones tuvo efecto estadísticamente significativo sobre la actividad de agua con un 95.0% de nivel de confianza (ANEXO XXV).

Tabla 5. Actividad de agua de la carne de cerdo procesado mediante *sous vide*.

TRATAMIENTOS	(a_w)
Control	0.9941±0.0046
60°C/2h	0.9952±0.0013
60°C/4h	0.9952±0.0047
80°C/2h	0.9947±0.004
80°C/4h	0.9932±0.005

En la tabla 5 se observa que los tratamientos sometidos a 80°C presentan menor actividad de agua que los tratamientos sometidos a 60°C.

Díaz *et al.*, (2008) señala que el lomo de cerdo procesada a 70°C/12h presento valores de alrededor de 0.93, los resultados determinados muestran valores superiores, esta diferencia posiblemente se originó por la diferencia de tiempo de cocción.

4.1.1.5. HUMEDAD (%).

En la tabla 6 se muestran los resultados de actividad de agua de la carne de cerdo procesada mediante *sous vide*, donde los valores medios oscilan entre 69.31 y 61.68%, existiendo diferencia significativa entre tratamientos. Los factores temperatura y tiempo de cocción presentaron efecto significativo sobre la humedad de la carne de cerdo (ANEXO XXVI).

Tabla 6. Humedad de la carne de cerdo procesada mediante *sous vide*.

TRATAMIENTOS	HUMEDAD (%)
Control	57.18±3.66
60°C/2h	69.31±1.31
60°C/4h	65.5±1.3
80°C/2h	61.73±0.4
80°C/4h	61.68±0.72

Los tratamientos a 60°C presentaron valores superiores de humedad a diferencia de los tratamientos a 80°C. El tratamiento 80°C/2h presenta el segundo valor de menor % humedad y podemos observar en la tabla 2 de nuestros resultados de ácidos grasos, el tratamiento a 80°C/2h tiene mayor contenido de ácidos grasos (13 ácidos grasos) entonces Ramos, (2008), indica que el contenido de agua disminuye a medida que aumenta el contenido de grasa en el músculo.



Así mismo Sánchez *et al.*, (2012) estudio a la mejilla de cerdo cocinadas y menciona que las muestras cocidas a 80°C mostraron significativamente mayores pérdidas de peso y menor contenido de humedad que los cocidos a 60°C, lo mismo se observa en nuestros resultados. Por otro lado Pérez *et al.*, (2019), en el lomo de cerdo cocinados en *sous vide* determinó que porcentaje de humedad significativamente disminuyó a medida que el tiempo de cocción aumento.

Roldan *et al.*,(2013), en carne de cordero cocinadas a 60°C/6h y 80°C/6h determino que el % de humedad es 66.42 y 64.18% son valores medios a lo determinado en esta investigacion. La técnica *Sous vide* es conocido para evitar la pérdida de agua de la carne (Jeong *et al.*, 2018) y el sellado al vacío reduce la pérdida del contenido de humedad por evaporación y reduce el riesgo de recontaminación del producto. (Haris & Asif, 2019).

4.1.1.6. TEXTURA.

En la tabla 7 se presentan los resultados de textura de la carne de cerdo procesada mediante *sous vide*, donde los valores medios oscilan entre 21.62 y 39.47 N, teniendo al tratamiento a 80°C/2h como el mejor tratamiento por presentar menor textura. Los factores tiempo y temperatura de cocción y la interacción de ambos factores presentaron efecto significativo sobre la textura de la carne de cerdo procesada mediante *sous vide*, existiendo diferencia significativa entre los tratamientos (ANEXO XXVII).

Tabla 7. Textura de la carne de cerdo procesada mediante *sous vide*

TRATAMIENTOS	TEXTURA
Control	45.16±0.64
60°C/2h	32.99±2.05
60°C/4h	35.72±0.35
80°C/2h	21.62±0.55
80°C/4h	39.16±0.83

En la tabla 7 se observa que las carnes de cerdo sometido a 2 horas de cocción presentan menores valores de textura que las carnes sometidos a 4 horas de cocción.

En comparación con la muestra control, las muestras *sous vide* cocidas mostraron menor dureza (Jeong *et al.*, 2018), lo mismo se observa en nuestros resultados. Por otro lado Botinestean *et al.*, (2016) Informaron de la asociación entre la fuerza de cizallamiento y contenido de humedad mientras mayor es el contenido de humedad de la muestra, mayor será el valor de la fuerza de cizallamiento y comparando nuestros resultados de textura y humedad esto se cumple. El colágeno del tejido conectivo se solubiliza alrededor de 50°C, pero más intensamente por encima de 55°C para formar gelatina. Por lo tanto, *sous vide* cocción a 60°C-75°C puede aumentar la ternura de la carne mediante la solubilización de colágeno en gelatina, así como la disminución de la fuerza de miofibrillas debido a la restante actividad proteolítica (Cropotova *et al.*, 2018).

Braun y Pattacini, (2011) señalan que en carnes procedentes de cerdos los valores de Warner Bratzler Shear Force por debajo de 40 N, la cual es un valor menor a lo determinado en este estudio. Por lado Díaz *et al.*, (2008) señala que el lomo de cerdo procesada a 70°C/12h presentó valores alrededor de 30.43 N de textura, la cual comparado con el 80°C/4h es un valor menor a lo determinado en nuestra investigación, esta diferencia posiblemente se dio por la diferencia de tiempo de cocción que se aplicó a la carne de cerdo.



4.1.2. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO.

4.1.2.1. Bacterias coliformes fecales.

La carne de cerdo procesada mediante *sous vide*, mostró ausencia de bacterias coliformes fecales; (Ki *et al.*, 2018) informó que el sellado al vacío reduce el crecimiento bacteriano; No se detectó el crecimiento microbiano para muestras sometidas a *sous vide* (Jeong *et al.*, 2018).

La carne cocida se puede asegurar mediante cocción *sous vide* (Nyati 2000). Por otro lado Díaz *et al.*, (2008); reportan que los productos procesados *sous vide* debe asegurar 6 reducciones decimales en los recuentos de esporas de la variedad no proteolítica. Por esta razón, resulta muy importante establecer tratamientos equivalentes en relación a la efectividad antimicrobiana, que permitan trabajar a temperaturas cercanas a 70°C durante periodos más largos.

4.1.2.2. Bacterias lácticas

En la tabla 8 se presenta el contenido de bacterias ácido lácticas presentes en la carne de cerdo procesada mediante *sous vide*, en la cual se observa que solo la carne tratada a 60°C/2h tiene presencia de bacterias ácido lácticas. Los factores tiempo y temperatura de cocción tienen un efecto significativo sobre las bacterias lácticas existiendo diferencias significativas entre los tratamientos (ANEXO XXVIII).

Tabla 8. Bacterias lácticas de la carne de cerdo procesada mediante *sous vide*.

TRATAMIENTOS	BACTERIAS LÁCTICAS (log
	UFC/g)
Control	2.26±0.02
60°C/2h	0.76±0.15
60°C/4h	0
80°C/2h	0
80°C/4h	0

Las condiciones de envasado de los alimentos *sous vide* hacen que las bacterias ácido lácticas sean el principal grupo responsable del deterioro microbiológicos de los alimentos cocinados (Díaz, 2009). Las bacterias ácido lácticas pueden producir agrios sabores, sabores, sabores, olores, exudados lechosas viscosas, y CO₂, que puede causar el hinchamiento y / o enverdecimiento (Jeong *et al.*, 2018).

4.1.3. ANÁLISIS SENSORIAL.

En la tabla 9 se muestra los resultados del análisis sensorial de la carne de cerdo procesada mediante *sous vide*, en la cual se evaluó la aceptabilidad de las características sensoriales de la carne de cerdo cocinada donde la escala de medida de aceptabilidad fue de 1 al 9, donde: 1=extremadamente aceptable, 2=aceptable, 3= moderadamente aceptable, 4=poco aceptable, 5=me es indiferente, 6=poco inaceptable, 7=moderadamente inaceptable, 8= inaceptable, 9=extremadamente inaceptable.

Tabla 9. Características sensoriales de carne de cerdo procesada mediante *sous vide*.

ATRIBUTOS	60°C/2h	60°C/4h	80°C/2h	80°C/4h
Apariencia	5.05±2.26	5±2.08	4.06±1.8	4.11±2.26
Color	4.7±2.05	4.89±1.73	4.11±1.53	4.05±1.65
Aroma	4.2±1.61	4.26±1.48	5.17±1.86	4.26±1.88
Textura	4.55±1.57	4.84±1.5	4.72±1.45	4.95±1.75
Sabor	4.6±2.09	5.05±1.93	4.06±1.66	4.84±1.54
Jugosidad	4.95±1.67	4.84±2.12	5.22±1.66	5.21±1.93

En la tabla 9 se observa que los valores determinados en todos los tratamientos oscilan entre 4 y 5, las cuales representa a poco aceptable y me es indiferente para todas las características (apariencia, color, aroma, textura, sabor y jugosidad); La temperatura de cocción más baja en la condición *sous vide* produce una carne más tierna, y la jugosidad sensorial también aumenta a medida que se reduce la temperatura y el tiempo de cocción (Dominguez *et al.*, 2018).

Bıyıklı *et al.*, (2020), determinó que los resultados del análisis sensorial de chuletas de pavo cocinadas en *Sous Vide*, tienden a mejorar a medida que el tiempo y la temperatura aumentan, así mismo Naveena *et al.* (2017) en la carne de pollo cocinados a 30 y 60 min a 100 °C llegó a la misma conclusión, observando en la tabla 9 se tiene similares resultados. Díaz, (2009), El olor característico de cada alimento es debido a una compleja mezcla de compuestos químicos volátiles; El crecimiento microbiano y las reacciones químicas producen olores y sabores desagradables que determinan la aceptación y vida comercial de los alimentos. El sellado al vacío conserva el sabor de un producto, reduce la pérdida del contenido de humedad por evaporación y reduce el riesgo de recontaminación del producto. (Haris & Asif, 2019). De hecho, las reacciones de oxidación también se consideran uno de los principales factores que afectan la vida útil y



el deterioro de la calidad, debido a cambios adversos de color, sabor, textura y valor nutricional (Goethals *et al.*, 2020).

4.2. Evaluar la oxidación lipídica, características físicas (color, acidez, pH , actividad de agua, humedad) y microbiológicas de la carne de cerdo (*Sus scrofa domestica*) procesada mediante la tecnología *sous vide* durante 21 días de almacenamiento a 2°C.

4.2.1. OXIDACIÓN LIPÍDICA.

En la figura 2 se muestra el comportamiento de la oxidación lipídica de la carne de cerdo procesada mediante *sous vide* y almacenada durante 21 días a 2 °C, donde los valores de TBARS oscilan entre 0.11 y 0.88 mg MDA/ kg, donde el T4(60°C/3h) fue el mejor tratamiento la cual presentó menor oxidación lipídica que otros tratamientos en el día 0, posteriormente aumentó lentamente a lo largo del periodo de almacenamiento hasta el día 14 y posteriormente disminuye en el día 21 de su almacenamiento, por otro lado se observa un comportamiento similar en T2 (60°C/2h) donde inicialmente presenta menor grado de oxidación pero posteriormente aumente ligeramente en el día 7 hasta el de 14 y finalmente disminuye en el día 21 llegando a un valor de 0.28 mg MDA/ kg, este valor es igual al T4 (60°C/4h) en el día 21 de su almacenamiento. Se determinó diferencias significativas entre los tratamientos durante el periodo de almacenamiento, donde los factores tratamiento, tiempo de almacenamiento y la interacción de ambos tuvieron un efecto estadísticamente significativo sobre la oxidación lipídica de la carne de cerdo procesada mediante *sous vide* y almacenada durante 21 días.

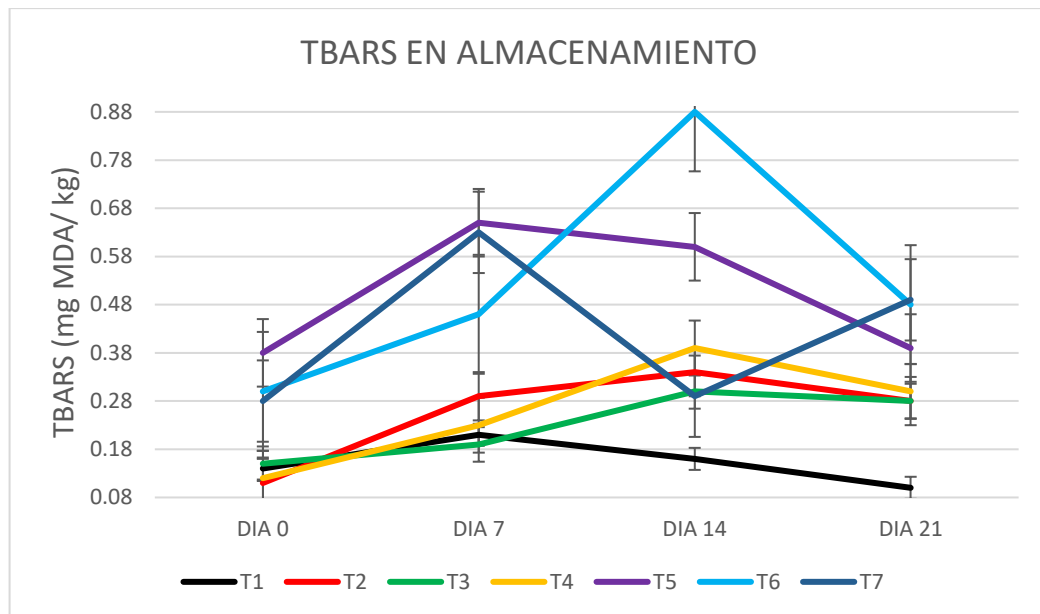


Figura 2. Comportamiento de la oxidación lipídica de la carne de cerdo procesada mediante *sous vide* y almacenada durante 21 días a 2°C, donde T1: Carne cruda, T2: 60°C/2h, T3: 60°C/3h, T4: 60°C/4h, T5: 80°C/2h, T6: 80°C/3h, T7: 80°C/4h.

En la figura 2 se observa que los tratamientos cocinados a 60°C inicialmente presentan valores similares, luego aumentan gradualmente hasta el día 14, posteriormente comienzan a caer en el día 21 presentado valores similares también. Por otro lado también se observa que los tratamientos T1 (Carne cruda) y T5 (80°C/2h) aumentan su oxidación en el día 7 y comienzan a caer hasta el día 21, en la figura también se observa que los tratamientos T6 (80°C/3h) Y T7 (80°C/4h) inicialmente tienen un comportamiento similar pero pasando los 7 días de almacenamiento toman un comportamientos muy diferentes, pero en el día 21 presentan valores similares entre ellos. Díaz *et al.*, (2008), reportó que el TBARS también aumentó ($P < 0,05$) hasta semana 5, antes de caer ($P < 0,05$) en la semana 10, esto en el lomo de cerdo procesada a 70°C/12h, comparando con nuestros resultados la mayoría de nuestros tratamientos comienzan a caer desde el día 14 (2 semanas), esta diferencia posiblemente se dio a la diferencia del tiempo de cocción.

Una temperatura de cocción de entre 63 y 70°C es óptima para la liberación de hierro, el catalizador principal de la rancidez oxidativa en los alimentos de músculo



(Arowolo *et al.*, 2019); por otro lado Estévez, (2005) menciona que el TBARS aumenta con la temperatura; ya que la interacción entre el oxígeno molecular y los lípidos del músculo se incrementa con ella, en los resultados se observa que los tratamientos sometidos a 80°C inician con una mayor oxidación y a lo largo del almacenamiento no se mantienen estables. En los resultados también podemos observar que no se encontraron valores mayores ni iguales a 1 mg MDA/ kg la cual significa que una carne procesada mediante *suos vide* usando temperaturas bajas y tiempos largos de cocción presenta una carne aceptable para el consumo humano puesto que Warriss, (2003); menciona que valores por encima de 0.5 mg MDA/ kg indican cierto grado de oxidación y un valor de 1 mg MDA/ kg indica una carne no aceptable para el consumo humano, así mismo Díaz *et al.*, (2008), reportó que el lomo de cerdo procesada a 70°C/12h presenta 0.16 mg MDA/ kg de muestra, es un valor medio a lo determinado en esta investigación esto posiblemente se originó por la diferencia de tiempo y temperatura de cocción.

En la tabla 2 de los resultados podemos observar que la carne tratada a 80°C/2h presenta mayor cantidad de ácidos polinsaturados (PUFAS) y también es el tratamiento que comienza con mayor oxidación lipídica entonces Martín *et al.*, (2004) mencionan que a medida que el grado de insaturación aumenta, la cantidad de compuestos primarios de la oxidación incrementan, y se acumulan al final del período de inducción, los ácidos grasos de la carne que sufren mayor oxidación son: C18:0 , C18:1, C18:2 , C18:3. Sánchez *et al.*, (2012) reportó un aumento en la oxidación de lípidos con tiempos más largos y a 60°C, y de una disminución al cocinar a 80°C, se podría entender que las altas temperaturas de cocción y los tiempos conducirían a más oxidación de lípidos. Sin embargo, los compuestos medidos por el ensayo de TBA son altamente reactivos por lo tanto, reaccionan adicionalmente con otros compuestos presentes en la carne, tales como proteínas y aminoácidos, dando lugar a una variedad de diferentes compuestos. Parece,



pues, lógico que a una temperatura más alta aumentan las reacciones oxidativas; así mismo Soladoye *et al.*, (2015), menciona que productos cárnicos son sometidos a varios procesos considerados para favorecer la oxidación como el envejecimiento, triturado, rebanado y cocción.

4.2.2. CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS.

4.2.2.1. COLOR

4.2.2.1.1. Parámetro L (luminosidad) del color de la carne de cerdo procesada mediante *sous vide* y almacenada durante 21 días a 2 °C.

En la figura 3 se muestra el comportamiento del color para el parámetro L (luminosidad), de la carne de cerdo procesada mediante *sous vide* y almacenada durante 21 días a 2 °C, donde se observan diferencias significativas en la luminosidad durante el periodo de almacenamiento (21 días). Los factores tiempo y temperatura cocción y la interacción de ambas presentaron efecto significativo sobre la luminosidad. El tratamiento con mejor estabilidad de luminosidad es el tratamiento T5 (80°C/2h), la cual se trata de mantener durante el periodo de almacenamiento.

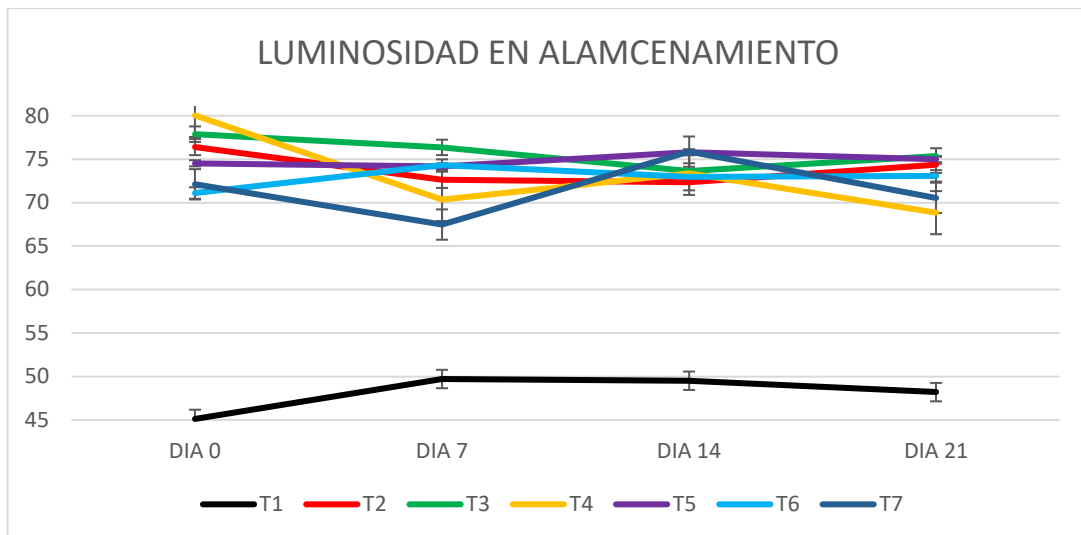


Figura 3. Comportamiento de la luminosidad del color de la carne de cerdo procesada mediante *sous vide* y almacenada durante 21 días a 2°C, donde T1: Carne cruda, T2: 60°C/2h, T3: 60°C/3h, T4: 60°C/4h, T5: 80°C/2h, T6: 80°C/3h, T7: 80°C/4h.

En la figura 3 se observa que los tratamientos T2 (60°C/2h) y T3 (60°C/3h), tienen un similar comportamiento, inicialmente disminuyen hasta el día 14, posteriormente suben en el día 21, por otro lado los tratamientos T4(60°C/4h) y T7 (80°C/4h) presentan similares comportamientos donde inicialmente bajan luego suben y finalmente vuelven a bajar, ocurre todo lo contrario con el T6 (80°C/3h). Díaz *et al.*, (2008), indica que el lomo de cerdo procesada a 70°C/12h lque a las 5 semanas la luminosidad aumenta, posteriormente en la semana 10 disminuye la en, en la figura 3 se observa que el unico tratamiento que tiene este comportamiento es el T5 (80°C/2h).

4.2.2.1.2. Parámetro a* (enrojecimiento) del color de la carne de cerdo procesada mediante *sous vide* y almacenada durante 21 días a 2 °C.

En la figura 04 se muestra el comportamiento del color para el parámetro a* (enrojecimiento), de la carne de cerdo procesada mediante *sous vide* y almacenada durante 21 días a 2 °C, se determinó un efecto significativo de los factores tratamiento y

tiempo de conservación sobre el enrojecimiento de la carne de cerdo procesada mediante *sous vide*.

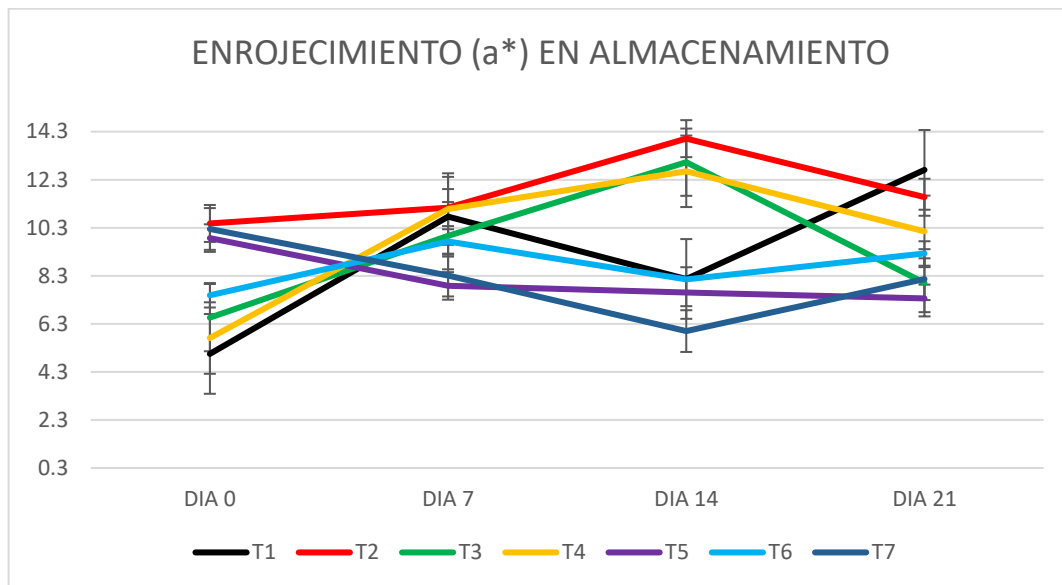


Figura 4. Comportamiento del enrojecimiento del color de la carne de cerdo procesada mediante *sous vide* y almacenada durante 21 días a 2°C, donde T1: Carne cruda, T2: 60°C/ 2h, T3: 60°C/3h, T4: 60°C/4h, T5: 80°C/2h, T6: 80°C/3h, T7: 80°C/4h.

En la figura 4 se observa que los tratamientos T2 (60°C/ 2h), T3 (60°C/ 3h) y T4 (60°C/ 4h), inicialmente aumentan su enrojecimiento hasta el día 14, posterior a este día disminuye el enrojecimiento de la carne de cerdo, caso contrario ocurre con el T7 (80°C/4h), también se observa que los tratamientos T1 (carne cruda) y T6 (80°C/3h), inicialmente aumentan y luego disminuyen y finalmente aumentan su enrojecimiento, el T5(80°C/2h) es el único tratamiento que se mantiene casi constante durante el periodo de almacenamiento. Díaz *et al.*, (2008), reportó que a las 5 semanas el enrojecimiento aumenta, posteriormente en la semana 10 disminuye en el lomo de cerdo procesada a 70°C/12h, comparando con nuestros resultados 3 tratamientos aumentan hasta el día 14 posteriormente cae el enrojecimiento. El aumento del color amarillento de la caballa cocida al vacío durante el tiempo de almacenamiento se debe probablemente a la

acumulación de compuestos de color amarillento generados por la descomposición y polimerización de productos primarios de oxidación de lípidos (Cropotovaa *et al.*,2019).

4.2.2.1.3. Parámetro b*(amarillamiento) del color de la carne de cerdo procesada mediante *sous vide* y almacenada durante 21 días a 2 °C.

En la figura 05 se muestra el comportamiento del color para el parámetro b* (amarillamiento), de la carne de cerdo procesada mediante *sous vide* y almacenada durante 21 días a 2 °C, donde se observa que los tratamientos son significativamente diferentes con respecto al tiempo de almacenamiento.

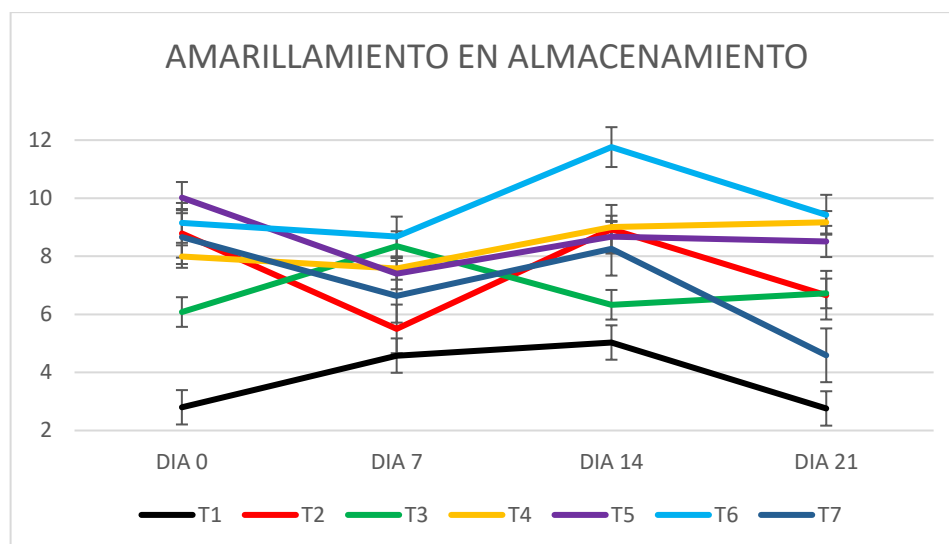


Figura 5. Comportamiento del amarillamiento del color de la carne de cerdo procesada mediante *sous vide* y almacenada durante 21 días a 2°C, donde T1: Carne cruda, T2: 60°C/2h, T3: 60°C/3h, T4: 60°C/4h, T5: 80°C/2h, T6: 80°C/3h, T7: 80°C/4h.

En la figura 5 se puede observar que los valores del parámetro b* no tienen tendencia fijada ninguno de los tratamientos, en la cual los tratamientos T4 (60°C/4h) y T6 (80°C/3h) presenta una leve disminución durante los 7 días posteriormente el tratamiento T6 (80°C/3h) se dispara en el día 14 y finalmente disminuye en el día 21, el tratamiento T4 (80°C/2h) se trata de mantener durante su almacenamiento. Por otro lado los tratamientos T5 (80°C/2h) y T7 (80°C/4h) primeramente disminuyen hasta el día 7

y luego presentan un leve crecimiento en el día 14 y al final en el día 21 uno se mantiene (T5) y el otro disminuye drásticamente (T7) y los comportamientos de los tratamientos T2 y T4 son inversamente. Díaz *et al.*, (2008), reportó que el amarillez cae drásticamente a las 5 semanas en el lomo de cerdo procesada a 70°C/12h, comparando con nuestros resultados no se observa un comportamiento similar.

4.2.2.2. ACIDEZ

En la figura 6 se muestra el comportamiento de la acidez de la carne de cerdo procesada mediante *sous vide* y almacenada durante 21 días a 2°C, donde se observa valores medios comprendidos entre 0.111% y 0.201% de ácido láctico. Se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos durante los 21 días de almacenamiento, donde los factores tratamiento y tiempo de almacenamiento presentaron un efecto estadísticamente significativo sobre la acidez con un 95.0% de nivel de confianza.

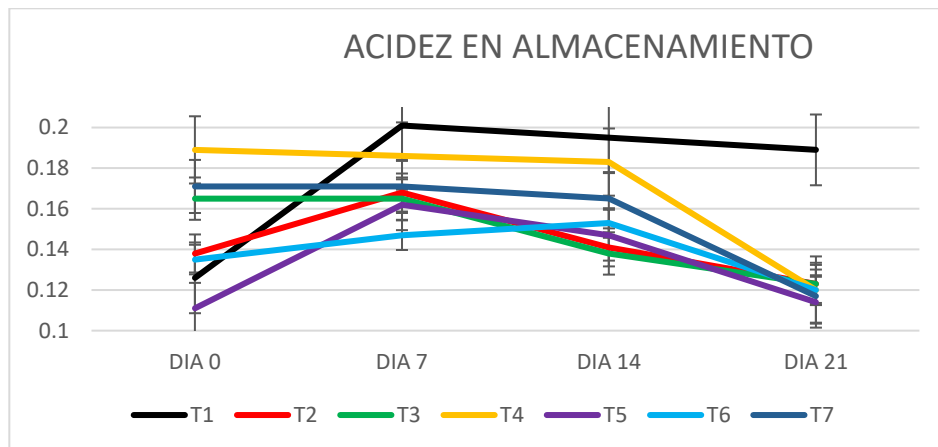


Figura 6. Comportamiento de la acidez de la carne de cerdo procesada mediante *sous vide* y almacenada durante 21 días a 2°C, donde T1: Carne cruda, T2: 60°C/ 2h, T3: 60°C/3h, T4: 60°C/4h, T5: 80°C/2h, T6: 80°C/3h, T7: 80°C/4h.

En la Figura 6 se observa los valores de los tratamientos T1 (Carne cruda), T2 (60°C/ 2h), T3 (60°C/ 3h), T5 (80°C/ 2h), Y T7 (70°C/4h) aumentan su acidez hasta el día 7 y posteriormente disminuyen en los días 14 y 21; en el tratamiento T4 (60°C/ 4h),

los valores disminuyen a medida que va pasando los días y en el tratamiento T5 (80°C/3h), se observa que los valores suben hasta el día 14 y disminuye en el día 21.

Díaz *et al.*, (2008), señala que el lomo de cerdo procesada a 70°C/12h presenta un acidez de 0.21 % de ácido láctico el cual aumenta en la semana 5 de su almacenamiento, comparando con los valores de la tabla anterior se observa que son valores más bajos, así mismo NTP (2006), indica que la acidez para productos cárnicos se encuentra entre 0.25 y 0.50, comparados con los resultados obtenidos, se encuentran en los niveles establecidos para consumo humano.

4.2.2.3. pH

En la figura 7 se muestra el comportamiento del pH de la carne de cerdo procesada mediante *sous vide* y almacenada durante 21 días a 2°C, donde los valores medios oscilan entre 5.73 y 6.3, la interacción del tiempo de almacenamiento y tratamientos tienen un efecto estadísticamente significativo sobre el pH con un 95.0% de nivel de confianza % y también se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos durante los 21 días de almacenamiento.

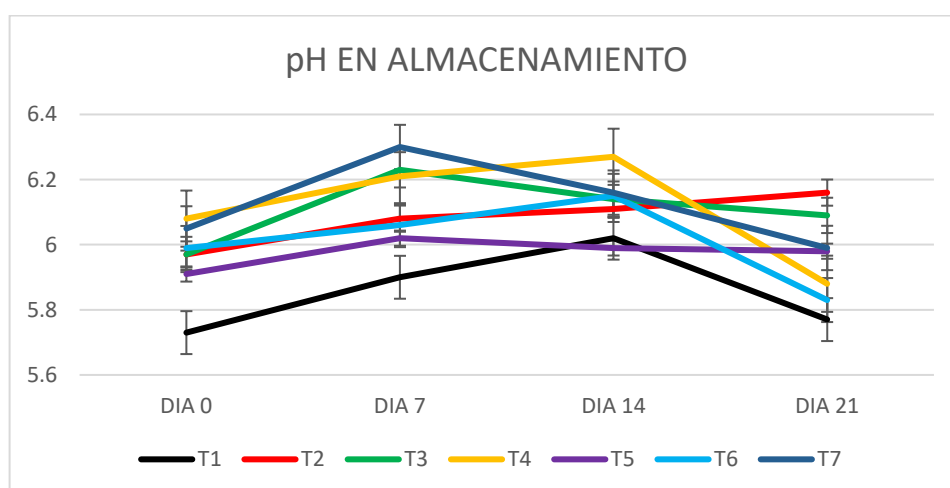


Figura 7. Comportamiento del pH de la carne de cerdo procesada mediante *sous vide* y almacenada durante 21 días a 2°C, donde T1: Carne cruda, T2: 60°C/2h, T3: 60°C/3h, T4: 60°C/4h, T5: 80°C/2h, T6: 80°C/3h, T7: 80°C/4h.

Un crecimiento significativo de bacterias ácido lácticas durante el almacenamiento puede producir un aumento de la acidez y disminución del pH, debido al incremento en el contenido de ácido láctico resultante de la actividad metabólica (Díaz, 2009), en la figura 6 de la acidez se observa que todos los tratamientos aumentan o se mantienen hasta el día 7, posteriormente disminuyen, pero también se observa que el pH inicialmente aumenta en los días 7 y 14 ya posteriormente cae, lo cual no se cumple lo mencionado por el autor.

En los resultados se observa que en el día 0 la carne cruda presenta menor pH a diferencia de los tratamientos sometidos a cocción entonces Oz & Seyyar, (2016) indica que un aumento en el valor del pH de la carne durante la cocción se atribuye generalmente a la rotura de los enlaces que implican grupos imidazol, sulfhidrilo e hidroxilo; así mismo Díaz *et al.*, (2008), señala que el lomo de cerdo procesada a 70°C/12h, aumenta el pH en la semana 5 de su almacenamiento y posteriormente disminuye, en los resultados se observa que el pH de la mayoría de los tratamientos aumenta hasta el día 14 posteriormente comienzan a caer en el día 21 de su almacenamiento, esta diferencia posiblemente se origina por la diferencia de tiempo de cocción.

4.2.2.4. ACTIVIDAD DE AGUA (a_w).

En la figura 8 se muestra el comportamiento de la actividad de agua (a_w) de la carne de cerdo procesada mediante *sous vide* y almacenada durante 21 días a 2°C, donde los valores medios oscilan entre 0.983 y 0.9952, donde ninguno de los factores o interacciones tiene un efecto estadísticamente significativo sobre la actividad de agua con un 95.0% de nivel de confianza no existiendo diferencias significativas entre los tratamientos durante los 21 días de almacenamiento.

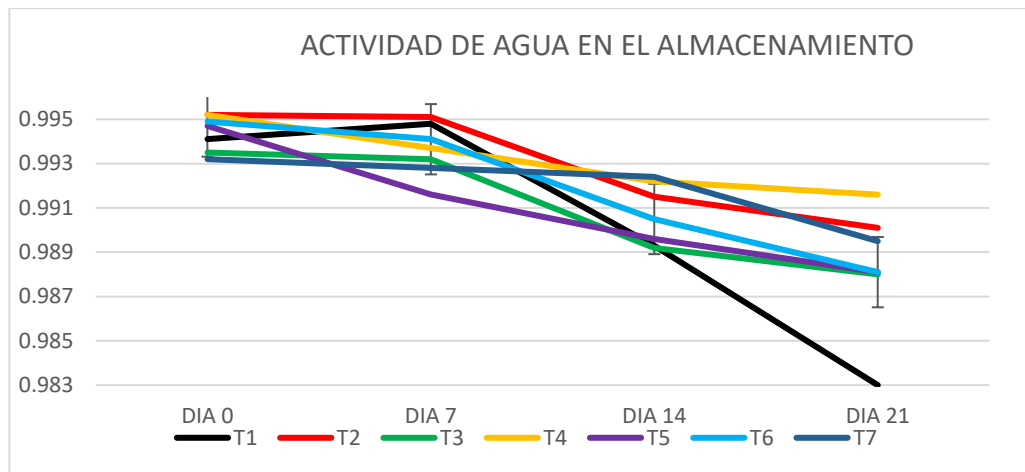


Figura 8. Comportamiento de la actividad de agua de la carne de cerdo procesada mediante *sous vide* y almacenada durante 21 días a 2°C, donde T1: Carne cruda, T2: 60°C/2h, T3: 60°C/3h, T4: 60°C/4h, T5: 80°C/2h, T6: 80°C/3h, T7: 80°C/4h.

En la figura 8 se observa que todos los tratamientos caen en el día 21 de almacenamiento, el tratamiento con una caída más marcada es la carne cruda la cual desciende drásticamente después de los 14 días de almacenamiento, en cambio los de más tratamientos disminuyen lentamente; Bıyıklı *et al.*, (2020), estudio a las chuletas de pavo cocinadas en *sous vide* donde determino que ninguno de los factores de coccion presentaron cambios significativos sobre la actividad de agua.

4.2.2.5. HUMEDAD (%)

En la figura 9 se muestra el comportamiento de la humedad (%) de la carne de cerdo procesada mediante *sous vide* y almacenada durante 21 días a 2°C, donde la interacción de tiempo de almacenamiento y tratamiento tienen un efecto estadísticamente significativo sobre la humedad con un 95.0% de nivel de confianza existiendo diferencias significativas entre los tratamientos durante los 21 días de almacenamiento.

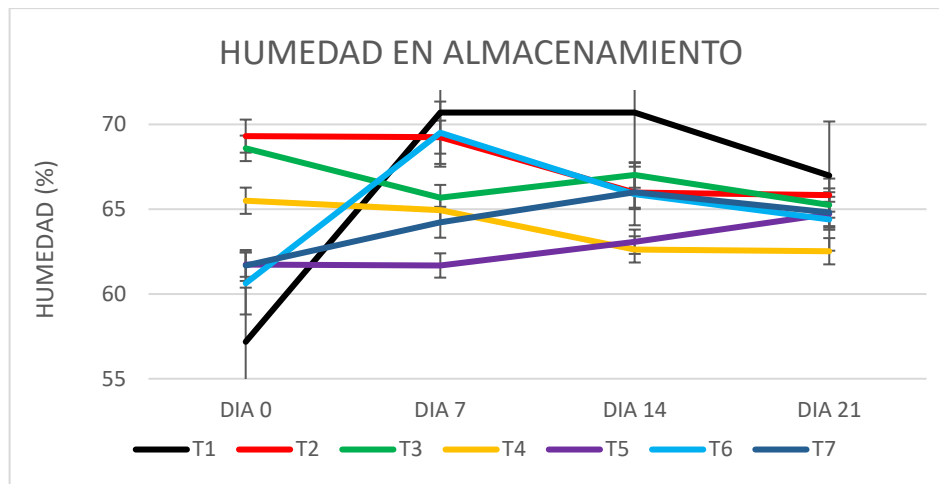


Figura 9. Comportamiento de la humedad de la carne de cerdo procesada mediante *sous vide* y almacenada durante 21 días a 2°C, donde T1: Carne cruda, T2: 60°C/ 2h, T3: 60°C/3h, T4: 60°C/4h, T5: 80°C/2h, T6: 80°C/3h, T7: 80°C/4h.

En la figura 9 se observa que los valores medios oscilan entre 57.18 % y 73.12% de humedad, donde el menor valor determinado corresponde a la carne cruda la cual posteriormente aumenta en los días 7 y 14 pero el día 21 cae la humedad. Los tratamientos T2, T4, T5, mostraron leve diferencia las cuales disminuyeron en el día 21 a diferencia del día 0, caso contrario sucedió en los tratamientos T5, T7, las cuales incrementaron en el día 21.

4.2.3. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO.

4.2.3.1. Bacterias lácticas

En la figura 10 se muestra el comportamiento de las bacterias ácido lácticas de la carne de cerdo procesada mediante *sous vide* y almacenada durante 21 días a 2°C, en la cual se observa valores medios entre 0.4 y 2.78 log cfu / g, donde la población de bacterias ácido lácticas fueron creciendo a lo largo del periodo de almacenamiento, mostrando mayor crecimiento en la carne sin cocinar (T1). Se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos durante los 21 días de almacenamiento.

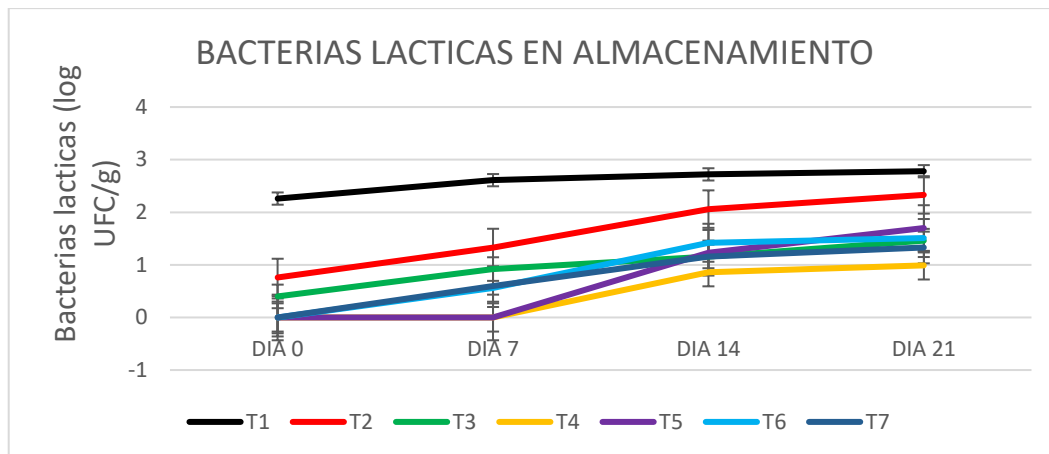


Figura 10. Comportamiento de las bacterias lácticas de la carne de cerdo procesada mediante *sous vide* y almacenada durante 21 días a 2°C, donde T1: Carne cruda, T2: 60°C/2h, T3: 60°C/3h, T4: 60°C/4h, T5: 80°C/2h, T6: 80°C/3h, T7: 80°C/4h.

En la figura 10 se observa que la mayoría de las muestras cosinadas en *sous vide* se encuentran debajo de 2 log CFU/g solo se observa un leve crecimiento de la muestra tratada a 60°C/2h la cual presenta un valor mas alto que 2 log CFU/g en el día 21 de su almacenamiento, entonces Botinestean *et al.*, (2016), indica que la carne cocinada en *Sous-vide* a una temperatura de 60°C para 270 min se ha demostrado previamente para dar lugar a reducciones de LAB hasta por debajo de 2 log CFU / g.

Un crecimiento significativo de bacterias ácido lácticas durante el almacenamiento puede producir un aumento de la acidez y disminución del pH, debido al incremento en el contenido de ácido láctico resultante de la actividad metabólica (Díaz, 2009), comparando la figura 6 y 7 se puede observar que la unica muestra que tiene el mismo comportamiento es la carne cruda.



V. CONCLUSIONES

Se encontró efecto significativo solo del factor temperatura de cocción sobre el ácido Eicosenoico Cis-11 y el Ácido Linolénico C18:3n3. Los factores temperatura y la interacción de tiempo y temperatura de cocción presentaron efecto significativo sobre el Ácido Elaidico C18:1n9trans y el Ácido Oleico C18:1n9c. El Ácido Pentadecanoico C15:0, Ácido Linoleico C18:2n6c, y el Ácido Behenico C22:0 presentaron efecto significativo de los factores tiempo y temperatura de cocción y la interacción de ambos, pero no hubo efecto significativo sobre el Ácido mirístico C14:0, Ácido Palmítico C16:0, Ácido Palmitoleico C16:1n7, Ácido heptadecanoico C17:0, Ácido esteárico C18:0 y el Ácido Araquídico C20:0.

La evaluación del efecto del tiempo y temperatura de cocción mostraron efectos significativos sobre casi todas las características fisicoquímicas pero para la actividad de agua no se encontró efecto significativo del tiempo y temperatura de cocción. La carne tratada a 60°C/2h presentó mejores valores del color (a^*) y el % de humedad, pero la carne tratada a 80°C/2h presentó mejores valores de textura y acidez. No se encontró presencia de bacterias coliformes fecales y hubo mínima presencia de bacterias lácticas.

Los factores tratamiento y tiempo de almacenamiento presentaron efectos significativas sobre el TBARS (oxidación lipídica), las características fisicoquímicas y microbiológicas de la carne de cerdo procesada mediante *sous vide* y almacenada durante 21 días; siendo el tratamiento T4 (60°C/3h) con mejor estabilidad de oxidación lipídica y color a lo largo del periodo de almacenamiento, el pH aumentó en el día 21 en los tratamientos sometidos a 60°C de cocción pero ocurrió lo contrario con los tratamientos a 80°C estos disminuyeron en el almacenamiento, en la humedad ocurrió lo contrario los



tratamientos a 60°C disminuyeron y a 80°C aumentaron, la cantidad de presencia de bacterias lácticas aumentan con respecto al tiempo de almacenamiento.

VI. RECOMENDACIONES

Determinar el perfil de ácidos grasos por otro método para poder identificar más cantidad de ácidos grasos presentes en la carne de cerdo.

Realizar un estudio de la optimización de los factores tiempo y temperatura de cocción para la carne de cerdo.

Realizar pruebas de análisis sensorial con un panel entrenado para estudiar el efecto del tiempo y temperatura de cocción sobre las características sensoriales de la carne de cerdo procesada mediante *sous vide*.

Realizar un estudio comparando el *sous vide* con otros métodos de cocción.



VII. REFERENCIAS

- A.O.A.C. (2000). *Oficial methods of analysis*. Washinton,D.C.: E.U.A:Association of Official analytical Chemists.
- Andrés, A. I., Cava, R., Ventanas, J., Muriel, E., & Ruiz, J. (2004). Lipid oxidative changes throughout the ripening of dry-cured Iberian hams with different salt contents and processing conditions. *Food Chemistry*, 84, 375–381.
- Añazco, M. (2015). *Efecto del selenio organico sobre las propiedades tecnologicas y la estabilidad oxidativa de la carne de cerdo en congelacion*. Lima-Peru.
- Arowolo, F., Yang, X., & Blaser, M. (2019). Presence of lipid oxidation products in swine diet lowers pork quality and stability during storage. *Meat Science*, S0309-1740(19)30183-4.
- Ayub, H., & Ahmad, A. (2019). Physiochemical Changes in Sous-Vide and Conventionally Cooked Meat. *Int. J. Gastron. Food Sci.*, 17, 100-145.
- Bello, J. (2008). Jamon Curado. *Aspectos cientieficos y tecnologicos*.
- Bhat, Z., Mortona, J., Zhanga, X., Masona, S., & Bekhitb, A. (2020). Sous-vide cooking improves the quality and in-vitro digestibility of Semitendinosus from culled dairy cows. *Food Research International*, 127 (2020) 108708.
- Bıyıklı, M., Akoğlu, A., Kurhan, Ş., & Akoğlu, İ. (2020). Effect of different Sous Vide cooking temperature-time combinations on the physicochemical, microbiological, and sensory properties of Turkey cutlet. *International Journal of Gastronomy and Food Science*.
- Botinestean, C., Keenan, D., Kerry, J., & Hamill, R. (2016). The effect of thermal treatments including sous-vide, blast freezing and their combinations on beef tenderness of M. semitendinosus steaks targeted at elderly consumers. *LWT - Food Science and Technology*, 74, 154–159.
- Brody, A. (2003). Predicting Packaged Food Shelf Life. *Food Technology*.



- Chaijan, M., & Panpitat, W. (2017). *Mechanism of oxidation in foods of animal origin. Natural antioxidants: Applications in foods of animal origin*. Canada: Apple Academic Press: R. Banerjee, A. K. Verma, & M. W. Siddiqui .
- Church, I., & Parsons, A. (2000). The sensory quality of chicken and potato products prepared using cook-chill and sous vide methods. *International Journal of Food Science and Technology*, 35(2),155-162.
- Cropotova, J., Mozuraityte, R., Beate, I., Cropotova, T., Mozuraityte, R., & Standal, I. (2018). A non-invasive approach to assess texture changes in sous-vide cooked Atlantic Janna Cropotova, Revilija Mozuraityte, Inger Beate Standal,. *Food Control*.
- Cropotova, J., Mozuraityte, R., Standal, I., & Rustada, T. (2019). Assessment of lipid oxidation in Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*) subjected to different antioxidant and sous-vide cooking treatments by conventional and fluorescence microscopy methods. *Food Control*, 104, 1-8.
- Díaz Molins, P. (2009). *Calidad y deterioro de platos "sous vide" preparados a base de carne y pescado y almacenados en refrigeración*. Murcia.
- Díaz, P., Nieto, G., Garrido, M., & Bañón, S. (2008). Microbial, physical–chemical and sensory spoilage during the refrigerated storage of cooked pork loin processed by the sous vide method. *Meat Science*, 80, 287-292.
- Djinovic, M., Nikolic, M., Vranic, V., Babic, A., Milijasevic, P., Pezo, L., & Jankovic, D. (2017). Zinc and magnesium in different types of meat and meat products from the Serbian market. *J. Food Compos*, 59, 50–54.
- Dominguez, E., Salaseviciene, A., & Ertbjerg, P. (2018). Low-temperature long time cooking of meat: eating quality and underlying mechanisms. . *Meat Sci.*, 143, 104–113.
- Echevarría, B., Manzanos, M., Goicoechea, E., & Guillén, M. (2017). Changes provoked by boiling, steaming and sous vide cooking in the lipid and volatile profile of european sea bass. *Food Research International*.



- Espinosa, M., Díaz, P., Linares, M., Teruel, M., & Garrido, M. (2015). Quality characteristics of sous vide ready to eat seabream processed by high pressure. *LWT - Food Science and Technology*, 64(2),657-662.
- Estévez, M. (2005). *Development of novel cooked products using livers, muscles and adipose tissues from Iberian pigs with natural antioxidants*. University of Extremadura, Spain.: Ph thesis.
- Estévez, M. (2017). *Novedades de la carne de oxidación?* Universidad de Extremadura, Cáceres, España.
- Estévez, M. M. (2003). Oxidative and colour changes in meat from three lines of free-range reared Iberian pigs slaughtered at 90 kg live weight and from industrial pig during refrigerated storage. *Meat science*, 65(3), 1139-1146.
- F.K. Arowolo, X. Y. (2019). Presence of lipid oxidation products in swine diet lowers pork quality and stability during storage. *Meat Science*.
- FAO. (2001). *Food and agriculture organization of the United Nations*.
- Farajzadeh, F., Motamedzadegan, A., Shahidi, S., & Hamzeh, S. (2016). The effect of chitosan-gelatin coating on the quality of shrimp (*Litopenaeus vannamei*) under refrigerated condition. . *Food Control* , 67, 163–170.
- Faustman, C., & Suman, S. (2017). *The eating quality of meat: I—Color*. In F. Toldrá. *Cambridge*. Cambridge, UK: Woodhead Publishing.: Lawrie's meat science.
- Frank, D., Pat, S., & L., P. (2003). Improving the Analysis of Fatty Acid Methyl Esters Using Retention Time Locked Methods and Retention Time Databases. *Agilen Technologies*, 3.
- Goethals, S., Van Hecke, T., Vossen, E., Vanhaecke, L., Van Camp, J., & De Smet, S. (2020). Commercial luncheon meat products and their in vitro gastrointestinal digests contain more protein carbonyl compounds but less lipid oxidation products compared to fresh pork. *Food Research International*, S0963-9969(20)30610-4. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109585>



- Haris, A., & Asif, A. (2019). Physiochemical changes in sous-vide and conventionally cooked meat. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, (17),100145.
- Hernandez, E. d. (2016). Effects of modified atmosphere packing over the shelf life of sous vide from captive pirarucu (*Arapaima gigas*). *Innovative Food Science and Emerging Technologies*.
- Hughes, J., Clarke, F., Li, Y., Purslow, P., & Warner, R. (2019). Differences in light scattering between pale and dark beef longissimus thoracis muscles are primarily caused by differences in the myofilament lattice, myofibril and muscle fibre transverse spacings. *Meat Science*, 149,96-106.
- I.A.L. (2008). *Métodos Físico-Químicos Para Análisis de Alimentos* (4 ta ed.). São Paulo: Secretaria de Estado Da Saúde Coordenadoria de Controle de Doenças.
- Isaza, Y., Restrepo, D., & López, J. (2013). Oxidación lipídica y antioxidantes naturales en derivados cárnicos. *Journal of Engineering and Technology*, (2):2256-3903.
- Iulietto, M., Sechi, P., Borgogni, E., & Cenci, B. (2015). Meat Spoilage: A Critical Review of a Neglected Alteration Due to Ropy Slime Producing Bacteria. *talian Journal of Animal Science*, 14, 4011.
- Jeong, K., O, H., Shin, S. Y., & Kim, Y.-S. (2018). Effects of sous-vide method at different temperatures, times and vacuum degrees on the quality, structural, and microbiological properties of pork ham. *Meat Science*, 143, 1-7.
- Kanatt, S., Chawla, S., & Sharma, A. (2015). Effect of radiation processing on meat tenderisation. *Radiat. Phys. Chem.* , 111, 1–8.
- Keenan, D. F., Smyth, T. J., Botinestean, C., Lefranc, C., & Kerry, J. P. (2015). The effect of partial-fat substitutions with encapsulated and unencapsulated fish oils on the technological and eating quality of beef burgers over storage. *Meat Science*, 107,75-85.
- Ki, J., Hyeonbin, O., So, S., & Young, S. (2018). Effects of sous-vide method at different temperatures, times and vacuum degrees on the quality, structural, and microbiological properties of pork ham. . *Meat Science*, 19.



- Laguette, M. L. (2007). Evaluation of the ability of antioxidants to counteract lipid oxidation: Existing methods, new trends and challenges. *Progress in lipid research*, 46(5), 244-282.
- Llave, Y., Shibata-Ishiwatari, N., Watanabe, M., Fukuoka, M., Hamada, N., & Sakai, N. (2017). Analysis of the Effects of Thermal Protein Denaturation on the Quality Attributes of Sous-Vide Cooked Tuna. *J. Food Process. Pres.*, 42:e13347, 1-11.
- López, C., Isabel, B., & Rey, A. (1999). Efecto de la nutrición y del manejo sobre la calidad de la grasa en el cerdo. *XV Curso de Especialización Avances en nutrición y alimentación animal FEDNA*, 223-252.
- Ma, J., Sun, D., & Pu, H. (2016). Model improvement for predicting moisture content (MC) in pork longissimus dorsi muscles under diverse processing conditions by hyperspectral imaging. *Journal of Food Engineering*. doi:10.1016/j.jfoodeng.2016.10.016
- Mamani, L., Cayo, F., & Gallo, C. (2014). Características de canal, calidad de carne y composición química de carne de llama. *una revisión. Rev. Investig. Vet. Perú*, 25(2):123-150. .
- Martin, M., Márquez, G., & Dobarganes, M. (2004). Oxidative stability of sunflower oils differing in unsaturation degree during long-term storage at room temperature. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 81(6), 577-583.
- Melendez, A. (2014). Influencia del selenio en la estabilidad oxidativa de la carne de cerdo. *Tesis*.
- Naveena, B., Khansole, P., Shashi Kumar, M., Krishnaiah, N., Kulkarni, V., & Deepak, S. (2017). Effect of Sous-Vide Processing on Physicochemical, Ultrastructural, Microbial and Sensory Changes in Vacuum Packaged Chicken Sausages. *Food Sci. Technol. Int.*, 23 (1), 75–85.
- Nyati, H. (2000). An evaluation of effect of storage and processing temperatures on the microbiological status of sous vide extended shelf-life products. *Food Control*, 11, 471-476.
- Obuz, E. (2003). *Evaluation and modeling parameters to optimize tenderness of beef biceps femoris and longissimus lumborum muscles*. Kansas State University.



- Oz, F., & Seyyar, E. (2016). Formation of heterocyclic aromatic amines and migration level of bisphenol-A in sous-vide cooked trout fillets at different cooking temperatures and cooking levels. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64(15),3070-3082.
- Oz, F., & Zikirov, E. (2015). The effects of sous-vide cooking method on the formation. *LWT - Food Science and Technology*, 64,120-125.
- Park, C., Lee, B., Oh, E., Kim, Y., & Choi, Y. (2020). Combined effects of sous-vide cooking conditions on meat and sensory quality characteristics of chicken breast meat. *Poultry Science*, 99:3286–3291. doi:<https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.03.004>
- Parker, T., Adams, D., Zhou, K., Harris, M., & Yu, L. (2003). Fatty acid composition and oxidative stability of cold pressed edible seed oils. *Journal of food Science*, 68(4), 1240 -1243.
- Pateiro, M. B., Domínguez, R., Sant'Ana, A., Khaneghah, A., & Gavahian, M. (2018). Essential oils as natural additives to prevent oxidation reactions in meat and meat products. *Food Research International*, 113, 156-166.
- Perez, T., Caballero, D., González, A., & Mir, J. (2019). Near Infrared Reflectance spectroscopy to analyse texture related characteristics of sous vide pork loin. *Journal of Food Engineering.*, 263, 417–423.
- Pettersen, M., Mielnik, M., Eie, T., Skrede, G., & Nilsson, A. (2004). Lipidoxidacion in frozen, mechanically deboned turkey meat as affected by packaging parameters and storage conditions . *poultry science*, 83, 1240-1248.
- Polanco, C. (2016). Comparacion de las características carnicas del jabali (sus acrofa l.) y cerdo domestico (sus acrofa domesticus) bajo un sistema de produccion semi-extensivo. *tesis doctoral. Universidad Austral Chile*, 47-48.
- Purslow, P., Warner, R., Clarke, F., & Hughes, J. (2020). Variations in meat colour due to factors other than myoglobin chemistry; a synthesis of recent findings (invited review). *Meat Science*, 159 (2020) 107941.



- Ramos, D. (2008). Caracterización de la canal y la carne del cerdo criollo y de los productos cárnicos en el departamento de Tumbes – Perú. *Tesis Dr. en Ciencia y Tecnología de los Alimentos. León, ES, Universidad de León.*, 318.
- Rengifo, L., & Ordóñez, E. (2010). *Efecto de la temperatura en la capacidad de retención de agua y pH en carne de res, cerdo, pollo, ovino, conejo y pescado paco*. Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Apartado Postal 156, Tingo María.
- Ripoll, G., Joy, M., Muñoz, F., & Albertí, P. (2008). Meat and fat colour as a tool to trace grass-feeding systems light lamb production. *Meat Science*, 80(2), 238-248.
- Roldán, M., Antequera, T., Armenteros, M., & Ruiz, J. (2014). Effect of different temperature-time combinations on lipid and protein oxidation of sous-vide cooked lamb loins. *Meat Science*, 149, 129-136.
- Roldán, M., Antequera, T., Martín, A., Mayoral, A. I., & Ruiz, J. (2013). Effect of different temperature-time combinations on physicochemical, microbiological, textural and structural features of sous-vide cooked lamb loins. *Meat Science*, 93(3), 572-578.
- Sadeghinejad, N., Sarteshnizi, R., Gavlighi, H., & Barzegar, M. (2019). Pistachio green hull extract as a natural antioxidant in beef patties: Effect on lipid and protein oxidation, color deterioration, and microbial stability during chilled storage. *LWT - Food Science and Technology*, S0023-6438(18)31128-9.
- Samaniego, A., Alvaro, C., & Jaramillo, M. (2017). Aplicación del método sous vide en la elaboración, conservación y almacenamiento de diez tipos de cortes de carne de res. *Tesis- Universidad de Cuenca*, 78.
- Sánchez Del Pulgar, J., Gázquez, A., & Ruiz, J. (2012). Physicochemical, textural and structural characteristics of sous-vide cooked pork cheeks as affected by vacuum, cooking temperature, and cooking time. *Meat Science*, 90(3), 828-835.
- Sanchez J., A. G. (2012). Physico-chemical, textural and structural characteristics of sous-vide cooked pork cheeks as affected by vacuum, cooking temperature, and cooking time. *Meat Science*, 15.



- Sánchez, E., Navarro, C., Sayas, M., Sendra, E., Fernández, J., & Pérez, J. (2010). *Efecto de las condiciones ante-mortem y post-mortem sobre los factores que determinan la calidad de la carne*. Mexico: BM Editores.
- Sasaki, K., Mitsumoto, M., & Kawabata, k. (2001). Relationship between lipid peroxidation and fat content in Japanese Black beef Longissimus muscle during storage. *Meat science*, 59(4), 407-410.
- Smaoui, S., Ben Hsouna, A., Lahmar, A., Ennouri, K., A., M., Sellem, I., Mellouli, L. (2016). Bio-preservative effect of the essential oil of the endemic *Mentha piperita* used alone and in combination with BacTN635 in stored minced beef meat. *Meat Science*, 117,196–204.
- Soladoye, O., Shand, P., Dugan, M., Gariépy, C., Aalhus, J., & Estévez, M. y. (2015). Protein oxidation in processed meat: mechanisms and potential implications on human health. *Food Science and Food Safety*, 14(2), 106-122., 14(2), 106-122.
- Soladoye, O., Shand, P., Dugan, M., Gariépy, C., Aalhus, J., Estévez, M., & Juárez., M. (2017). Influence of cooking methods and storage time on lipid and protein oxidation and heterocyclic aromatic amines production in bacon. *Food Research International*, S0963-9969(17)30283-1. doi:10.1016/j.foodres.2017.06.029
- Sun, S., Sullivan, G., Stratton, J., Bower, C., & Cavender, G. (2017). Effect of HPP treatment on the safety and quality of beef steak intended for sous vide cooking. *LWT - Food Science and Technology*, 86,185-192.
- Trabelsi, S., Slima, N., & Ktari, N. (2019). Incorporation of probiotic strain in raw minced beef meat: Study of textural modification, lipid and protein oxidation and color parameters during refrigerated storage. *Meat Science*, S0309-1740(18)31024-6.
- Uttaroa, B., Zawadskia, S., & McLeodb, B. (2019). Efficacy of multi-stage sous-vide cooking on tenderness of low value beef muscles. *Meat Science*, 149 , 40–46.
- Van Ba, H., Hwang, I., Jeong, D., & Touseef, A. (2012). Principle of Meat Aroma Flavors and Future Prospect. In: latest Research into Quality Control, Dr Mohammad Saber Fallah Nezhad ed.



- Vaudagna, S., Pazos, A., Guidi, S., Sanchez, G., & Carp, D. (2008). Effect of salt addition on sous vide cooked whole beef muscles from Argentina. *Meat Science*, 73(3),470-480.
- Warner, R., McDonnell, C., Bekhit, A., Claus, J., Vaskoska, R., & Sikes, A. (2017). Systematic review of emerging and innovative technologies for meat tenderisation. *Meat Sci*, 132,72–89.
- Warriss, P. (2003). *Ciencia de la Carne*. España: Acribia.
- Yang, X., Wanga, H., Badonia, M., Zawadskia, S., McLeodb, B., & Holmana, D. (2020). Effects of a novel three-step sous-vide cooking and subsequent chilled storage on the microbiota of beef steaks. *Meat Science.*, 159 (2020) 107938.
- Zielbauer, B., Franz, J., Viezens, B., & Vilgis, T. (2016). Physical Aspects of Meat Cooking: Time Dependent Thermal Protein Denaturation and Water Loss. *Food Biophys.* , 11, 34-42.



ANEXOS

ANEXO I. RESULTADOS DEL PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS DE LA CARNE DE CERDO PROCESADA MEDIANTE *SOUS VIDE*.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS

LABORATORIO DE CROMATOGRAFIA Y ESPECTROMETRÍA - Pabellón de Control de Calidad
AV. De la Cultura 733 CUSCO-PERÚ Contacto 973868855

RESULTADOS

Cusco, 01 de Marzo del 2019

Solicitante : Juan Marcos Aro Aro (Ruth Yanapa, Sheila Percca, Nilda Barrientos)
Tipo de Análisis : Determinación de Acidos Grasos
Metodo : Cromatografía de Gases GC-MS.
Tipo de Muestras : Sobres de olasrico sellados con Carne
Cantidad de Muestra : 15 aprox. 50 gr de cada uno codificados como :
Almacenamiento : 4 °C.

Condiciones de Análisis de Ácidos Grasos

Cromatógrafo: Agilent 6890N
Software de Control: Chemstation B.030
Detector de Masas Agilent: 5975B
Energía de Ionización: 70eV
Modo de Ionización: Impacto Electrónico (IE)
Modo de escaneo de masas: 40 400 uma
Retraso del disolvente: 7.0 minutos

Inyector Automático: Agilent 7683B
Columna: DB-23, 60m x I.D 0.250 x 0.15um
Film.

Condiciones del cromatografo.

Temperatura del Horno inicial 135°C
Rampa:

Pasos	°C/min	temp °C	Final time
Inic.	0	135	
1	0	135	5.00
2	5.00	230	12.00

Tiempo de Corrida: 35.00 min

Puerto de Inyección

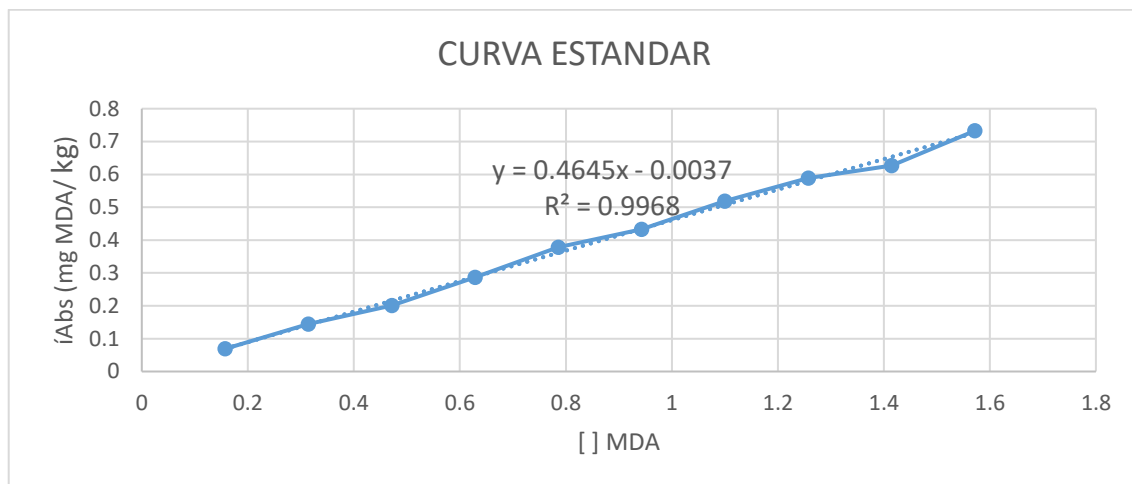
Modo: Split
Relación de Split: 1:1
Temp. Inicial: 250 °C
Tipo de Gas: Helio
Flujo: 0.7 mL/min
Volumen de Inyección: 1.0uL

Quim. Jorge Choquenaira Parí
Analista del Laboratorio de Cromatografía y
Espectrometría - UNSAAC.
CQP - 914

ANEXO II. DATOS PARA DETERMINAR LA CURVA ESTÁNDAR DEL TBARS.

MDA (μ l)	[] MDA	Abs (mg MDA/ kg)
20	0.1572	0.069
40	0.3143	0.144
60	0.4715	0.201
80	0.6286	0.2863
100	0.7858	0.378
120	0.9429	0.433
140	1.1001	0.5183
160	1.2572	0.589
180	1.4144	0.627
200	1.5715	0.7327

ANEXO III. ECUACIÓN DE LA CURVA ESTÁNDAR DEL TBARS.





ANEXO IV. EVALUACIÓN SENSORIAL




NOMBRES Y APELLIDOS: _____

EDAD: _____ SEXO: _____

Marque con una X el número que considere más acorde con la descripción mostradas a continuación

CÓDIGO		ATRIBUTOS									
○			1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Apariencia										
	Color										
	Aroma										
	Textura										
	Sabor										
	Jugosidad										
CÓDIGO		ATRIBUTOS									
☺			1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Apariencia										
	Color										
	Aroma										
	Textura										
	Sabor										
	Jugosidad										
CÓDIGO		ATRIBUTOS									
∩			1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Apariencia										
	Color										
	Aroma										
	Textura										
	Sabor										
	Jugosidad										
CÓDIGO		ATRIBUTOS									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9



	Apariencia									
	Color									
	Aroma									
	Textura									
	Sabor									
	Jugosidad									
CÓDIGO	ATRIBUTOS									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Apariencia									
	Color									
	Aroma									
	Textura									
	Sabor									
Jugosidad										
CÓDIGO	ATRIBUTOS									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Apariencia									
	Color									
	Aroma									
	Textura									
	Sabor									
Jugosidad										



LEYENDA

APARIENCIA Y COLOR

- 1) Extremadamente aceptable
- 2) Aceptable
- 3) Moderadamente aceptable
- 4) Poco aceptable
- 5) Me es indiferente
- 6) Poco inaceptable
- 7) Moderadamente inaceptable
- 8) Inaceptable
- 9) Extremadamente inaceptable

AROMA

- 1) Extremadamente suave
- 2) Suave
- 3) Moderadamente suave
- 4) Ligeramente suave
- 5) Me es indiferente (sin olor)
- 6) Ligeramente fuerte
- 7) Moderadamente fuerte
- 8) Fuerte

TEXTURA

- 1) Extremadamente tierno
- 2) Tierno
- 3) Moderadamente tierno
- 4) Ligeramente tierno
- 5) Me es indiferente
- 6) Ligeramente duro
- 7) Moderadamente duro
- 8) Duro
- 9) Extremadamente duro

SABOR

- 1) Extremadamente aceptable
- 2) Aceptable
- 3) Moderadamente aceptable
- 4) Poco aceptable
- 5) me es indiferente
- 6) Poco inaceptable
- 7) Moderadamente inaceptable
- 8) Inaceptable
- 9) Extremadamente inaceptable

JUGOSIDAD

- 1) Extremadamente jugoso
- 2) Jugoso
- 3) Moderadamente jugoso
- 4) Poco jugoso
- 5) me es indiferente
- 6) Poco seco
- 7) Moderadamente seco
- 8) Seco
- 9) Extremadamente seco

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL PRIMER OBJETIVO.

ANEXO V Análisis de Varianza para ACIDO MIRÍSTICO C14:0 - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					



A:TEMPERATURA	0.0242	1	0.0242	1.26	0.3241
B:TIEMPO	0.01445	1	0.01445	0.75	0.4343
INTERACCIONES					
AB	0.04205	1	0.04205	2.19	0.2128
RESIDUOS	0.0767	4	0.019175		
TOTAL (CORREGIDO)	0.1574	7			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

ANEXO VI. Análisis de Varianza para C15:0 - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:TEMPERATURA	11.1392	1	11.1392	12042.38	0.0000
B:TIEMPO	1.53125	1	1.53125	1655.41	0.0000
INTERACCIONES					
AB	1.53125	1	1.53125	1655.41	0.0000
RESIDUOS	0.0037	4	0.000925		
TOTAL (CORREGIDO)	14.2054	7			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

Pruebas de Múltiple Rangos para C15:0 por TEMPERATURA

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>TEMPERATUR</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
A				
1	4	0	0.0152069	a



2	4	2.36	0.0152069	b
---	---	------	-----------	---

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
1 - 2	*	-2.36

Pruebas de Múltiple Rangos para C15:0 por TIEMPO

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>TIEMPO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
1	4	0.7425	0.0152069	a
2	4	1.6175	0.0152069	b

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
1 - 2	*	-0.875

* indica una diferencia significativa.

ANEXO VII. Análisis de Varianza para C16:0 - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:TEMPERATURA	12.6504	1	12.6504	0.41	0.5560
B:TIEMPO	25.5612	1	25.5612	0.83	0.4133
INTERACCIONES					
AB	24.2208	1	24.2208	0.79	0.4248
RESIDUOS	122.919	4	30.7297		
TOTAL (CORREGIDO)	185.351	7			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

Análisis de Varianza para C16:1n7 - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:TEMPERATURA	0.588612	1	0.588612	2.34	0.2008
B:TIEMPO	0.285012	1	0.285012	1.13	0.3471
INTERACCIONES					
AB	1.17811	1	1.17811	4.68	0.0964
RESIDUOS	1.00595	4	0.251487		
TOTAL (CORREGIDO)	3.05769	7			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual



ANEXO VIII. Análisis de Varianza para C17:0 - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>de Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:TEMPERATURA	0.0136125	1	0.0136125	1.15	0.3430
B:TIEMPO	0.0003125	1	0.0003125	0.03	0.8786
INTERACCIONES					
AB	0.0028125	1	0.0028125	0.24	0.6508
RESIDUOS	0.04715	4	0.0117875		
TOTAL (CORREGIDO)	0.0638875	7			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

ANEXO IX. Análisis de Varianza para C18:0 - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>de Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:TEMPERATURA	143.397	1	143.397	2.82	0.1686
B:TIEMPO	5.20031	1	5.20031	0.10	0.7653
INTERACCIONES					
AB	147.147	1	147.147	2.89	0.1644
RESIDUOS	203.681	4	50.9204		



TOTAL (CORREGIDO)	499.426	7			
----------------------	---------	---	--	--	--

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

ANEXO X. Análisis de Varianza para C18:1n9c - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:TEMPERATURA	1.61101	1	1.61101	48.11	0.0023
B:TIEMPO	0.0300125	1	0.0300125	0.90	0.3974
INTERACCIONES					
AB	0.644112	1	0.644112	19.23	0.0118
RESIDUOS	0.13395	4	0.0334875		
TOTAL (CORREGIDO)	2.41909	7			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

Pruebas de Múltiple Rangos para C18:1n9c por TEMPERATURA

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>TEMPERATUR</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
A				
1	4	1.54	0.091498	a
2	4	2.4375	0.091498	b

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	-0.8975	0.359267

* indica una diferencia significativa.



Pruebas de Múltiple Rangos para C18:1n9c por TIEMPO

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>TIEMPO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
1	4	1.9275	0.091498	a
2	4	2.05	0.091498	a

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
1 - 2		-0.1225

ANEXO XI. Análisis de Varianza para C18:1n9t - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>de Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:TEMPERATURA	159.937	1	159.937	52.96	0.0019
B:TIEMPO	2.11151	1	2.11151	0.70	0.4501
INTERACCIONES					
AB	39.6495	1	39.6495	13.13	0.0223
RESIDUOS	12.0794	4	3.01984		
TOTAL (CORREGIDO)	213.777	7			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

Pruebas de Múltiple Rangos para C18:1n9t por TEMPERATURA

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>TEMPERATUR</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i> <i>LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
A				
1	4	21.525	0.868884	a
2	4	30.4675	0.868884	b

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
1 - 2	*	-8.9425

* indica una diferencia significativa.

ANEXO XII. Análisis de Varianza para C18:2n6c - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de</i> <i>Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado</i> <i>Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:TEMPERATURA	3.36701	1	3.36701	213.95	0.0001
B:TIEMPO	0.851513	1	0.851513	54.11	0.0018
INTERACCIONES					
AB	1.64711	1	1.64711	104.66	0.0005
RESIDUOS	0.06295	4	0.0157375		
TOTAL (CORREGIDO)	5.92859	7			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual



Pruebas de Múltiple Rangos para C18:2n6c por TEMPERATURA

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>TEMPERATUR</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
A				
1	4	7.065	0.0627246	a
2	4	8.3625	0.0627246	b

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
1 - 2	*	-1.2975

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para C18:2n6c por TIEMPO

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>TIEMPO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
1	4	7.3875	0.0627246	a
2	4	8.04	0.0627246	b

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
1 - 2	*	-0.6525

* indica una diferencia significativa.



ANEXO XIII. Análisis de Varianza para C18:3n3 - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>de Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:TEMPERATURA	0.308113	1	0.308113	53.47	0.0019
B:TIEMPO	0.0378125	1	0.0378125	6.56	0.0625
INTERACCIONES					
AB	0.0066125	1	0.0066125	1.15	0.3444
RESIDUOS	0.02305	4	0.0057625		
TOTAL (CORREGIDO)	0.375588	7			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

Pruebas de Múltiple Rangos para C18:3n3 por TEMPERATURA

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>TEMPERATUR</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
A				
1	4	0.04	0.0379556	a
2	4	0.4325	0.0379556	b

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
1 - 2	*	-0.3925

* indica una diferencia significativa.

ANEXO XIV. Análisis de Varianza para C20:0 - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:TEMPERATURA	0.2738	1	0.2738	2.11	0.2200
B:TIEMPO	0.05445	1	0.05445	0.42	0.5525
INTERACCIONES					
AB	0.04205	1	0.04205	0.32	0.5996
RESIDUOS	0.5191	4	0.129775		
TOTAL (CORREGIDO)	0.8894	7			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

ANEXO XV. Análisis de Varianza para C22:0 - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:TEMPERATURA	0.17405	1	0.17405	139.24	0.0003
B:TIEMPO	0.17405	1	0.17405	139.24	0.0003
INTERACCIONES					
AB	0.17405	1	0.17405	139.24	0.0003
RESIDUOS	0.005	4	0.00125		
TOTAL (CORREGIDO)	0.52715	7			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual



Pruebas de Múltiple Rangos para C22:0 por TEMPERATURA

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>TEMPERATUR</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
A				
1	4	0	0.0176777	a
2	4	0.295	0.0176777	b

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
1 - 2	*	-0.295

* indica una diferencia significativa

Pruebas de Múltiple Rangos para C22:0 por TIEMPO

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>TIEMPO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
2	4	0	0.0176777	a
1	4	0.295	0.0176777	b

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
1 - 2	*	0.295

* indica una diferencia significativa.



ANEXO XVI. Análisis de Varianza para Cis-11 - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>de Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:TEMPERATURA	1.7672	1	1.7672	9.46	0.0371
B:TIEMPO	0.0512	1	0.0512	0.27	0.6284
INTERACCIONES					
AB	0.0288	1	0.0288	0.15	0.7147
RESIDUOS	0.7476	4	0.1869		
TOTAL (CORREGIDO)	2.5948	7			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

Pruebas de Múltiple Rangos para Cis-11 por TEMPERATURA

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>TEMPERATUR</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
A				
2	4	0.36	0.21616	a
1	4	1.3	0.21616	b

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
1 - 2	*	0.94

* indica una diferencia significativa.

ANEXO XVII. Análisis de Varianza para MUFA - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:TEMPERATURA	0.122513	1	0.122513	0.53	0.5057
B:TIEMPO	0.0210125	1	0.0210125	0.09	0.7774
INTERACCIONES					
AB	1.62901	1	1.62901	7.09	0.0562
RESIDUOS	0.91895	4	0.229738		
TOTAL (CORREGIDO)	2.69149	7			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

ANEXO XVIII. Análisis de Varianza para PUFA - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:TEMPERATURA	5.7122	1	5.7122	162.62	0.0002
B:TIEMPO	0.53045	1	0.53045	15.10	0.0177
INTERACCIONES					
AB	1.86245	1	1.86245	53.02	0.0019
RESIDUOS	0.1405	4	0.035125		
TOTAL (CORREGIDO)	8.2456	7			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual



Pruebas de Múltiple Rangos para PUFA por TEMPERATURA

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>TEMPERATUR</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i> <i>LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
A				
1	4	7.105	0.0937083	a
2	4	8.795	0.0937083	b

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
1 - 2	*	-1.69

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para PUFA por TIEMPO

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>TIEMPO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i> <i>LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
1	4	7.6925	0.0937083	a
2	4	8.2075	0.0937083	b

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
1 - 2	*	-0.515

* indica una diferencia significativa.

ANEXO XIX. Análisis de Varianza para SFA - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:TEMPERATURA	0.0045125	1	0.0045125	0.00	0.9975
B:TIEMPO	13.0305	1	13.0305	0.03	0.8666
INTERACCIONES					
AB	515.366	1	515.366	1.27	0.3231
RESIDUOS	1625.72	4	406.429		
TOTAL (CORREGIDO)	2154.12	7			

ANEXO XX Análisis de Varianza para LUMINOSIDAD - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:TEMPERATURA	77.1147	1	77.1147	111.50	0.0000
B:TIEMPO	0.1452	1	0.1452	0.21	0.6590
INTERACCIONES					
AB	24.5388	1	24.5388	35.48	0.0003
RESIDUOS	5.53267	8	0.691583		
TOTAL (CORREGIDO)	107.331	11			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual



Pruebas de Múltiple Rangos para LUMINOSIDAD por TEMPERATURA

Método: 95.0 porcentaje LSD

<i>TEMPERATUR</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i> <i>LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos</i> <i>Homogéneos</i>
A				
2	6	73.6533	0.339505	a
1	6	78.7233	0.339505	b

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	5.07	1.10719

* indica una diferencia significativa.

ANEXO XXI. Análisis de Varianza para ENROJECIMIENTO - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de</i> <i>Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado</i> <i>Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:TEMPERATURA	13.6107	1	13.6107	62.79	0.0000
B:TIEMPO	16.756	1	16.756	77.31	0.0000
INTERACCIONES					
AB	17.3761	1	17.3761	80.17	0.0000
RESIDUOS	1.734	8	0.21675		
TOTAL (CORREGIDO)	49.4769	11			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

Pruebas de Múltiple Rangos para ENROJECIMIENTO por TEMPERATURA

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>TEMPERATUR</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
A				
1	6	8.09833	0.190066	a
2	6	10.2283	0.190066	b

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
1 - 2	*	-2.13

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para ENROJECIMIENTO por TIEMPO

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>TIEMPO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
2	6	7.98167	0.190066	a
1	6	10.345	0.190066	b

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
1 - 2	*	2.36333

* indica una diferencia significativa.



ANEXO XXII. Análisis de Varianza para AMARILLAMIENTO - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:TEMPERATURA	0.585208	1	0.585208	1.21	0.3027
B:TIEMPO	9.41641	1	9.41641	19.52	0.0022
INTERACCIONES					
AB	0.147408	1	0.147408	0.31	0.5955
RESIDUOS	3.85887	8	0.482358		
TOTAL (CORREGIDO)	14.0079	11			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

Pruebas de Múltiple Rangos para AMARILLAMIENTO por TIEMPO

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>TIEMPO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
2	6	8.325	0.283537	a
1	6	10.0967	0.283537	b

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
1 - 2	*	1.77167

* indica una diferencia significativa



ANEXO XXIV. Análisis de Varianza para ACIDEZ - Suma de Cuadrados Tipo II

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>de Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:TEMPERATURA	0.00151875	1	0.00151875	28.12	0.0007
B:TIEMPO	0.00924075	1	0.00924075	171.12	0.0000
INTERACCIONES					
AB	0.00006075	1	0.00006075	1.12	0.3198
RESIDUOS	0.000432	8	0.000054		
TOTAL (CORREGIDO)	0.0112523	11			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

Pruebas de Múltiple Rangos para ACIDEZ por TEMPERATURA

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>TEMPERATUR</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
A				
2	6	0.141	0.003	a
1	6	0.1635	0.003	b

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
1 - 2	*	0.0225

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para ACIDEZ por TIEMPO

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>TIEMPO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
1	6	0.1245	0.003	a
2	6	0.18	0.003	b

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
1 - 2	*	-0.0555

* indica una diferencia significativa.

ANEXO XXV. Análisis de Varianza para ACTIVIDAD DE AGUA - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>de Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor- P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:TEMPERATURA	0.00000481333	1	0.0000048133 3	0.30	0.5994
B:TIEMPO	0.00000161333	1	0.0000016133 3	0.10	0.7596
INTERACCIONES					
AB	0.00000192	1	0.00000192	0.12	0.7387
RESIDUOS	0.00012876	8	0.000016095		
TOTAL (CORREGIDO)	0.000137107	11			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

ANEXO XXVI. Análisis de Varianza para HUMEDAD - Suma de Cuadrados Tipo

III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>de Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:TEMPERATURA	97.527	1	97.527	95.48	0.0000
B:TIEMPO	11.194	1	11.194	10.96	0.0107
INTERACCIONES					
AB	10.5844	1	10.5844	10.36	0.0123
RESIDUOS	8.1716	8	1.02145		
TOTAL (CORREGIDO)	127.477	11			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

Pruebas de Múltiple Rangos para HUMEDAD por TEMPERATURA

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>TEMPERATUR</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
A				
2	6	61.7067	0.412604	a
1	6	67.4083	0.412604	b

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
1 - 2	*	5.70167



Pruebas de Múltiple Rangos para HUMEDAD por TIEMPO

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>TIEMPO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
2	6	63.5917	0.412604	a
1	6	65.5233	0.412604	b

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
1 - 2	*	1.93167

* indica una diferencia significativa.

ANEXO XXVII. Análisis de Varianza para TEXTURA - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>de Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:TEMPERATURA	47.2033	1	47.2033	35.75	0.0003
B:TIEMPO	307.851	1	307.851	233.18	0.0000
INTERACCIONES					
AB	164.428	1	164.428	124.54	0.0000
RESIDUOS	10.562	8	1.32025		
TOTAL (CORREGIDO)	530.044	11			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual



Pruebas de Múltiple Rangos para TEXTURA por TEMPERATURA

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>TEMPERATUR</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i> <i>LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos</i> <i>Homogéneos</i>
A				
2	6	30.39	0.469086	a
1	6	34.3567	0.469086	b

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
1 - 2	*	3.96667

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para TEXTURA por TIEMPO

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>TIEMPO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i> <i>LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
1	6	27.3083	0.469086	a
2	6	37.4383	0.469086	b

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
1 - 2	*	-10.13

* indica una diferencia significativa.



ANEXO XXIII. Análisis de Varianza para BACTERIAS LÁCTICAS - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>de Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:TEMPERATURA	0.4332	1	0.4332	76.00	0.0000
B:TIEMPO	0.4332	1	0.4332	76.00	0.0000
INTERACCIONES					
AB	0.4332	1	0.4332	76.00	0.0000
RESIDUOS	0.0456	8	0.0057		
TOTAL (CORREGIDO)	1.3452	11			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

Pruebas de Múltiple Rangos para BACTERIAS LÁCTICAS por TEMPERATURA

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>TEMPERATUR</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
A				
2	6	0	0.0308221	a
1	6	0.38	0.0308221	b

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
1 - 2	*	0.38

* indica una diferencia significativa.



Pruebas de Múltiple Rangos para BACTERIAS LÁCTICAS por TIEMPO

Método: 95.0 porcentaje Duncan

TIEMPO	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
2	6	0	0.0308221	A
1	6	0.38	0.0308221	B

Contraste	Sig.	Diferencia
1 - 2	*	0.38

* indica una diferencia significativa.

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS PARA EL SEGUNDO OBJETIVO.

ANEXO XXIX. Oxidación lipídica de carne de cerdo procesada mediante *sous vide* y almacenada durante 21 días a 2°C

TBARS (mg MDA/ kg)	DÍA			
	0	7	14	21
T1	0.14	0.21	0.16	0.10
T2	0.11	0.29	0.34	0.28
T3	0.15	0.19	0.30	0.28
T4	0.12	0.23	0.39	0.30
T5	0.38	0.65	0.60	0.39
T6	0.30	0.46	0.88	0.48
T7	0.28	0.63	0.29	0.49

T1: Carne cruda, T2: 60°C/ 2h, T3: 60°C/3h, T4: 60°C/4h, T5: 80°C/2h, T6: 80°C/3h, T7: 80°C/4h.



Análisis de Varianza para TBARS - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>de Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:TRATAMIENTOS	0.255565	6	0.0425942	13.55	0.0000
B:TIEMPO	0.302037	3	0.100679	32.03	0.0000
INTERACCIONES					
AB	0.175786	18	0.00976588	3.11	0.0006
RESIDUOS	0.176001	56	0.00314287		
TOTAL (CORREGIDO)	0.909388	83			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residua

ANEXO XXX. Color de la carne de cerdo luminosidad (L), enrojecimiento (a*) y amarillamiento (b*) procesado mediante *sous vide* y almacenada durante 21 días.

COLOR		DIA 0	DIA 7	DIA 14	DIA 21
T1	L	46.12±0.86 ^f	49.71±0.77 ^f	49.75±0.79 ^d	48.2±0 ^e
	a*	5.95±0.28 ^c	11.76±0.77 ^a	10.44±0.32 ^c	10.15±0.48 ^d
	b*	3.14±0.41 ^d	5.24±0.39 ^d	5.04±0.09 ^d	3.76±0.91 ^d
T2	L	77.4±0.78 ^b	72.63±0.6 ^d	72.35±1.13 ^c	74.02±0.88 ^b
	a*	10.25±0.43 ^a	11.14±0.51 ^{ab}	14.01±0.46 ^a	11.57±1.12 ^c
	b*	9.99±0.79 ^a	5.16±0.5 ^d	9.07±0.34 ^b	6.66±0.05 ^c
T3	L	78.64±0.48 ^b	78.69±0.35 ^b	76.97±1.68 ^{bc}	76.37±0.86 ^a
	a*	6.56±0.05 ^c	9.97±0.51 ^{bc}	14.36±1 ^a	8.01±0.1 ^e
	b*	7.08±0.5 ^c	8.35±0.77 ^{ab}	8±0.62 ^c	7.39±0.68 ^c
T4	L	80.04±1.37 ^a	71.71±0.37 ^d	71.37±1.12 ^c	68.85±0.43 ^d
	a*	5.71±0.46 ^c	11.08±0.62 ^{ab}	12.65±0.77 ^b	12.71±0.77 ^b
	b*	7.99±0.94 ^c	7.42±0.81 ^{bc}	9.01±0.1 ^b	9.17±0.15 ^a
T5	L	75.19±0.52 ^c	74.5±0.56 ^c	74.3±0.17 ^a	75±0.86 ^b
	a*	10.21±0.64 ^a	8.21±0.45 ^d	7.61±0.77 ^c	7.36±0.41 ^e
	b*	10.02±0.69 ^a	9±0.5 ^{bc}	8.68±0.17 ^b	8.51±0.77 ^{ab}
T6	L	73.78±0.73 ^c	75.32±0.63 ^c	74.62±0.53 ^c	74.08±0.59 ^b
	a*	7.49±0.94 ^b	10.73±0.81 ^{bc}	9.49±1.01 ^c	9.23±0.6 ^d
	b*	9.15±0.77 ^b	9.68±0.17 ^a	10.42±1.19 ^a	9.43±0.57 ^a
T7	L	72.11±0.1 ^e	73.48±0.86 ^e	75.22±1.21 ^{ab}	71.55±1.03 ^c
	a*	10.48±0.26 ^a	9.65±0.78 ^c	9.19±0.56 ^d	9.36±0.59 ^d
	b*	8.66±0.05 ^b	6.64±0.31 ^c	6.26±0.26 ^b	6.25±0.83 ^c

T1: Carne cruda, T2: 60°C/ 2h, T3: 60°C/3h, T4: 60°C/4h, T5: 80°C/2h, T6: 80°C/3h, T7: 80°C/4h.

ANEXO XXXI. Porcentaje de ácido láctico de la carne de cerdo procesada mediante *sous vide* y almacenada durante 21 días a 2°C.

ACIDEZ (%)	DÍA 0	DÍA 7	DÍA 14	DÍA 21
T1	0.126±0.01 ^c	0.201±0.01 ^a	0.195±0.01 ^b	0.189±0.01 ^a
T2	0.138±0.01 ^c	0.168±0.01 ^{bc}	0.141±0.01 ^d	0.123±0.01 ^b
T3	0.165±0.01 ^c	0.165±0.01 ^c	0.138±0.01 ^d	0.123±0.01 ^b
T4	0.189±0.01 ^c	0.186±0.02 ^{ab}	0.183±0.01 ^b	0.12±0.01 ^b
T5	0.111±0.01 ^c	0.162±0.01 ^{cd}	0.147±0.01 ^d	0.114±0.01 ^b
T6	0.135±0.01 ^c	0.147±0.01 ^d	0.153±0.01 ^{cd}	0.12±0.01 ^b
T7	0.171±0.01 ^c	0.171±0.01 ^{bc}	0.165±0.01 ^c	0.117±0.01 ^b

T1: Carne cruda, T2: 60°C/ 2h, T3: 60°C/3h, T4: 60°C/4h, T5: 80°C/2h, T6: 80°C/3h, T7: 80°C/4h.

Análisis de Varianza para ACIDEZ - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:TRATAMIENTOS	0.0238667	6	0.00397778	43.96	0.0000
B:TIEMPO	0.0252131	3	0.00840437	92.89	0.0000
INTERACCIONES					
AB	0.0260952	18	0.00144974	16.02	0.0000
RESIDUOS	0.00506667	56	0.0000904762		
TOTAL (CORREGIDO)	0.0802417	83			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

ANEXO XXXII. pH de la carne de cerdo procesada mediante *sous vide* y almacenada durante 21 días a 2 °C de refrigeración.

pH	DÍA 0	DÍA 7	DÍA 14	DÍA 21
T1	5.73±0.04 ^d	5.9±0.29 ^c	6.02±0.02 ^c	5.77±0.07 ^d
T2	5.97±0.05 ^{bc}	6.08±0.02 ^{ab}	6.11±0.03 ^b	6.16±0.02 ^a
T3	5.97±0.03 ^{bd}	6.23±0.03 ^{ab}	6.14±0.03 ^b	6.09±0.05 ^a
T4	6.08±0.07 ^a	6.21±0.01 ^{ab}	6.27±0.04 ^a	5.88±0.02 ^c
T5	5.91±0.02 ^c	6.02±0.05 ^{bc}	5.99±0.01 ^b	5.98±0.07 ^b
T6	5.99±0.09 ^{ab}	6.06±0.03 ^{bc}	6.15±0.03 ^c	5.83±0.02 ^{bc}
T7	6.05±0.06 ^{ab}	6.3±0.02 ^a	6.16±0.02 ^b	5.99±0.02 ^b

T1: Carne cruda, T2: 60°C/ 2h, T3: 60°C/3h, T4: 60°C/4h, T5: 80°C/2h, T6: 80°C/3h, T7: 80°C/4h.

Análisis de Varianza para PH - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	de Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:TRATAMIENTOS	0.690257	6	0.115043	25.15	0.0000
B:TIEMPO	0.544443	3	0.181481	39.68	0.0000
INTERACCIONES					
AB	0.40739	18	0.0226328	4.95	0.0000
RESIDUOS	0.256133	56	0.00457381		
TOTAL (CORREGIDO)	1.89822	83			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

ANEXO XXXIII. Actividad de agua de la carne de cerdo procesado mediante *sous vide* y almacenada durante 21 días a 2 °C.

(a_w)	DÍA 0	DÍA 7	DÍA 14	DÍA 21
T1	0.9941±0.0046 ^a	0.9948±0.0026 ^a	0.9893±0.0015 ^c	0.983±0.0019 ^a
T2	0.9952±0.0013 ^a	0.9951±0.0026 ^a	0.9915±0.003 ^a	0.9901±0.0001 ^{ab}
T3	0.9935±0.005 ^a	0.9932±0.0048 ^a	0.9892±0.0006 ^a	0.988±0.0002 ^b
T4	0.9952±0.0047 ^a	0.9937±0.0015 ^a	0.9922±0.001 ^a	0.9916±0.0033 ^a
T5	0.9947±0.004 ^a	0.9916±0.0034 ^a	0.9896±0.0001 ^a	0.9881±0.0006 ^b
T6	0.9949±0.0006 ^a	0.9941±0.0022 ^a	0.9905±0.0003 ^a	0.9881±0.0005 ^b
T7	0.9932±0.005 ^a	0.9928±0.0016 ^a	0.9924±0.0052 ^a	0.9895±0.0013 ^b

T1: Carne cruda, T2: 60°C/ 2h, T3: 60°C/3h, T4: 60°C/4h, T5: 80°C/2h, T6: 80°C/3h, T7: 80°C/4h.

Análisis de Varianza para actividad de agua - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>de Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:TRATAMIENTOS	0.0000835731	6	0.0000139288	1.73	0.1299
B:TIEMPO	0.000488993	3	0.000162998	20.30	0.0000
INTERACCIONES					
AB	0.000121943	18	0.0000067746	0.84	0.6436
RESIDUOS	0.00044974	56	0.0000080310		
TOTAL (CORREGIDO)	0.00114425	83			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

ANEXO XXXIV. Humedad de la carne de cerdo procesada mediante *sous vide* y almacenada por 21 días a 2 °C.

HUMEDAD	DÍA 0	DÍA 7	DÍA 14	DÍA 21
T1	57.18±3.66 ^d	70.7±0.72 ^a	70.7±0.63 ^a	66.98±0.76 ^a
T2	69.31±1.31 ^a	69.25±0.74 ^a	65.98±0.32 ^b	65.25±0.75 ^a
T3	68.59±1.6 ^a	65.68±0.45 ^c	67.02±2.27 ^b	65.83±0.64 ^c
T4	65.5±1.3 ^a	64.95±0.11 ^d	62.63±0.56 ^c	62.52±0.41 ^d
T5	61.73±0.4 ^d	61.68±0.79 ^d	63.08±0.51 ^c	64.72±0.98 ^d
T6	60.63±1.31 ^d	69.51±0.74 ^b	65.89±0.51 ^b	64.39±0.4 ^a
T7	61.68±0.72 ^c	64.23±0.71 ^d	66±0.34 ^b	64.82±0.7 ^d

T1: Carne cruda, T2: 60°C/ 2h, T3: 60°C/3h, T4: 60°C/4h, T5: 80°C/2h, T6: 80°C/3h, T7: 80°C/4h.

Análisis de Varianza para humedad - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>de Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:TRATAMIENTOS	209.15	6	34.8584	28.20	0.0000
B:TIEMPO	110.663	3	36.8876	29.84	0.0000
INTERACCIONES					
AB	505.606	18	28.0892	22.72	0.0000
RESIDUOS	69.2303	56	1.23625		
TOTAL (CORREGIDO)	894.649	83			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

ANEXO XXXV. Bacterias lácticas de la carne de cerdo procesada mediante *sous vide* y almacenada por 21 días a 2 °C.

LÁCTICAS	DÍA 0	DÍA 7	DÍA 14	DÍA 21
T1	2.26±0.02 ^a	2.61±0.01 ^a	2.72±0.01 ^a	2.78±0.01 ^a
T2	0.76±0.15 ^b	1.33±0.16 ^b	2.06±0.02 ^b	2.33±0.02 ^b
T3	0.4±0.17 ^c	0.92±0.15 ^c	1.16±0.07 ^d	1.46±0.07 ^d
T4	0	0	0.86±0.07 ^e	0.99±0.21 ^e
T5	0	0	1.23±0.1 ^d	1.7±0.04 ^c
T6	0	0.56±0.24 ^d	1.42±0.09 ^c	1.51±0.06 ^d
T7	0	0.6±0.3 ^d	1.16±0.07 ^d	1.33±0.06 ^e

T1: Carne cruda, T2: 60°C/ 2h, T3: 60°C/3h, T4: 60°C/4h, T5: 80°C/2h, T6: 80°C/3h, T7: 80°C/4h.

Análisis de Varianza para bacterias lácticas - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>de Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:TRATAMIENTOS	38.2618	6	6.37696	527.85	0.0000
B:TIEMPO	20.7988	3	6.93292	573.87	0.0000
INTERACCIONES					
AB	3.40616	18	0.189231	15.66	0.0000
RESIDUOS	0.676533	56	0.012081		
TOTAL (CORREGIDO)	63.1432	83			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual.

ANEXO XXXVI. PANEL FOTOGRÁFICO



Medición de % de acidez



Equipo *sous vide*



Corte de la carne



Carne cortada en cubitos



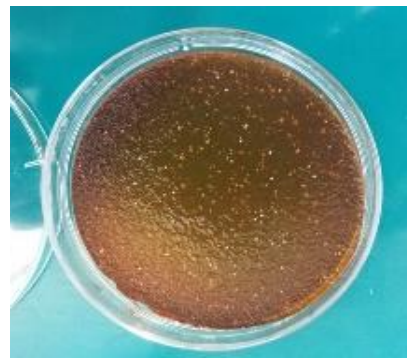
Corte de carne cocinada



texturometro



Bacterias totales



bacterias lácticas