



ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

**EFFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE TIEMPO Y TEMPERATURA DEL
PLASMA FRIO SOBRE LA ELIMINACIÓN DE MICROORGANISMOS
PATÓGENOS, CAMBIOS FISICOQUÍMICOS Y ORGANOLÉPTICOS EN CARNE
DE CERDO**

Línea de investigación:

Microbiología, Patología e inmunología

Tesis para optar el grado académico de Doctor en Ciencias de los Alimentos

Autor:

Alvarado Zambrano, Fredy Anibal

Asesor:

Moreno Garro, Víctor Raúl

ORCID: 0000-0001-8415-7555

Jurado:

Jave Nakayo, Jorge Leonardo

Ramos Vera, Juana Rosa

Coveñas Lalupú, José

Lima - Perú

2021



Reporte de Análisis de Similitud

Archivo:

1A_Alvarado_Zambrano_Fredy_Anibal_Doctorado_2019 correccion 1.docx

Fecha del Análisis:

23/02/2021

Analizado por:

Namo Garcia, Robert Leonel

Correo del analista:

rnamo@unfv.edu.pe

Porcentaje:

01 %

Título:

EFFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE TIEMPO Y TEMPERATURA DEL PLASMA FRIO SOBRE LA ELIMINACIÓN DE MICROORGANISMOS PATÓGENOS, CAMBIOS FISICOQUÍMICOS Y ORGANOLÉPTICOS EN CARNE DE CERDO

Enlace:

<https://secure.arkund.com/view/91995282-666194-139162>



DRA. MIRIAM LILIANA FLORES CORONADO
JEFA DE GRADOS Y GESTIÓN DEL EGRESADO



ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO
EFFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE TIEMPO Y TEMPERATURA DEL
PLASMA FRIO SOBRE LA ELIMINACIÓN DE MICROORGANISMOS
PATÓGENOS, CAMBIOS FISICOQUÍMICOS Y ORGANOLÉPTICOS EN CARNE
DE CERDO

Línea de Investigación: Microbiología, Patología e inmunología

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE DOCTOR EN CIENCIAS DE LOS
ALIMENTOS

Autor:

Alvarado Zambrano, Fredy Anibal

Asesor:

Moreno Garro, Victor Raúl

ORCID: 0000-0001-8415-7555

Jurado:

Jave Nakayo, Jorge Leonardo

Ramos Vera, Juana Rosa

Coveñas Lalupú, José

Lima – Perú

2021

DEDICATORIA

Esta tesis, se la dedico a las personas más importantes de mi vida, mis padres Martha y Aníbal y mi hermano Ricardo y a mi familia, Herminia, Ricardo y Aarón, seres que amo y que día a día, me motivan e impulsan a trabajar con empeño.

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento a Dios, no de palabras, sino de sentimientos reales, por darme la vida, su bondad y trazarme mi sendero, por concederme la sabiduría y la responsabilidad que le pido para cumplir con cada propósito y meta de mi vida, y por nunca abandonarme.

A mis familiares por su apoyo incondicional y estar siempre a mi lado, en especial a Nancy.

A los docentes y mis colegas del doctorado en Ciencia de los Alimentos, con quienes compartí y aprendí nuevos conocimientos y experiencias, a mi **Asesor, Dr. Víctor Raúl Moreno Garro, por su asesoramiento, dirección, motivación, orientación y apoyo científico en la presente tesis.**

Finalmente, a aquellas personas que de una o u otra manera, colaboraron y participaron en el desarrollo de la presente investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	x
ABSTRACT.....	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del problema	3
1.2. Descripción del problema	6
1.3. Formulación del problema	7
1.3.1. Problema general	7
1.3.2. Problemas específicos	7
1.4. Antecedentes	7
1.5. Justificación	12
1.6. Limitaciones de la investigación.....	13
1.7. Objetivos	15
1.7.1. Objetivo general	15
1.7.2. Objetivos específicos	15
1.8. Hipótesis	15
II. MARCO TEÓRICO	17
2.1. Marco conceptual.....	17
III. MÉTODO	33
3.1. Tipo de investigación	33
3.2. Población y muestra	33
3.3. Operacionalización de variables	34
3.4. Instrumentos.....	35
3.5. Procedimientos.....	36

3.6. Análisis de datos	36
IV. RESULTADOS	43
V. DISCUSIÓN.....	64
VI. CONCLUSIONES.....	78
VII. RECOMENDACIONES	80
VIII. REFERENCIAS	81
IX. ANEXOS.....	90

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Número de brotes, afectados, hospitalizados y defunciones de ETA, Perú 2019*.....	5
Tabla 2 Brotes de ETA notificados según agente causal, Perú 2018*-2019*	6
Tabla 3 Tratamientos de la investigación	37
Tabla 4 Escala hedónica para la evaluación sensorial de aceptabilidad	38
Tabla 5 Componentes fisicoquímicos y organolépticos de la carne de cerdo	44
Tabla 6 Características microbiológicas iniciales de carne de cerdo.....	45
Tabla 7 ANVA de destrucción de coliformes totales en función al tiempo de exposición al plasma frio y 25 grados centígrados.	48
Tabla 8 ANVA de destrucción de aerobios viables en función al tiempo de exposición de plasma frio y 25°C.....	48
Tabla 9 ANVA de destrucción de coliformes totales en función al tiempo de exposición al plasma frio y 30 °C.....	50
Tabla 10 ANVA de destrucción de aerobios viables en función al tiempo de exposición al plasma frio y 30 °C.....	51
Tabla 11 Características fisicoquímicas iniciales de carne de cerdo	52
Tabla 12 ANVA de la variación de la proteína de carne de cerdo en función al tiempo de exposición al plasma frio y 25 °C.....	54
Tabla 13 ANVA de la variación de la humedad de la carne de cerdo en función al tiempo de exposición al plasma frio y 25 °C.....	55
Tabla 14 ANVA de la variación del % de ácido láctico (g/100ml) de la carne de cerdo en función al tiempo de exposición al plasma frio y 25 °C.....	55
Tabla 15 ANVA de la variación del pH de la carne de cerdo en función al tiempo de exposición al plasma frio y 25 °C.....	56

Tabla 16 ANVA de la variación de la proteína de carne de cerdo en función al tiempo de exposición al plasma frio a 30 °C.	59
Tabla 17 ANVA de la variación de la humedad de la carne cerdo en función al tiempo de exposición al plasma frio a 30 °C.	59
Tabla 18 ANVA de la variación del % de ácido láctico de la carne de cerdo en función al tiempo de exposición al plasma frio a 30 °C.	60
Tabla 19 ANVA de la variación del pH de la carne de cerdo en función al tiempo de exposición al plasma frio a 30 °C.	60
Tabla 20 Promedios de la evaluación sensorial del atributo olor y clasificación de acuerdo a la Prueba de Friedman a $\alpha=0,05$	61
Tabla 21 Promedios de la evaluación sensorial del atributo color y clasificación de acuerdo a la Prueba de Friedman a $\alpha=0,05$	62
Tabla 22 Promedios de la evaluación sensorial del atributo apariencia y clasificación de acuerdo a la Prueba de Friedman a $\alpha=0,05$	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mapa de brotes ETA por distritos. Perú 2018 – 2019.	4
Figura 2 Se muestra las tres etapas experimentales consideradas en la investigación.	40
Figura 3 Gráfica de destrucción de coliformes totales en función al tiempo de exposición al plasma frío y 25°C.....	45
Figura 4 Curva de destrucción de aerobios viables en función al tiempo de exposición de plasma frío y 25°C.....	46
Figura 5 Curva de destrucción de la salmonella sp en función al tiempo de exposición de plasma frío y 25°C.....	47
Figura 6 Gráfica de destrucción de coliformes totales en función al tiempo de exposición al plasma frío y 30°C.....	49
Figura 7 Gráfica de destrucción de aerobios viables en función al tiempo de exposición al plasma frío y 30 °C.....	49
Figura 8 Gráfica de destrucción de salmonella sp en función al tiempo de exposición al plasma frío y 30 °C.....	50
Figura 9 Gráfica de variación de la proteína g/100 de carne de cerdo en función al tiempo de exposición al plasma frío a 25 °C.....	52
Figura 10 Gráfica de variación de la humedad de la carne de cerdo en función al tiempo de exposición al plasma frío a 25 °C.....	53
Figura 11 Gráfica de variación del % de ácido láctico(g/100ml) de la carne de cerdo en función al tiempo de exposición al plasma frío a 25 °C.....	53
Figura 12 Gráfica de variación del pH de la carne de cerdo en función al tiempo de exposición al plasma frío a 25 °C.....	54
Figura 13 Gráfica de variación de la proteína g/100 de carne de cerdo en función al tiempo de exposición al plasma frío a 30 °C.....	57

Figura 14 Gráfica de variación de la humedad de la carne de cerdo en función al tiempo de exposición al plasma frio a 30 °C.....	57
Figura 15 Gráfica de variación del % de ácido láctico (g/100ml) de la carne de cerdo en función al tiempo de exposición al plasma frio a 30 °C.....	58
Figura 16 Gráfica de variación del pH de la carne de cerdo en función al tiempo de exposición al plasma frio a 30 °C.....	58

RESUMEN

Se ha evaluado el efecto de diferentes niveles de tiempo y temperatura del plasma frío sobre la eliminación de microorganismos patógenos y los cambios fisicoquímicos y organolépticos en la carne de cerdo. Se ha determinado el efecto de diferentes niveles de tiempo y temperatura del plasma frío sobre la eliminación de microorganismos patógenos, sobre los cambios fisicoquímicos y sobre los atributos organolépticos en carne de cerdo. El estudio mostró que, respecto a la eliminación de microorganismos patógenos, los valores de las tablas 7 y 8 (para 25 °C) y, 9 y 10 (para 30°C), presentan diferencia significativa entre los tiempos y temperaturas de exposición. Así mismo, respecto a los cambios fisicoquímicos, presentados en las tablas 12, 13, 14 y 15(para 25 °C); y en las tablas 16, 17, 18 y 19 (para 30 °C), muestran que no existe, estadísticamente, diferencia significativa. Entre los componentes vinculados a la investigación encontramos la humedad con 65,13 (g/100g de muestra), pH de 5,46, acidez total con 0,55 % ácido láctico/100ml, proteínas con 27,05 g/100g de muestra, donde estos componentes nos permitieron una línea base de la materia prima, y la tendencia de coliformes totales para la carne de cerdo a un tiempo de 15 minutos de exposición de plasma frío, se llega a un valor de 0,16 ufc/g, mientras que la curva sin exposición al plasma frío a los 15 minutos es 3,93 ufc/g de coliformes totales; observándose diferencias significativas de dichas tendencias. Se evidencia en la figura 4 la forma decreciente de los *aerobios viables* conforme aumenta el tiempo exposición hasta los 15 minutos, llegando a un valor de 0,53 ufc/g, y la curva sin exposición al plasma frío (a 15 minutos) fue de 3,93 ufc/g de coliformes totales; valores evidenciados la Figura 3. Finalmente, se valida la hipótesis general, los objetivos se cumplieron satisfactoriamente y se puede afirmar la importancia del tema desarrollado.

Palabras clave. plasma frío, eliminación de microorganismo, cambios físico químicos y organolépticos, calidad de carne de cerdo.

ABSTRACT

It has been evaluated the effect of time and temperature different levels from cold plasma on the elimination of pathogenic microorganisms and the physicochemical and organoleptic changes in pork meat. It has been determined the effect of different levels of time and temperature of cold plasma on the elimination of pathogenic microorganisms, on physicochemical changes and on organoleptic attributes in pork meat. The study showed that, regarding the elimination of pathogenic microorganisms, the values in Tables 7 and 8 (for 25 °C) and, 9 and 10 (for 30 °C), show a significant difference between exposure times and temperatures. Likewise, regarding the physicochemical changes, presented in tables 12, 13, 14 and 15 (for 25 °C) and in tables 16, 17, 18 and 19 (for 30 °C), they show that it does not exist, statistically, significant difference. Among the components linked to the research we find humidity with 65.13 (g/100g of sample), pH of 5.46, total acidity with 0.55 % lactic acid/100ml, proteins with 27.05 g/100g of sample, where these components allowed us a baseline of the raw material, and the trend of total coliforms for pork meat at a time of 15 minutes of exposure to cold plasma, a value of 0.16 cfu/g is reached, while the curve without exposure to cold plasma at 15 minutes is 3.93 cfu/g total coliforms; noting significant differences in these trends. It is evident in figure 4 the decreasing shape of the *viable aerobes* as the exposure time increases up to 15 minutes, reaching a value of 0.53 cfu/g, and the curve without exposure to cold plasma (at 15 minutes) was 3.93 cfu/g total coliform; values evidenced in Figure 3. Finally, the general hypothesis is validated, the objectives were satisfactorily fulfilled and the importance of the topic developed can be affirmed.

Key words: cold plasma, elimination of microorganisms, physicochemical and organoleptic changes, pork meat quality

I. INTRODUCCIÓN

La inocuidad forma parte del concepto de calidad de un alimento, junto con otros atributos sensoriales y nutricionales. Sin embargo, a diferencia de lo que puede ser un atributo sensorial (color de la carne, ternura, etc.), la inocuidad es un atributo oculto (no se puede detectar a través de los sentidos) e implícito (ninguna persona desea consumir un alimento que le haga daño a la salud). En los alimentos pueden existir peligros biológicos, químicos y físicos capaces de causar daño a la salud del consumidor. En este caso el alimento actúa como vehículo, desencadenando las llamadas enfermedades transmitidas por alimentos (ETA), las que se definen cuando dos o más personas sufren una enfermedad similar después de ingerir un mismo alimento, al que los análisis epidemiológicos señalan como el origen de la enfermedad, lo que luego es confirmado por el laboratorio.

(Almeida et al., 2015), de acuerdo a la Organización Panamericana de la Salud (OPS) en su informe sobre Enfermedades Transmitidas por los Alimentos (ETA) en América Latina y el Caribe, en el periodo 1993-2002, reporta 3232 brotes de ETA con 230 141 individuos afectados y 317 fallecidos. Solo el 12 % de los brotes estuvieron asociados a las carnes rojas. La carne presenta ciertas características intrínsecas, tales como pH próximo a la neutralidad, elevada actividad del agua, y alto contenido de nutrientes, que predisponen la presencia y crecimiento de peligros biológicos, como por ejemplo bacterias patogénicas, que tienen la capacidad de producir enfermedades en los seres humanos. La carne contaminada con patógenos tiene una apariencia organoléptica totalmente normal y la presencia de peligros microbiológicos pasa desapercibida por el ojo y olfato humano. A nivel internacional, *Escherichia coli* O157:H7 y *Listeria monocytogenes*, asociados a hamburguesas y carnes listas para consumir, respectivamente, han sido dos de los patógenos que mayor atención han recibido por parte de la investigación debido a la alta probabilidad de causar problemas en la salud de los consumidores. La contaminación de la carne con patógenos se caracteriza por ser

baja, impredecible y distribuida heterogéneamente dentro del producto o lote, por lo que el procedimiento de toma de muestras y análisis no asegura la inocuidad del producto y brinda una idea de falsa seguridad. Dentro de este enfoque tradicional, tanto los productores como los consumidores, históricamente no han cumplido con un rol preponderante en el aseguramiento de la inocuidad de carnes. A nivel internacional, a partir de la década del 80 y hasta el presente, ha sido común escuchar sobre brotes de enfermedades en personas asociados al consumo de alimentos contaminados durante la producción primaria, fundamentalmente a través de las heces de los animales, el agua o el alimento. Por ejemplo, la Encefalopatía Espongiforme Bovina (EEB) o mal de las vacas locas asociado al suministro de proteína de rumiantes a ganado vacuno en Europa, y recientes problemas de contaminación de hortalizas frescas (lechuga, tomate) con patógenos (*Salmonella*, *E. coli* O157:H7) en Estados Unidos, han llevado a la necesidad de reconsiderar el enfoque tradicional de inocuidad de alimentos.

1.1. Planteamiento del problema

(Borgoño, 2004) indica que a partir del año 2015 se reporta un incremento de brotes de ETA en el país, durante el 2018 el número de brotes superó en un 30 % al año en mención; situación que se debería al fortalecimiento de la vigilancia a nivel nacional. En el periodo 2014-2018, los departamentos de Lima, Cusco y Cajamarca notificaron el mayor número de brotes de ETA en el país, acumulando el 41,9 % del total nacional. En el periodo 2018-2019* SE15, los brotes de ETA fueron distribuidos en 19 departamentos, 49 provincias y 63 distritos a nivel nacional. Hasta la SE15-2019, fueron notificados 22 brotes de ETA en el país, con un incremento de 12 brotes, 615 personas afectadas, 201 hospitalizados y 02 defunciones, con respecto al mismo periodo del año anterior. Hasta la SE15-2019, el 22,7 % (5/22) de los brotes fueron ocasionados por Salmonella con Escherichia coli; mientras que, durante el mismo periodo del año anterior, el 20 % (2/10) de los brotes fueron causados por sustancias químicas. En la mayor proporción de los brotes notificados en estos periodos, no se determinó el agente causal.

(Borgoño, 2004) recomienda fortalecer la vigilancia, prevención y control de las ETA, con participación de entidades intra e inter institucionales a nivel nacional, actualizar los documentos técnicos normativos para la vigilancia, prevención y control de las ETA, con participación de entidades del sector salud involucradas a nivel nacional, promover la comunicación de brotes de ETA en la población, difundiendo medidas de prevención y control en establecimientos de salud, instituciones educativas y medios de comunicación a nivel nacional.

(Borgoño, 2004) indica que hasta la SE 15-2019 fueron notificados 22 brotes de ETA en 12 departamentos a nivel nacional (Figura 1). Se observa en la Tabla 1, un total de 729 personas resultaron afectadas, 214 fueron hospitalizados y 03 fallecieron a consecuencia de este daño. La mayor proporción de brotes fue reportada en los departamentos de Lambayeque

(18,2 %) y Tumbes (13,6 %) con 137 afectados, 87 hospitalizados y 01 defunción. En este periodo, el departamento del Cusco notificó el mayor número de personas afectadas (269, 36,9 %) que fueron identificadas en un (01) solo brote, mientras que Lambayeque reportó el mayor número de hospitalizados (85, 39,7 %) en relación al total. Asimismo, los departamentos de Junín (01), Huánuco (01) y Lambayeque (01) notificaron el total de las defunciones, con tasas de letalidad del 25,0 %, 5.3 % y 1,0 %, respectivamente. Hasta la SE15-2019, se observó un incremento en la notificación de las ETA, con 12 brotes, 615 personas afectadas, 201 hospitalizados y 02 defunciones más, con respecto al mismo período del año anterior.

Figura 1

Mapa de brotes ETA por distritos. Perú 2018 – 2019.



Fuente: Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades – MINSA, citado por Borgoño (2004).

Tabla 1

*Número de brotes, afectados, hospitalizados y defunciones de ETA, Perú 2019**

Departamento	N° Brotos	% Brotos	N° Enfermos	% Enfermos	N° Hospitalizados	% Hospitalizados	N° Defunciones	Tasa Letalidad
Lambayeque	4	18.2	102	14.0	85	39.7	1	1.0
Tumbes	3	13.6	35	4.8	2	0.9	0	0.0
Apurímac	2	9.1	50	6.9	31	14.5	0	0.0
Cajamarca	2	9.1	27	3.7	19	8.9	0	0.0
Huánuco	2	9.1	19	2.6	7	3.3	1	5.3
Lima	2	9.1	98	13.4	1	0.5	0	0.0
Amazonas	1	4.5	53	7.3	53	24.8	0	0.0
Callao	1	4.5	8	1.1	0	0.0	0	0.0
Cusco	1	4.5	269	36.9	12	5.6	0	0.0
Ica	1	4.5	10	1.4	0	0.0	0	0.0
Junín	1	4.5	4	0.5	3	1.4	1	25.0
Madre De Dios	1	4.5	43	5.9	1	0.5	0	0.0
Moquegua	1	4.5	11	1.5	0	0.0	0	0.0
Total	22	100.0	729	100.0	214	100.0	3	0.4

Fuente: Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades – MINSA.

Hasta la SE 15 – 2019 citado por Borgoño (2019).

En relación al agente causal, considerando la tabla 2, hasta la SE15-2019, el 22,7 % (5/22) de los brotes fueron ocasionados por Salmonella con Escherichia coli, el 9,1 % (2/22) por Salmonella y el 9,1 % (2/22) aún se encuentran en investigación. Asimismo, en el 59,1 % (13/22) del total de brotes notificados no se determinó el agente causal. Por otro lado, durante el mismo período del año anterior, el 20 % (2/10) de los brotes fueron causados por sustancias químicas y solo un 10 % (1/10) por Salmonella; sin determinarse en un 70 % (7/10) de los brotes notificados el agente causal. (Borgoño, 2004).

Tabla 2*Brotos de ETA notificados según agente causal, Perú 2018*-2019**

Agente causal	Brotos ETA 2018	de %	Brotos ETA 2019	de %
. Salmonella	1	10	2	9.1
. Salmonella/E. coli	0	0	5	22.7
. Sustancias químicas	2	20	0	0
. En Investigación	0	0	2	9.1
. No se determino	7	70	13	59.1
Total	10	100	22	100

Fuente: Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades – MINSA citado por Borgoño (2019). Hasta la SE 15 - 2019

1.2. Descripción del problema

En la búsqueda de una alternativa de solución para el problema descrito, con la investigación se planteó al estudiar dos factores: tiempo de incidencia del plasma frío en la superficie de la carne, que podrá indicar el efecto del tiempo de contacto con la carne hasta la eliminación de la carga microbiana; la temperatura, que indicará el efecto de la temperatura adecuada para la eliminación de la carga microbiana considerándolos cambios fisicoquímicos y organolépticos, formulándonos las siguientes interrogantes.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cuál es efecto de diferentes niveles de tiempo y temperatura del plasma frio sobre la eliminación de microorganismos patógenos y los cambios fisicoquímicos y organolépticos en carne de cerdo?

1.3.2. Problemas específicos

¿Cuál es el efecto de diferentes niveles de tiempo y temperatura del plasma frio sobre la eliminación de microorganismos patógenos en carne de cerdo?

¿Cuál es el efecto de diferentes niveles de tiempo y temperatura del plasma frio sobre los cambios fisicoquímicos en carne de cerdo?

¿Cuál es el efecto de diferentes niveles de tiempo y temperatura del plasma frio sobre los atributos organolépticos en carne de cerdo?

1.4. Antecedentes

(Athanasopoulos et al., 2019), en la investigación “Cold plasma bullet influence on the water contact angle of human skin surface” mencionan que la humectabilidad de la piel es un factor determinante para la protección de la piel, la adhesión a sustancias o parches y la absorción de moléculas, que posteriormente son importantes para la salud en general, la administración transdérmica de medicamentos. El presente trabajo está dedicado a una nueva forma de mejorar la humectabilidad de la piel humana mediante el uso de plasma de helio a presión atmosférica en forma de "balas". Aunque existe una bibliografía extensa, así como una investigación activa sobre la humectabilidad del estrato córneo y los plasmas de presión atmosférica, su relación de interacción nunca se había considerado en el campo de la biomedicina plasmática hasta hace poco. Aquí, demostramos la reactividad química de las

"balas" de plasma de helio producidas por un reactor de accionamiento sinusoidal. Está demostrado que su aplicación al estrato córneo humano produce una superficie hidrofílica de la piel. Se obtienen valores de ángulo de contacto con el agua tan bajos como los informados después de tratamientos convencionales de piel. Se discute el papel de las especies reactivas neutras y cargadas en la modificación del estrato córneo, en base a los hallazgos experimentales, en donde se destaca que la superficie del estrato córneo humano puede modificarse con balas de plasma frío; la modificación se refiere a limpieza, funcionalización y grabado; se obtiene la superficie hidrofílica del estrato córneo y los RONS, los iones y los fotones UV son agentes potenciales para el tratamiento del estrato córneo.

(Van et al., 2020), en la investigación "Treatment of surface water using cold plasma for domestic water supply" evalúan la eficiencia del uso de la tecnología de plasma frío para tratar el agua subterránea con el propósito de suministrar agua doméstica. Los resultados experimentales mostraron que el plasma frío era un método efectivo para eliminar *E. coli* en agua. Después del tratamiento con plasma frío, la concentración de *E. coli* disminuyó significativamente. Además, el plasma frío redujo en gran medida los niveles de hierro y arsénico. Sin embargo, el rendimiento de eliminar el arsénico por plasma frío aumentó con la presencia de iones ferrosos y férricos. El cloruro, el índice de permanganato, la conductividad eléctrica y el pH de las muestras de agua subterránea se modificaron ligeramente después del tratamiento con plasma frío. Una de las desventajas del plasma frío es que aumenta significativamente la concentración de nitrato. La efectividad del tratamiento del agua disminuyó con la velocidad del flujo de agua y aumentó con el tiempo para retener agua en el tanque de efluentes. Todos los parámetros de calidad de las muestras de agua subterránea tratadas por el prototipo han cumplido con el estándar vietnamita y las pautas de la OMS.

(Volkov et al., 2019) en la investigación que realizaron "Cold plasma poration and corrugation of pumpkin seed coats" donde se trató de semillas y plantas por plasma a presión

atmosférica fría generada eléctricamente puede acelerar la germinación de las semillas y las tasas de crecimiento de la radícula. El plasma genera especies reactivas de oxígeno y nitrógeno, fotones UV y campos electromagnéticos de alta frecuencia que pueden penetrar en las capas de semillas y modificar sus propiedades superficiales. Los datos del microscopio de fuerza atómica muestran que el helio frío o el plasma de argón inducen una fuerte corrugación de las capas de semillas de calabaza, producen poros y defectos en la superficie. Estas deformaciones estructurales y poración mejoran la absorción de agua por las semillas durante el proceso de embebido, aceleran la germinación de las semillas y aumentan el crecimiento de las semillas. El tratamiento con plasma frío a presión atmosférica de las semillas de calabaza también disminuye el ángulo de contacto aparente entre una gota de agua y la superficie de la semilla, mejorando así las propiedades humectantes de las superficies de las semillas. Los estudios de resonancia magnética muestran la aceleración de la absorción de agua en las semillas de calabaza expuestas a un chorro de plasma frío. Las especies reactivas de nitrógeno y oxígeno, los campos electromagnéticos de alta frecuencia y los fotones emitidos por los chorros de plasma aceleran la germinación de las semillas de calabaza de forma independiente y sinérgica. Estos resultados muestran que el plasma frío se puede utilizar en la agricultura para acelerar la germinación de las semillas, aumentar el crecimiento de las plántulas de las plantas, la poración y la ondulación de las superficies de los bio-tejidos resaltando que el plasma se puede usar para electroporación y corrugación de superficies de bio-tejidos, acelera la hidratación, la imbibición y la germinación de las semillas, los chorros de plasma generan RONS, UV y campos electromagnéticos de alta frecuencia y los campos RONS, UV y electromagnéticos pueden actuar de forma independiente y sinérgica.

(Li et al., 2019) en la investigación “Cold plasma treatment induces phenolic accumulation and enhances antioxidant activity in fresh-cut pitaya (*Hylocereus undatus*) fruit”, sostienen que el plasma frío no térmico es un método novedoso para mantener la seguridad e

inducir la acumulación fenólica en la fruta de pitaya (*Hylocereus undatus*) recién cortada y se investigaron los posibles mecanismos. Los resultados mostraron que el tratamiento con plasma frío (60 kV durante 5 minutos) inhibió significativamente el crecimiento del recuento de bacterias aerobias totales, aumentó la acumulación fenólica inducida por el corte y mejoró la actividad antioxidante en la fruta de pitaya recién cortada. Además, el tratamiento con plasma frío promovió el consumo de azúcares principales, mejoró el nivel de energía, aceleró la generación de especies reactivas de oxígeno (ROS) en el almacenamiento anterior, aumentó la expresión génica y la actividad de enzimas cruciales en la vía fenilpropanoide. La presente investigación proporciona evidencia convincente sobre los efectos beneficiosos del tratamiento con plasma frío para inducir la acumulación fenólica y mejorar la actividad antioxidante de la fruta pitaya recién cortada y ofrece una oportunidad potencial para el procesamiento y la conservación de frutas y verduras recién cortadas.

(Dong et al., 2020), en la investigación “Contactless flash sintering based on cold plasma” informan sobre la sinterización instantánea utilizando un enfoque sin contacto. El proceso se basa en la barrera dieléctrica de descarga de plasma frío atmosférico que permite la sinterización instantánea sin precalentamiento externo. El penacho de plasma frío distribuido uniformemente contribuyó a la densificación homogénea de las muestras de circonia, en cambio la descarga del arco resultó en material sinterizado y agrietado. La densidad final y el tamaño de grano podrían controlarse ajustando la corriente y el tiempo de descarga. Se sinterizó un disco de 7 mm de diámetro hasta el 99% en 30 segundos pasando una corriente de 15 mA ($0,39 \text{ mA} / \text{mm}^2$). La técnica propuesta es escalable industrialmente y ofrece un reemplazo confiable a los electrodos de platino.

(Sen et al., 2019), en la investigación “Detoxification of hazelnuts by different cold plasmas and gamma irradiation treatments” evaluaron los efectos de desinfección con la presión atmosférica fría (AP, 3000L / h de aire, 25kHz, 655W-1.7min) y plasmas de baja

presión (LP, aire-100W-30min) e irradiación gamma (GMI, 10 Se investigaron los tratamientos con kGy-10min) en diferentes concentraciones de aflatoxina B1 pura (AFB1) y AFB1 + B2 (TotAF), así como las mismas toxinas añadidas a la avellana. Ambos plasmas redujeron el 72-73 % de AFB1 (3ppb) añadidos a las avellanas, mientras que GMI redujo el 47 % de AFB1. Las reducciones de TotAF (6 ppb) en la avellana después de ambos plasmas fueron del 70 al 71 %, que también fue mayor que la del GMI (15.5%). Sin embargo, las reducciones en AFB1 puro a 1–50 ppb y TotAF a 1,03–51,5ppb después de GMI (97–100 %) fueron mayores que las de los plasmas AP (55–75 %) y LP (69–90 %). El plasma AP tiene el potencial de ser una alternativa a los métodos de desintoxicación convencionales porque es efectivo en las aflatoxinas en los alimentos y mantiene los atributos sensoriales de los alimentos evaluados por un panel sensorial.

(Hou et al., 2019), en la investigación “Effect of cold plasma on blueberry juice quality” se centran en los efectos del plasma frío, una novedosa tecnología no térmica, en la calidad del jugo de arándano, como la inactivación de *Bacillus*, antocianinas, fenólicos, vitamina C, actividad antioxidante y cambio de color. La concentración de oxígeno (0, 0.5% y 1%) de gas ionizado se confirmó en primer lugar como los principales factores para el tratamiento de la CP, además del tiempo de tratamiento (2, 4 y 6 min). El incremento del tiempo de tratamiento y la concentración de oxígeno promovió significativamente una tendencia creciente de muerte para *Bacillus*. En comparación con el tratamiento térmico, el contenido de compuestos fenólicos aumentó significativamente con el tratamiento de CP, y también el tratamiento de CP podría mantener mejor el color original del jugo de arándano. En términos de antocianina y vitamina C, se sugirió un tiempo de exposición relativamente menor a la CP. En las pruebas de antioxidantes, el aumento de la concentración de oxígeno dio como resultado tendencias crecientes de actividad antioxidante en los ensayos DPPH y ABTS.

(Illera et al., 2019), en la investigación “Effect of cold plasma on polyphenol oxidase inactivation in cloudy apple juice and on the quality parameters of the juice during storage” el tratamiento directo con plasma frío se ha investigado como una tecnología alternativa no térmica como un medio para mantener y mejorar la calidad del jugo fresco de manzana turbia. Las variables de proceso estudiadas incluyeron el tipo de descarga de plasma, el voltaje de entrada y el tiempo de tratamiento en la inactivación del polifenol oxidasa (PPO). El mejor tratamiento fue el plasma con descarga de chispas a 10,5 kV durante 5 minutos, con una inactivación casi total de PPO, aunque también se registró una buena inactivación de PPO utilizando tiempos de tratamiento más cortos. La actividad residual (AR) de PPO fue de 16 y 27,6 % después de 5 y 4 minutos de tratamiento, respectivamente. Esta inactivación de PPO se mantuvo durante las pruebas de almacenamiento, pero disminuyó con las muestras tratadas durante un tiempo más corto. El tratamiento con plasma mejoró los parámetros clave de calidad del jugo dorado de manzana turbia, con la retención de los parámetros críticos de calidad durante las pruebas de almacenamiento prolongado. El color fue el cambio más notable, que se mejoró con la retención de un color más verde. Se obtuvo un aumento de 69 y 64 % en el contenido fenólico total después de 4 y 5 minutos de tratamiento, respectivamente. Por lo tanto, se demostró que el plasma frío es una buena alternativa a los tratamientos térmicos tradicionales para una mejor retención de la calidad del jugo fresco de manzana turbia y durante su almacenamiento.

1.5. Justificación

Actualmente existe el interés actual de la búsqueda de tecnologías avanzadas e impactos sobre mejorar la calidad para el procesado de alimentos. En este sentido surge como respuesta a las exigentes expresadas por el consumidor, así como de los gobiernos sobre la necesidad de consumo de alimentos con inocuidad que valora productos similares a los frescos y naturales

en apariencia, calidad y costos. Otro aspecto importante es obtener la inocuidad microbiológica, los cuales permitan prolongar la vida en anaquel y reducir las enfermedades transmitidas por alimentos (ETAs), siendo esta una de las razones por la cual se propuso el presente estudio (Ragni et al., 2010)

El plasma frío también conocido como el cuarto estado de la materia, se considera una tecnología emergente con características de tecnología verde. El interés del uso del plasma frío radica principalmente en su capacidad aséptica resultante de la interacción de diversas especies activas como: moléculas, radicales atómicos Oxígeno, OH, moléculas excitadas, y de los fotones energéticos ultravioletas (generados por las reacciones desencadenadas mediante el plasma) con el medio en contacto o bajo tratamiento, siendo otra razón de contribución científica que se espera obtener a partir de los resultados. (Basaran et al., 2008)

En la vida de la sociedad moderna, la tecnología es algo indispensable. De hecho, la mayor parte de los esfuerzos científicos se centran en la creación de nuevas tecnologías que cubran las necesidades de la sociedad y consigan elevar el nivel de bienestar, por lo que también esta investigación podría contribuir socialmente (Basaran et al., 2008)

Ante ello y con base a la necesidad de comercializar alimentos con aceptable calidad en inocuidad microbiológica, surge la necesidad de evaluar el efecto del plasma frío sobre la efectividad de reducción microbiana y características fisicoquímicas, derivado de ello establecer y evaluar la efectividad de esta nueva tecnología en un producto perecible como es la carne, para que posteriormente pueda ser llevado a nivel de escalamiento.

1.6. Limitaciones de la investigación

Es la actualidad existe la necesidad de mejorar la eficiencia del sistema alimentario en todos sus niveles para incrementar la disponibilidad de alimentos de calidad y proteger al

consumidor, así como fomentar la confianza de los operadores comerciales, compradores extranjeros en la calidad e inocuidad de alimentos.

Una de las principales importancias actuales para muchos países, es el suministro de un volumen de alimentos de calidad aceptable e inocuos, suficientes para satisfacer las necesidades de una población mundial en constante crecimiento, ya que se pronostica que en el período 1995-2020 se duplicará la población urbana de los países en desarrollo. Este crecimiento de la población mundial en general y de la población urbana en particular ejercerá una mayor presión sobre los sistemas de producción, manipulación y distribución de los alimentos y también sobre el entorno general en los países en desarrollo. Por lo tanto, existe la posibilidad de que la demanda de una mayor cantidad de alimentos vaya aparejada de problemas y riesgos para la salud, por problemas potencialmente graves en materia de calidad e inocuidad de los alimentos (Ragni et al., 2010)

Los peligros para la salud originados por los alimentos contaminados pueden derivar de las materias primas utilizadas ya contaminadas, de la manipulación y todas las fases de elaboración, transporte, almacenamiento y venta de alimentos (Ragni et al., 2010)

El presente trabajo de investigación considerado como nanotecnología es importante porque persigue promover el uso de una tecnología responsable y respetuosa con el medio ambiente en su ámbito de actuación, contribuyendo con ello a la optimización del consumo energético y, por ende, a la reducción de las emisiones de CO₂, sin duda, el ahorro de costes, y más aún la sostenibilidad, son también razones suficientes para abordar el uso del plasma como una tecnología nueva que podría tener efectos favorables contra las causas de las enfermedades de transmisión alimentaria (ETAs). (Ragni et al., 2010).

1.7. Objetivos

1.7.1. *Objetivo general*

Determinar el efecto de diferentes niveles de tiempo y temperatura del plasma frío sobre la eliminación de microorganismos patógenos cambios fisicoquímicos y organolépticos en carne de cerdo.

1.7.2. *Objetivos específicos*

Evaluar el efecto de diferentes niveles de tiempo y temperatura del plasma frío sobre la eliminación de microorganismos patógenos en carne de cerdo.

Evaluar el efecto de diferentes niveles de tiempo y temperatura del plasma frío sobre los cambios fisicoquímicos en carne de cerdo.

Evaluar el efecto de diferentes niveles de tiempo y temperatura del plasma frío sobre los atributos organolépticos en carne de cerdo.

1.8. Hipótesis

Hipótesis general

Diferentes niveles de tiempo y temperatura del plasma frío tienen efecto sobre la eliminación de microorganismos patógenos, cambios fisicoquímicos y cambios organolépticos en la carne de cerdo.

Hipótesis específicas

Diferentes niveles de tiempo del plasma no tienen efecto sobre la eliminación de microorganismos patógenos, cambios fisicoquímicos y cambios organolépticos en la carne de cerdo.

$$H_o = T_5 \text{ minutos} = T_{10} \text{ minutos} = T_{15} \text{ minutos}$$

Diferentes niveles de temperatura del plasma no tienen efecto sobre la eliminación de microorganismos patógenos, cambios fisicoquímicos y cambios organolépticos en la carne de cerdo.

$$H_o = T_{25 \text{ grados centigrados}} = T_{30 \text{ grados centigrados}}$$

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Marco conceptual

Inocuidad

La inocuidad forma parte del concepto de calidad de un alimento, junto con otros atributos sensoriales y nutricionales. Sin embargo, a diferencia de lo que puede ser un atributo sensorial (color de la carne, ternura, etc.), la inocuidad es un atributo oculto (no se puede detectar a través de los sentidos) e implícito (ninguna persona desea consumir un alimento que le haga daño a la salud). En los alimentos pueden existir peligros biológicos, químicos y físicos capaces de causar daño a la salud del consumidor. En este caso el alimento actúa como vehículo, desencadenando las llamadas enfermedades transmitidas por alimentos (ETA), las que se definen cuando dos o más personas sufren una enfermedad similar después de ingerir un mismo alimento, al que los análisis epidemiológicos señalan como el origen de la enfermedad, lo que luego es confirmado por el laboratorio.

En la actualidad las enfermedades de transmisión alimentaria conocidas como ETAs, se da por muchas situaciones adversas al producto que favorecen principalmente el peligro biológico; calcula que en cada año en los Estados Unidos alrededor de 62,000 personas se enferman por causa de comida contaminada y mueren aproximadamente 50 personas, calculándose que cada año en los Estados Unidos hay alrededor de 1,3 millón casos de intoxicación con Salmonella causada por comida contaminada y mueren aproximadamente 550 personas. Los alimentos contaminados con Salmonella normalmente son de origen animal como por ejemplo la carne; para el caso del Perú no tenemos datos exactos ni estadísticas de instituciones nacionales sobre las enfermedades por causas de comidas contaminadas (Eutice, 2004).

Algunas enfermedades transmitidas por los alimentos, aunque ya conocidas, se consideran en reaparición porque en años recientes su frecuencia ha aumentado notablemente.

Por ejemplo, durante varias décadas la salmonelosis tuvo brotes esporádicos, pero en los últimos veinte años su incidencia se ha incrementado en todas partes.

(Eutice, 2004), indica que, en el mundo occidental, la *Salmonella* del serotipo enteritis se ha convertido en la cepa predominante y su reaparición se atribuye principalmente al consumo de aves y huevos contaminados. En 1994 se produjo un brote generalizado de salmonelosis en los Estados Unidos de América debido al transporte de helado pasteurizado en recipientes contaminados. Se calcula que alrededor de 224 000 personas fueron afectadas por el brote. Para el Perú estos datos no se reportan en ninguna institución del área, posiblemente por falta de comunicación.

(Eutice, 2004), indica que, aunque por años el cólera ha devastado grandes partes del Asia y del África, su reintroducción en el hemisferio occidental en 1991, después de casi un siglo de latencia, es un ejemplo de la reciente reaparición de enfermedades infecciosas ya conocidas.

El cólera es una enfermedad de propagación principalmente hídrica pero también alimentaria. En América Latina, el hielo y los productos de mar crudo o mal cocidos constituyen vehículos epidemiológicos importantes para la transmisión de la enfermedad.

A diario aparecen agentes patógenos de transmisión alimentaria. Algunos son verdaderamente nuevos y otros son nuevos solo en apariencia porque previamente se desconocía el papel de los alimentos en su transmisión. Constituyen ejemplos *Escherichia coli* serotipo 0157:H7, *Listeria monocytogenes* y ciertos trematodos. En general, el fenómeno se debe a numerosos factores, entre ellos el aumento de los viajes y del comercio internacional; la adaptación ecológica de los microbios; las innovaciones en las técnicas de producción de alimentos; los grandes desplazamientos humanos en situaciones de guerra o desastre; los cambios del estilo de vida, fallas en la cadena de frío, el consumo más frecuente de comida en restaurantes y quioscos callejeros (Ragni et al., 2010).

Todas las enfermedades de transmisión alimentaria representan un peligro para el bienestar individual, familiar y nacional y su control exige un esfuerzo concertado por parte de los gobiernos, los consumidores y la industria de comestibles (Ragni et al., 2010).

Historia del uso de plasma

Irving Langmuir propuso el término "plasma" en un artículo en 1928 (Proc. Natl Acad. Sci. EE.UU. 14 627–637) para describir una región 'que contiene cargas equilibradas de iones y electrones ". No parece haber ningún registro del pensamiento detrás de esta propuesta, por lo que es difícil ser definitivo. Una idea es que desde la palabra griega "Plasma" se usó para describir un fluido moldeable, iluminación de "neón", con capacidad ilimitada para proporcionar formas coloridas, siempre la inspiración. Otro se relaciona con el uso médico previo en relación con la sangre y su variedad de diferentes "Corpúsculos" y que la descripción esencial de la columna positiva requería reconocer al menos el papel de las especies separadas de electrones, iones y gases átomos Tonks, cuando se le preguntó treinta años después, se inclinó por la última idea: pero es poco probable que lo sepamos con certeza. Hace cuarenta años, la mayor parte del interés en los plasmas terrestres se centraba en fusión y la posibilidad de resolver así los problemas energéticos del mundo; la búsqueda continua. (Frankin & Braithwaite, 2009).

Sin embargo, desde entonces se ha desarrollado una industria completamente nueva, emergió en la década de 1970 como una forma imaginativa de eliminar las capas fotoresistentes utilizadas en diseño de obleas semiconductoras. Lenta pero constantemente, a base de plasma "seco" los procesos comenzaron a desplazar los procesos tradicionales de química húmeda de limpieza, grabado y depósito por el cual la primera generación de circuitos integrados tenía hecho. La tecnología de plasma ofrece mayores rendimientos al tiempo que acomoda. La complejidad del tamaño cada vez más reducido de las características, impulsando la revolución

microelectrónica por casi cuatro décadas. Langmuir ciertamente marcó el comienzo de una emocionante rama de física cuando introdujo el término plasma. (Frankin & Braithwaite, 2009).

(Bogaerts et al., 2002), promueve una visión general de los plasmas de descarga de gas en una perspectiva amplia. Está destinado a los espectroscopistas de plasma que están familiarizados con los plasmas analíticos (descargas luminosas, ICP y descargas de microondas), pero que no conocen muy bien otras aplicaciones de estos y otros plasmas relacionados, indica a través de una visión general de los diversos tipos de plasmas de descarga de gas existentes, y explicando brevemente sus principios de funcionamiento y describiendo sus aplicaciones futuras más importantes, como el de los alimentos.

El uso médico de plasmas físicos no térmicos se investiga intensamente para la esterilización y modificación de la superficie de materiales biomédicos. Otra aplicación prometedora es la eliminación o grabado de sustancias orgánicas, por ejemplo, biopelículas, de las superficies, porque los restos de biopelículas después de los procedimientos de limpieza convencionales son capaces de entretener procesos inflamatorios en los tejidos adyacentes. En general, la contaminación de las superficies por microorganismos es una fuente importante de problemas en el cuidado de la salud. Especialmente las biopelículas son el tipo más común de crecimiento microbiano en el cuerpo humano y, por lo tanto, la eliminación completa de los patógenos es obligatoria para la prevención del infiltrado inflamatorio. Los plasmas físicos ofrecen un enorme potencial para inactivar microorganismos y eliminar materiales orgánicos a través de agentes altamente reactivos generados por plasma. (Fricke et al., 2012).

El primer grupo de artículos dentro de este número especial comienza con la contribución que Langmuir hizo durante los años anteriores al plasma a la bombilla y relacionados fenómenos físicos. Casi al mismo tiempo realizó una serie de elegantes estudios a partir de los cuales se desarrollaron los principios fundamentales de la adsorción y desorción

química. El artículo es el carácter distintivo de una región 'que contiene cargas equilibradas de iones y electrones ', especialmente en forma de plasma no equilibrado, como medio. El siguiente grupo de artículos se refiere a lo no neutral de capas límite entre plasmas no equilibrados y las superficies adyacentes a ellos. Aunque la región es continua, una división es cuasi neutra. La otra agrupación se refiere a sondas eléctricas y cinética de electrones: temas que también deben sus orígenes al trabajo experimental pionero de Langmuir. (Frankin & Braithwaite, 2009).

La estructura de los plasmas de descarga de gas bajo una variedad de condiciones, forma el foco de grupo de documentos. El último par de artículos es principalmente sobre ondas electrostáticas en plasmas. Sus trabajos recopilados, publicados por Pergamon Press en 1961 que llegan a unos 12 volúmenes (Frankin & Braithwaite, 2009).

El plasma como tecnología de conservación de alimentos.

La irradiación con rayos gamma no ha sido ampliamente adoptada por el público consumidor debido a una percepción negativa y por las preocupaciones expresadas por algunos grupos de consumidores y grupos ambientalistas, posiblemente por falta de más información de su aplicación sobre los alimentos (Rossi et al., 2009).

Considerando que existen enfermedades de transmisión alimentaria (ETAs), que involucra países, todo tipo de alimentos y agentes etiológicos que los causan, existe un interés actual en la búsqueda de tecnologías avanzadas para el procesado y conservación de alimentos, que, surge como respuesta a las demandas expresadas por el consumidor que valora productos similares a los frescos y naturales en apariencia, otro aspecto importante es obtener la inocuidad microbiológica los cuales permitan prolongar la vida en anaquel y reducir las enfermedades transmitidas por alimentos (ETAs) a través de investigaciones.

(Afshari & Hosseini, 2012), indica que el plasma a presión atmosférica (APP) es una tecnología emergente no térmica para mejora de la seguridad alimentaria. El plasma no térmico (NTP) es un gas ionizado neutro que comprende especies altamente reactivas que incluyen iones positivos, iones negativos, radicales libres, electrones, excitados o no moléculas excitadas y fotones a temperatura ambiente o cerca de ella. NTP se puede generar a la atmósfera presión que lo hace más aplicable. Además, podría emplearse en la inactivación de microorganismos en la superficie de alimentos frescos y procesados. Sin embargo, por la razón de que hay pocos estudios sobre la aplicación de esta tecnología en sistemas alimentarios reales, los efectos de la no térmica. El plasma sobre las propiedades nutricionales y químicas de los alimentos no se conoce bien. Además, los estudios que explora los aspectos de seguridad y costo de esta tecnología podrían ayudar a que se generalice en industria de alimentos.

(Bárdos & Baránková, 2006), indica que los plasmas de descarga de gas a presión atmosférica, especialmente los que funcionan con un desequilibrio energético y bajas temperaturas de gas, se han convertido recientemente en un tema de gran interés para una amplia variedad de tecnologías, incluido el tratamiento de superficies y la deposición de película delgada. Una fuerza impulsora para estos desarrollos es evitar el costoso equipo requerido para competir con las tecnologías de plasma basadas en vacío. Aunque hay muchas aplicaciones en las que el plasma no equilibrado (frío) a presiones atmosféricas y más altas representa una ventaja sustancial, también hay una serie de aplicaciones en las que los plasmas de baja presión simplemente no pueden reemplazarse debido a las propiedades y limitaciones específicas del plasma atmosférico y las limitaciones. En esta revisión crítica, se describen y discuten los principios y características principales del plasma atmosférico frío y las diferencias con los procesos de plasma basados en vacío para proporcionar una mejor comprensión de las capacidades y los límites de las tecnologías emergentes de plasma atmosférico.

(Gallegher et al., 2007), en la investigación “Rapid inactivation of airborne bacteria using atmospheric pressure dielectric barrier grating discharge” indican que esta tecnología no térmica está demostrando tener éxito en la inactivación de diferentes tipos de microorganismos como bacterias Gram negativas y Gram positivas, debido a ello resulta ser una interesante alternativa a los métodos convencionales de eliminación de microorganismos.

(Perni et al., 2008), en la investigación “Cold atmospheric plasma decontamination of the pericarps of Fruit“, mencionan que, utilizaron el plasma frío en la descontaminación de cáscaras de frutas de mango (*Mangifera indica*) y melón (*Cucumis melo L.*), logrando reducir 3 Log UFC/cm² luego de 2.5 segundos para *Pantoea agglomerans* y *Gluconoacetobacter liquefaciens*, mientras que se requirió de 5 segundos para reducir 3 Log UFC/cm² de *Escherichia coli.*, el *S. cerevisiae* mostró mayor resistencia, y se necesitaron 10 y 30 segundos para su inactivación en cáscara del mango y melón, respectivamente.

(Niemira & Sites, 2008) en la investigación “Cold plasma inactivates *Salmonella Stanley* and *Escherichia coli* O157: H7 inoculated on *Golden delicious apples*: inactivación de *Salmonella* y *E. coli* O157:H7”, investigaron la acción del plasma en superficies de cáscara de manzana Golden. Los autores indican que inocularon 100 µL (~10⁸ UFC) de *E. coli* O157:H7 y *Salmonella* sobre superficies de manzanas y los sometieron a exposición con plasma frío. Luego las muestras fueron enjuagadas con buffer de fosfato y se procedió al cultivo microbiano, como resultado, luego de 3 minutos de exposición al plasma frío obtuvieron reducciones 2.9 a 3.7 Log UFC/mL para *Salmonella* y de 3.4 a 3.6 Log UFC/mL para *E. coli* O157:H7.

(Shim et al., 2011) en la investigación “Effect of low-temperature plasma on microorganism inactivation and quality of freshly squeezed orange juice”, sometieron jugo de

naranja a tratamiento con plasma frío e inocularon microorganismos como *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* y *Candida albicans*, logrando reducir más de 5 log UFC/mL, mientras que el contenido de vitamina C, la acidez total, la turbidez, los °Brix y el pH no sufrieron cambios significativos ($p < 0.05$).

(El Aragi & Rahman, 2008), en la investigación “Effect of hybrid gas-liquid electrical discharge on liquid foods (milk)”, sometieron a la leche a este tratamiento y el plasma frío fue muy efectivo en la reducción de la carga microbiana. La reducción decimal o tiempo requerido para reducir 1 Log de la población microbiana por mililitro fue de 24 milisegundos.

(Basaran et al., 2008), en la investigación “Elimination of *Aspergillus parasiticus* from nut surface with low pressure cold plasma (LPCP) treatment” utilizaron aire y hexafluoruro de azufre (SF_6) como gases para generar el plasma y usarlo como antifúngico contra *Aspergillus parasiticus* y para reducir el contenido de aflatoxinas en muestras secas de avellanas, cacahuete y pistacho. Luego de cinco minutos de tratamiento, se logró reducir 1 Log UFC/g utilizando aire, mientras que con SF_6 fue más efectivo, obteniendo una reducción mayor de 5 Log UFC/g. La reducción del contenido de aflatoxinas en los productos tratados con plasma frío generado con aire fue aproximadamente 50 %, mientras que el plasma generado con el SF_6 , sólo fue del 20 %.

La efectividad antimicrobiana del plasma no térmico está científicamente aceptada. Se pueden encontrar aplicaciones en procesos de esterilización medicinal. Sin embargo, los efectos de los tratamientos con plasma en los alimentos vegetales con respecto al valor nutricional aún no se investigan suficientemente. Para estudiar las interacciones de especies reactivas propias en plasma con metabolitos secundarios de plantas, la lechuga de cordero (*Valerianella locusta*) se expuso a un chorro de plasma a presión atmosférica. Los cambios en el perfil fenólico se compararon con experimentos con sustancias puras para determinar la influencia de la matriz alimentaria. Mientras que los flavonoides puros mostraron una fuerte

disminución dependiente del tiempo, que no se originó a partir de procesos de foto o termo desorción, el contenido de diosmetina en la lechuga de cordero aumentó significativamente. En cuanto a los ácidos fenólicos, la exposición al plasma condujo a una fuerte reducción en la lechuga de cordero, mientras que la concentración de monofenoles puros cambió poco en el mismo período de tiempo. Los tratamientos con temperaturas similares al plasma y radiación UV sugieren que debido a las especies reactivas al plasma se está produciendo la desintegración concomitante de las membranas celulares y la oxidación de los compuestos celulares liberados. Se han observado cambios dependientes del tiempo de la morfología de la superficie de la hoja debido a la erosión inducida por plasma mediante microscopía electrónica de barrido.

Aspectos destacados. La movilidad de las nanopartículas de CeO_2 (Óxido de Cerio) se ve afectada por la química de la solución. El transporte de nanopartículas de CeO_2 se ve obstaculizado significativamente a pH ácido y alta fuerza iónica. El re-arrastre de nanopartículas de CeO_2 depositadas no se puede lograr cambiando la química de la solución. Las nanopartículas de CeO_2 pueden mostrar un avance parcial bajo pH neutro y alcalino, y una fuerza iónica por debajo de 10 mM. Se desarrolla un modelo matemático para predecir la movilidad de las nanopartículas de CeO_2 a través de lechos empacados (Grzegorzewski et al., 2011).

En la aplicación de la descarga de barrera dieléctrica para la purificación de aguas residuales, se considera el tratamiento de las aguas residuales de lluvia de la ciudad real bajo la acción de una descarga de barrera dieléctrica de oxígeno (DBD) a presión atmosférica en presencia o ausencia de catalizador de TiO_2 (Óxido de Titanio) en la zona de plasma. Se ha demostrado que la descarga de DBD tiene una alta eficiencia de descomposición (hasta 98 %) para hidrocarburos de petróleo, fenoles y tensioactivos sintéticos. La acción de descarga resultó en la disminución del contenido de metales pesados (Pb, Cd, Fe, Mn) también. En un proceso

híbrido catalítico de plasma, la eficiencia de la descomposición de sustancias orgánicas fue mayor que la eficiencia para el tratamiento de DBD sin catalizador (Grinevich et al., 2011).

La tecnología alimentaria ha alcanzado nuevos niveles de innovación en el esfuerzo por garantizar la seguridad del producto, impulsada por las demandas de los consumidores y las regulaciones gubernamentales para producir alimentos "libres de bacterias". Los consumidores buscan alimentos más nutritivos y menos procesados, al tiempo que esperan productos "libres de bacterias" de alta calidad y larga vida útil (Keener, 2011).

Según los hallazgos de los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC) a partir de 2011, las enfermedades transmitidas por los alimentos se han estimado en 48 millones, con 128,000 hospitalizaciones y 3,000 muertes por año solo en los Estados Unidos. De estos datos, un estimado anual de 9,6 millones son enfermedades (20 %), 56,320 hospitalizaciones (44 %) y 1,320 muertes (44 %) y han sido causadas por patógenos conocidos transmitidos por los alimentos. La industria cárnica y avícola ha sido líder en el desarrollo e implementación de nuevas tecnologías de procesamiento. Algunas de las nuevas tecnologías de procesamiento de alimentos que crecen en uso incluyen el procesamiento de alta presión (HPP), luz pulsada, luz ultravioleta (UV), haz electrónico y rayos X. Otra tecnología desarrollada recientemente que muestra un potencial significativo para el procesamiento de carne y aves es el plasma atmosférico (Keener, 2011).

Se discuten los efectos germicidas de un plasma a presión atmosférica sin equilibrio generado por una nueva descarga de barrera resistiva en representantes de las dos clases de bacterias (Gram-negativas y Gram-positivas). La exposición al plasma, aunque es letal para ambas clases bacterianas, también produjo un daño estructural grave en la *E. coli* Gram negativa, mientras que no se observó ninguna en el *Bacillus subtilis* Gram-positivo más estructuralmente robusto. Se invoca un proceso electrofísico que involucra el papel de la tensión electrostática en un cuerpo cargado en un plasma para explicar ambas

observaciones. Dado que la eficacia de este proceso electro físico depende no solo de la resistencia a la tracción de la pared celular bacteriana sino también de su forma y textura, se sugiere la necesidad de más estudios experimentales, utilizando una amplia gama de bacterias pertenecientes a varios grupos morfológicos. Se sugieren formas de probar aún más la validez de este mecanismo de lisis electro física para las bacterias Gram negativas, por un lado, y también para extender su funcionamiento a las bacterias Gram positivas más robustas, por el otro (Laroussi, 2003).

En la descontaminación de alimentos se investigó la acción en un recipiente sellado por medio de plasmas a presión atmosférica. El objetivo fue *Listeria monocytogenes*, una bacteria que causa listeriosis y se puede encontrar en plantas y alimentos. Las especies no patógenas, *Listeria innocua*, se usa para los experimentos. Los portaobjetos de vidrio se inocularon con *L. innocua*. Los portaobjetos se colocaron dentro de una bolsa de polietileno de baja densidad (LDPE). La bolsa se llena con una mezcla de gas de 97,5 Volumen % Argon y 2,5 Volumen de % Oxígeno molecular y posteriormente es sellada. La bolsa se colocó entre los electrodos de una descarga de barrera dieléctrica. La atmósfera ambiental era aire a presión atmosférica. Se genera un plasma dentro de la bolsa que forma ozono a partir del oxígeno. Se encontró que la concentración máxima de ozono en la bolsa era de 140 ppm. Una reducción de log 6 de *L. innocua* se obtiene después de 15 minutos de tiempo de exposición. La temperatura de los portaobjetos después del tratamiento fue inferior a 30°C (Leipold et al., 2011).

(Li et al., 2010), menciona que se sintetizó 3- (2', 3' y 4'-hidroxibencilideno) -7-metoxicroman-4-ona (o -, m - y p -HBMC) para aclarar la influencia del grupo hidroxilo en el anillo B sobre la actividad antioxidante del homoisoflavonoide. Los tres homoisoflavonoides utilizados en este documento pueden reducir el peroxinitrito. p -HBMC exhibió alta actividad para reducir el oxígeno singlete. Además, o -, m - y p -HBMC pueden eliminar el radical catiónico 2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-sulfonato) (ABTS • +) y 2,2'-difetil-1-

picrylhydrazyl (DPPH) y radicales galvinoxil. Las tasas de o-HBMC atrapamiento de DPPH y radicales galvinoxil fueron más altos que los de m - y p -HBMC, mientras que m -HBMC puede atrapar ABTS • + rápidamente. Se descubrió que o -HBMC posee una alta actividad en la prueba de blanqueamiento con ácido β-caroteno-linoleico y protege el linoleico de metilo contra la oxidación inducida por 2,2'-azobis (clorhidrato de 2-amidinopropano) (AAPH) de manera eficiente. Finalmente, o -HBMC sirvió como un prooxidante en Cu²⁺ / glutatión (GSH) - y oxidaciones de ADN mediadas por radicales hidroxilos. m - y p -HBMC protegió el ADN contra la oxidación de ADN mediada por radicales hidroxilos de manera efectiva, y o - y p-HBMC se comportó como antioxidantes para proteger el ADN contra la oxidación inducida por AAPH. Por lo tanto, el grupo hidroxilo unido a las posiciones orto y para en el anillo B fue importante para la mejora de la actividad antioxidante del homoisoflavonoide.

Los plasmas de gas generados a presión atmosférica y temperatura ambiente ofrecen un posible método de descontaminación para productos avícolas. Se examinó la eficacia de los plasmas de gas atmosféricos fríos para descontaminar la piel y el músculo de pollo inoculados con *Listeria innocua*. La optimización de las condiciones de operación para la inactivación bacteriana máxima se logró primero utilizando filtros de membrana en los que se había depositado *L. innocua*. Los valores más altos de voltaje de CA, la frecuencia de excitación y la presencia de oxígeno en el gas portador dieron como resultado la mayor eficiencia de inactivación, y esto se confirmó con estudios adicionales sobre el músculo y la piel del pollo. En condiciones óptimas, un tratamiento de 10 s dio > 3 reducciones logarítmicas de *L. innocua* en los filtros de membrana, un tratamiento de 8 minutos dio 1 reducción logarítmica en la piel y un tratamiento de 4 minutos dio > 3 reducciones logarítmicas en el músculo. Estos resultados muestran que la eficacia del tratamiento con plasma de gas se ve muy afectada por la topografía de la superficie. Las imágenes de microscopía electrónica de barrido (SEM) del músculo y la piel del pollo revelaron características superficiales en las que las bacterias

podrían protegerse eficazmente de las especies químicas generadas dentro del plasma gaseoso. Se discuten los desarrollos en la tecnología de plasma de gas necesarios para su aplicación comercial a los alimentos (Noriega et al., 2011).

(Tang et al., 2011), presenta un estudio de las características de descarga y la generación de especies reactivas como radicales $\text{OH} \bullet$, peróxido de hidrógeno y ozono mediante un proceso de descarga de barrera dieléctrica en fase gaseosa (DBD). Se realizaron una serie de experimentos para investigar los efectos de varios parámetros, como la densidad de energía de entrada, el gas de alimentación, la velocidad del flujo de gas y la separación de electrodos en la formación de radicales $\text{OH} \bullet$, peróxido de hidrógeno y ozono en solución. También se determinaron los productos que contienen pH y N (NO_2^- y NO_3^-) en solución. Los datos experimentales muestran que las tasas de formación de $\text{OH} \bullet$ se encontró que el radical, el peróxido de hidrógeno y el ozono en solución dependen de la densidad de energía de entrada, el gas de alimentación, la velocidad del flujo de gas y la separación de electrodos. Cuando se utilizó oxígeno puro como gas de alimentación, el O_3 fue la principal especie reactiva. Se observó que el radical $\text{OH} \bullet$ era la principal especie reactiva generada y su concentración era aproximadamente 12 veces mayor que la del O_3 cuando se usaba aire con 100 % de humedad relativa (HR) como gas de alimentación. NO_3^- : los subproductos formados en la solución fueron en parte responsables de la disminución del pH .

El término procesamiento mínimo se ha definido en varias formas, por ejemplo, de manera muy amplia como el tratamiento menos posible para lograr un propósito. Una definición más específica que aborda la cuestión del propósito describe procesos mínimos como aquellos que influyen mínimamente en las características de calidad de un alimento y, al mismo tiempo, le dan al alimento suficiente vida útil durante el almacenamiento y la distribución. Una tecnología aún más convencional, las describe como técnicas que preservan los alimentos, pero también retienen en mayor medida su calidad nutricional y sus

características sensoriales al redactar la dependencia del calor como la principal acción conservadora. El procesamiento mínimo puede, por lo tanto, debe verse en el contexto de la preocupación tradicional del procesamiento de alimentos para extender la vida útil de los alimentos. Al mismo tiempo, mientras valoran la conveniencia de que el aumento de la vida útil puede llevar a los consumidores se han vuelto más críticos con el uso de sintetizadores para preservar los alimentos o mejorar características como el color y el olor. También han otorgado una mayor importancia a los alimentos que conservan sus propiedades sensoriales y de mutación naturales. Han surgido técnicas de procesamiento mínimas para enfrentar este desafío de reemplazar los métodos tradicionales de conservación mientras retener calidad sensorial y auditiva es difícil en el procesamiento térmico, se ha considerado que las tecnologías en pérdidas son mínimas cuando han minimizado las pérdidas de calidad en los alimentos en comparación con las técnicas térmicas convencionales (Ohlsson, 2000).

(Tendero et al., 2006), menciona las diversas aplicaciones de las tecnologías de plasma atmosférico, principalmente en el campo de los tratamientos de superficie. Para evitar el deterioro de los alimentos y preservar la calidad de los alimentos y las condiciones sanitarias para el consumo humano, se han explorado muchos tratamientos físicos, químicos y biológicos de los alimentos con diversas tecnologías. Una de esas tecnologías es el plasma, el cuarto estado fundamental de la materia, que consiste en partículas altamente cargadas y electrones no unidos. Según la temperatura del medio, el plasma se puede clasificar en plasmas fríos y calientes, esto último significa que la temperatura de los electrones, los iones y los neutros son todos iguales, y las moléculas de gas en el plasma caliente están completamente ionizadas.

En el uso del plasma es importante determinar el rango y el modo de actividad germicida de esterilizantes generados por un sistema de esterilización por plasma no termal para microorganismos. Para el cual se expusieron bacterias representativas, esporas, virus, bacteriófagos y hongos al ciclo del plasma y se midió la viabilidad residual in vitro. Para

evaluar el modo de lesión letal, se expusieron *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus atrophaeus* y bacteriófagos al ciclo del plasma, y se determinaron los efectos de los esterilizantes generados en el plasma sobre los parámetros biológicos. Donde hubo al menos 4-6 reducciones logarítmicas en la viabilidad de todos los microorganismos después de 10 minutos de exposición al ciclo plasmático. Las micrografías electrónicas y los estudios sobre la inhibición de la infecciosidad bacteriófaga sugirieron que la lesión primaria es la envoltura celular de los organismos. El ciclo plasmático también desnaturalizó las proteínas bacterianas aisladas y los bacteriófagos inactivados, pero no tuvo efecto sobre el ADN aislado y las proteínas bacterianas dentro de las bacterias expuestas, lo que se concluye que el plasma no térmico, que se produce a temperatura y presión atmosféricas, genera esterilizantes que matan altas concentraciones de microorganismos e inactivan virus durante una exposición de 10 minutos. La lesión primaria parece estar en las estructuras superficiales de los organismos. Esto sugiere que el plasma no térmico tiene utilidad para la esterilización de materiales y dispositivos médicos sensibles al calor.

(Yun et al., 2010) indica que el objetivo de este estudio fue investigar el efecto del plasma a presión atmosférica (APP) en *Listeria monocytogenes* inoculado en recipientes de comida desechables, incluidas bandejas de plástico desechables, papel de aluminio y vasos de papel. Los parámetros considerados en el procesamiento de la aplicación fueron la potencia de entrada (75, 100, 125 y 150 W) y el tiempo de exposición (60, 90 y 120 s). La reducción bacteriana en las bandejas de plástico desechables, papel de aluminio y vasos de papel se asoció con una mayor potencia de entrada y tiempo de exposición de la aplicación. El D_{10} los valores se calcularon como 49.3, 47.7, 36.2 y 17.9 s en bandejas de plástico desechables, 133, 111, 76.9 y 31.6 s en papel de aluminio y 526, 65.8, 51.8 y 41.7 s en vasos de papel a 75, 100, 125, y 150 W de potencia de entrada, respectivamente. No se detectaron células viables después de 90 y 120 s de tratamiento APP a 150 W en bandejas de plástico desechables. Sin embargo, solo

se lograron tres reducciones decimales de células viables en papel de aluminio y vasos de papel a 150 W durante 120 s. Estos resultados demuestran que el tratamiento con APP es efectivo para la inactivación de *L. monocytogenes* aplicable para envases de alimentos desechables. Sin embargo, el tipo de material es crucial y se deben considerar las condiciones de tratamiento apropiadas para lograr un nivel de inactivación satisfactorio.

III. MÉTODO

La investigación se llevó a cabo en el departamento Ancash, provincia y distrito Huaraz, en las instalaciones de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo: Laboratorios de análisis de alimentos, investigación, análisis sensorial y laboratorio de calidad ambiental LCA.

3.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación es aplicada, porque fundamentalmente nuestros resultados fueron como consecuencia de la aplicación de tecnologías existentes (Sánchez, 2002).

El nivel de la investigación es explicativo por que estuvo dirigido a responder a las causas de los eventos fisicoquímicos. El interés se centró en explicar por qué ocurrieron los fenómenos y en qué condiciones se dieron éstos, o porque dos o más variables estuvieron relacionadas (Sampieri et al., 2010).

3.2. Población y muestra

Población

La población hace referencia la carne de cerdo proveniente del mercado de abastos de la ciudad de Huaraz, Provincia de Huaraz, Departamento de Ancash, de aproximadamente 10 kilogramos en total.

Muestra

La muestra fue tomada de acuerdo a los tratamientos con sus respectivas repeticiones de aproximadamente 10 kilogramos de carne de cerdo.

Unidad de análisis

La carne de cerdo en una cantidad de 5 kilogramos para evaluarse el efecto de los tratamientos con sus respectivas repeticiones.

3.3. Operacionalización de variables

Variables independientes

Tiempo de exposición del plasma frío (5, 10 y 15 minutos).

Temperatura del gas plasma (25, 30 grados centígrados)

Variables dependientes

Eliminación de microorganismos patógenos como coliformes totales, salmonella y aerobios viables (ufc/ml) en carne de cerdo.

Cambios fisicoquímicos como pH, acidez total y proteína total en carne de cerdo.

Cambios organolépticos como color, olor, apariencia general y textura. en carne de cerdo.

Variables independientes

- Niveles de tiempo.

Hace referencia al tiempo de exposición del plasma frío (5,10 y 15 minutos), hasta la eliminación de microorganismos patógenos, evaluándose los cambios fisicoquímicos de la carne de cerdo.

- Niveles de temperatura de exposición de plasma frío.

Corresponde, a diferentes grados de temperatura de exposición del plasma frío (25 y 30 grados centígrados), hasta la eliminación de microorganismos patógenos, evaluándose los cambios fisicoquímicos de la carne de cerdo.

Variables dependientes

- Eliminación de microorganismos patógenos (ufc/ml).

Viene a ser la exposición de la carne de cerdo a diferentes tiempos y temperaturas del plasma frío para evaluar la carga microbiana (coliformes totales, salmonella, aerobios viables).

- Cambios fisicoquímicos en carne de cerdo.

Viene a ser comparación de la exposición de la carne de cerdo a diferentes tiempos y temperaturas del plasma frío y sin exposición al plasma, para evaluar el pH, Acidez total y proteína total.

- Cambios organolépticos en carne de cerdo.

Viene a ser la evaluación del color, olor apariencia general y textura de los tratamientos sometidos a diferentes tiempos y temperaturas del plasma frío.

3.4. Instrumentos

Técnicas de investigación documental o bibliográfica

Análisis documental: Nos permitió el análisis del material a estudiar y precisarlo desde un punto de vista formal y analítico.

Análisis de contenido: Estudiar y analizar de una manera objetiva y sistemática el documento leído.

Fichaje: Se usó para construir el marco teórico y la bibliografía de la investigación.

Técnicas de campo

Observación: técnica que permitió obtener información sobre las variables y datos a registrar en las diferentes etapas de la investigación.

Instrumento de recolección de datos

Fichas de investigación o documentación, bibliografías, hemerografías e internet.

Instrumento de recolección de información en laboratorio

Equipos: balanza analítica: Ohaus® Adventurer, modelo AR3130, capacidad máxima de 310 gramos; resolución 0,0001 gramos, balanza digital: Ohaus® Scout Pro, modelo SP601, capacidad máxima 600 gramos, resolución 0,1 gramo, potenciómetro: Schott ® Instruments, modelo Handylab pH 11, rango - 2.000 a 19.999 pH, resolución 0,001 pH, estufa eléctrica: Binder®, modelo FED 53, rango de trabajo 25 - 300 °C.

Materiales y envases: termómetro, cronómetro, matraz Erlenmeyer de 125, 250 mililitros, vasos precipitados de 100ml, 250 ml, fioles de 10, 25, 50, 100 y 250 mililitros, embudos, bureta de 25 mililitros (equipo de titulación), gradillas, tubos de ensayo 16x160 milímetros, papel filtro, termómetro digital, vernier digital, termohigrómetro -50 a 70°C, tinas de lavado, mesas de acero inoxidable, ventilador con fuente, piceta, cronómetro, jabas de plástico 10-20 kg, envases de plástico o tarrimas de plástico, otros que mencionan los procedimientos de las técnicas y de acuerdo a los ensayos y cuaderno de apuntes.

3.5. Procedimientos

Procesamiento y presentación de resultados

El procesamiento y presentación de resultados se realizó utilizando el software Microsoft Office 2013 con sus programas: de texto Word, de cálculos Excel y otros del paquete. De acuerdo al diseño de investigación la presentación de los resultados fue en Tablas y Figuras según correspondió. Para el procesamiento de los datos estadísticos se utilizó el software estadístico SPSS versión 22.

3.6. Análisis de datos

Diseño de la investigación

Consideramos que el diseño de investigación corresponde a los experimentos puros, debido a que se manipularon variables independientes para ver sus efectos sobre variables dependientes en una situación de control (Sampieri et al., 2010).

La investigación que se puso en prueba consistió en seis tratamientos, en los que se evaluó, el tiempo de exposición al plasma frío y la temperatura del gas plasma, en el efecto que tienen sobre la eliminación de microorganismos patógenos, cambios fisicoquímicos y los atributos organolépticos en carne de cerdo.

En la Tabla 7, se muestra los tratamientos de la investigación experimental, siendo el diseño de bloques completos al azar, con arreglo factorial de 3 por 2, tiene un total de 6 tratamientos con 3 repeticiones cada uno.

Tabla 3

Tratamientos de la investigación

Tratamientos	Factor A	Factor B	
	Tiempo (minutos)	B ₁ : Temperatura 25°	B ₂ : Temperatura 30°
T ₁ : Cinco minutos		r ₁₁₁ , r ₁₁₂ , ..., r _{11n}	r ₂₁₁ , r ₂₁₂ , ..., r _{21n}
T ₂ : Cinco minutos		r ₁₂₁ , r ₁₂₂ , ..., r _{12n}	r ₂₂₁ , r ₂₂₂ , ..., r _{22n}
T ₃ : Diez minutos		r ₁₃₁ , r ₁₃₂ , ..., r _{13n}	r ₂₃₁ , r ₂₃₂ , ..., r _{23n}
T ₄ : Diez minutos		r ₁₄₁ , r ₁₄₂ , ..., r _{14n}	r ₂₄₁ , r ₂₄₂ , ..., r _{24n}
T ₅ : Quince minutos		r ₁₅₁ , r ₁₅₂ , ..., r _{15n}	r ₂₅₁ , r ₂₅₂ , ..., r _{25n}
T ₆ : Quince minutos		r ₁₆₁ , r ₁₆₂ , ..., r _{16n}	r ₂₆₁ , r ₂₆₂ , ..., r _{26n}

Fuente: elaboración propia.

Donde el factor A está formado por 3 niveles y el factor B por dos niveles.

A= Tiempo de exposición al plasma frio (5, 10 y 15 minutos).

B= Temperatura del gas plasma (25, 30 grados centígrados)

Para la evaluación de la eliminación de microorganismos patógenos, cambios fisicoquímicos y los atributos organolépticos en carne de cerdo, se utilizó el Diseño Bloque Completamente Aleatorio (DBCA). En tanto que para la clasificación de tratamientos se utilizó la prueba de Tukey a un nivel de significación de ($\alpha=0,05$). El modelo matemático estadístico aleatorio correspondiente a un Diseño en Bloque Completamente a Aleatorio (DBCA) tiene la ecuación siguiente:

Dónde:

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + E_{ijk}$$

Y_{ij} Característica evaluada de la carne de cerdo en la k-exima repetición de la j – condición de irradiado, sometido al i - ésimo tiempo y temperatura

μ	Efecto de la media general.
τ_i	Efecto del i -ésimo tiempo de exposición al plasma frío.
β_j	Efecto de la j -ésima temperatura de exposición al plasma frío
E_{ij}	Efecto del error experimental.

La evaluación sensorial del atributo aceptabilidad se realizó con una escala hedónica de 7 puntos como se muestra en la Tabla 4, donde los panelistas semientrenados, previamente seleccionados, evaluaron el olor, color, apariencia y textura.

Tabla 4

Escala hedónica para la evaluación sensorial de aceptabilidad

Valor	ACEPTABILIDAD			
	Olor	Color	Apariencia General	Textura
7	Me gusta mucho el olor	Exactamente igual al color característico	Exactamente igual a la apariencia normal	Exactamente igual a la textura característica
6	Me gusta el olor	Muy buena similitud con el color característico	Muy buena similitud con la apariencia característica	Muy buena similitud con la textura característica
5	Me gusta un poco el olor	Buena similitud con el color característico	Buena similitud con la apariencia general	Buena similitud con la textura característica
4	No me gusta ni me disgusta el olor	Presenta algunas características del color	Presenta algunas características de la apariencia normal	Presenta algunas características de la apariencia
3	Me disgusta un poco el olor	Se aleja del color característico	Se aleja de la apariencia normal color característico	Se aleja de la textura característica
2	Me disgusta el olor	Lejos del color característico	Lejos de la apariencia normal	Lejos de la textura característica
1	Me disgusta mucho el olor	Muy lejos del color característico	Muy lejos de la apariencia normal	Muy lejos de la textura característica

Fuente: Adaptado de Sotomayor (2008).

Los datos resultados de la evaluación sensorial fueron analizados estadísticamente a través de la prueba no paramétrica de Friedman a un nivel de significación $\alpha = 5 \%$ y su correspondiente prueba de clasificación de tratamientos (Sotomayor, 2008).

El procedimiento de la prueba de Friedman se resume de la siguiente manera:

Suma de los rangos de cada condición (tratamiento); aplicando las siguientes fórmulas.

$$Rt = \sum_{j=1}^b Rij$$

$$A_2 = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^b Rij^2$$

$$B_2 = \frac{1}{b} \sum_{i=1}^k Ri^2$$

$$T_2 = \frac{(n-1) \left[B_2 - \left(\frac{bk(k+1)^2}{4} \right) \right]}{A_2 - B_2}$$

$$T_2 = \frac{(k-1) \left[bB - \left(\frac{b^2k(k+1)^2}{4} \right) \right]}{A_2 - \frac{bk(k+1)^2}{4}}$$

Cuando la hipótesis nula es rechazada, la prueba de Friedman presenta un procedimiento para comparar a los tratamientos por pares. Los tratamientos i y j difieren significativamente si satisfacen la siguiente desigualdad

$$F = t_{(1-\frac{\alpha}{2}), ((b-1)(k-1))} \sqrt{\frac{2b(A_2 - B_2)}{(b-1)(k-1)}}$$

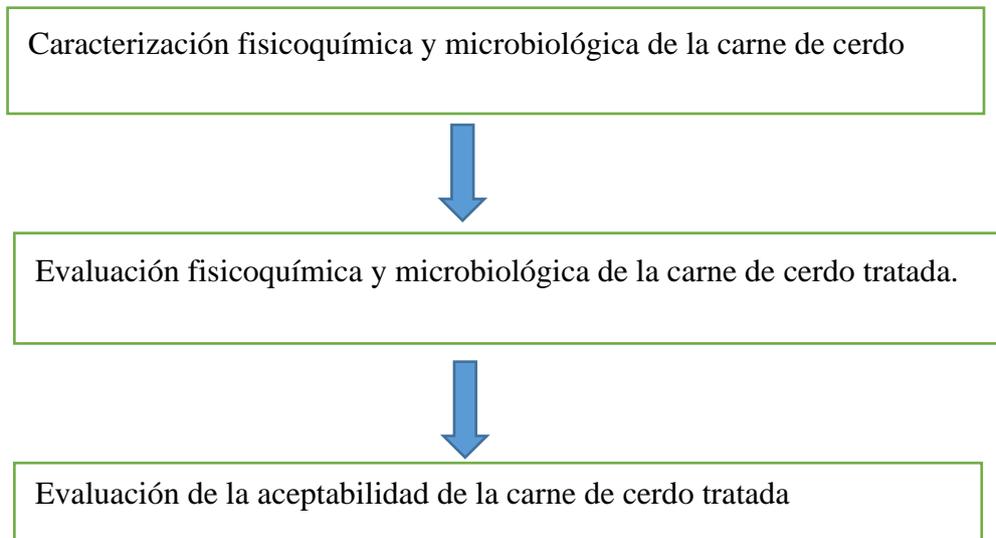
Para las múltiples comparaciones los criterios de decisión son:

$|R_i - R_j| > F$ se rechaza la H_0

$|R_i - R_j| \leq F$ se acepta la H_0

Figura 2

Se muestra las tres etapas experimentales consideradas en la investigación.



Fuente: elaboración propia.

3.6.1. Caracterización fisicoquímica y microbiológica de la carne.

Comprendieron dos tipos de caracterizaciones: la fisicoquímica y la microbiológica. Para las mediciones biométricas, se tomaron al azar 40 unidades de carne de cerdo de 5 gramos de peso aproximadamente, en corte tipo filete de aproximadamente de dos por dos centímetros y un centímetro de espesor (4 cm^3). Este procedimiento se realizó con la finalidad de caracterizar la materia prima en cuanto a, peso y color, y a su vez cuantificar la carga microbiana en el proceso de aplicación del plasma frío sobre su superficie.

En lo que respecta a la caracterización fisicoquímica, se enfocó en ensayos fisicoquímicos de la carne de cerdo, considerando el pH, acidez total y proteína total.

3.6.2. Evaluación fisicoquímica y microbiológica de la carne de cerdo tratada.

Se evaluó el comportamiento del pH, acidez total, proteína total, y la carga microbiana durante cinco, diez y quince minutos de tratamiento con plasma frío.

3.2.4. *Evaluación de la aceptabilidad de carne de cerdo tratado*

La degradación del pH, acidez total, proteína total, y la carga microbiana durante 1 día a temperatura ambiente, están de alguna forma relacionados entre sí y a su vez con la pérdida sensorial de la aceptabilidad. Es por esta razón que también se evaluó el efecto de los tratamientos de estudio, en la variación de la aceptabilidad durante: cinco, diez y quince minutos de tratamiento con plasma frío. La evaluación sensorial se realizó mediante panelistas semientrenados y utilizando una escala hedónica de 7 puntos.

Estrategia de prueba de hipótesis

Para contrastar las hipótesis de la investigación, los datos cuantitativos de las expresiones numéricas de pH, acidez total, proteína total, y la carga microbiana durante cinco, diez y quince minutos de tratamiento con plasma frío, serán procesados estadísticamente, a través de un análisis de varianza, a través del cual se determinará si se acepta o rechaza la hipótesis nula. De la misma manera, se procedió con los resultados cualitativos de la evaluación sensorial, pero utilizándose la prueba estadística no paramétrica de Friedman.

Hipótesis nula general

H_0 : los factores tiempo y temperatura del plasma frío, no tienen efecto sobre la eliminación de microorganismos patógenos, cambios fisicoquímicos y organolépticos en carne de cerdo.

$$H_0: \tau_1 = \tau_2 = 0$$

Hipótesis de investigación

H_1 : al menos uno de los parámetros, tales como tiempo o temperatura del plasma frío, influye significativamente, de forma favorable, sobre la eliminación de microorganismos patógenos, cambios fisicoquímicos y organolépticos en carne de cerdo.

$$H_1: \text{al menos un } \tau_i \neq 0$$

Hipótesis nulas específicas

H₀: el tiempo en el plasma frío, no tienen efecto sobre la eliminación de microorganismos patógenos, cambios fisicoquímicos y organolépticos en carne de cerdo.

$$H_0: \tau_1 = \tau_2 = 0$$

$$H_1: \tau_1 \neq \tau_2$$

H₀: la temperatura del plasma frío, no tienen efecto sobre la eliminación de microorganismos patógenos, cambios fisicoquímicos y organolépticos en carne de cerdo.

$$H_0: \tau_1 = \tau_2 = 0$$

$$H_1: \tau_1 \neq \tau_2$$

IV. RESULTADOS

4.1. Contrastación de hipótesis

4.1.1 *Efecto del tiempo de acción del plasma frío, sobre la eliminación de microorganismos patógenos, cambios fisicoquímicos y organolépticos en carne de cerdo.*

Los análisis de varianza sobre la eliminación de microorganismos patógenos, se muestran en las tablas 7 y 8 para la temperatura de 25 grados centígrados y en la tabla 9 y 10 para 30 grados centígrados, en la que no existe, estadísticamente, diferencia significativa entre los tiempos y temperaturas de exposición alcanzado a los 15 minutos la destrucción de patógenos; los análisis de varianza de los cambios fisicoquímicos se muestran en las tablas 12, 13, 14 y 15 a 25 grados centígrados, las tablas 16, 17, 18 y 19 a 30 grados centígrados, muestran que no existe, estadísticamente, diferencia significativa, indicando que la aplicación del plasma sobre la carne de cerdo no afecta los cambios fisicoquímicos; asimismo los resultados estadísticos de la Prueba de Friedman para olor color, apariencia y textura se muestran en las tablas 20, 21, 22 y 23, señalan que existen diferencias significativas y que la aplicación de plasma frío no afecta los atributos evaluados; por lo tanto se rechaza la hipótesis nula establecida.

4.1.2 *Efecto de la temperatura del plasma frío, sobre la eliminación de microorganismos patógenos, cambios fisicoquímicos y organolépticos en carne de cerdo.*

Los mismos anexos y en el mismo orden que se señalan en el ítem anterior, señalan que existen diferencias significativas entre las temperaturas de 25 y 30 grados

4.2. Análisis e interpretación

4.2.1 *Efecto del tiempo de acción del plasma frío, sobre la eliminación de microorganismos patógenos, cambios fisicoquímicos y organolépticos en carne de cerdo.*

En la Tabla 5, se presenta el resumen de los resultados de los análisis y determinaciones fisicoquímicas y microbiológicas de la carne de cerdo. (Más detalles en el Anexo 1).

Tabla 5

Componentes fisicoquímicos y organolépticos de la carne de cerdo.

Componentes	Cantidad
Humedad (g/100g de muestra)	65,13 ± 0,01
Acidez total (% Ácido Láctico g/100ml)	0,5 ± 0,5
pH	5,4 ± 0,5
Proteína (g/100g de muestra)	27,05 ± 0,01
Olor	Buen olor
Color	Buena similitud con el color característico
Apariencia general	Buena similitud con la apariencia general
Textura	Buena similitud con la apariencia

Fuente: elaboración propia.

Al observar los componentes de la Tabla 5, se deduce, rápidamente, que la importancia de la carne de cerdo se centra en su contenido de proteína, que son valores, estadísticamente, significativos en este recurso.

Entre los componentes más vinculados a la investigación encontramos a la humedad con 65,13 (g/100g de muestra), pH con 5,46, acidez total con 0,55 de % Ácido láctico/100ml, proteínas con 27,05 g/100g de muestra., estas características y componentes determinados nos permitieron tener una línea base de la materia prima utilizada en la investigación, para luego continuar con la deshidratación y luego con la evaluación de estos componentes durante el almacenamiento.

Tabla 6*Características microbiológicas iniciales de carne de cerdo*

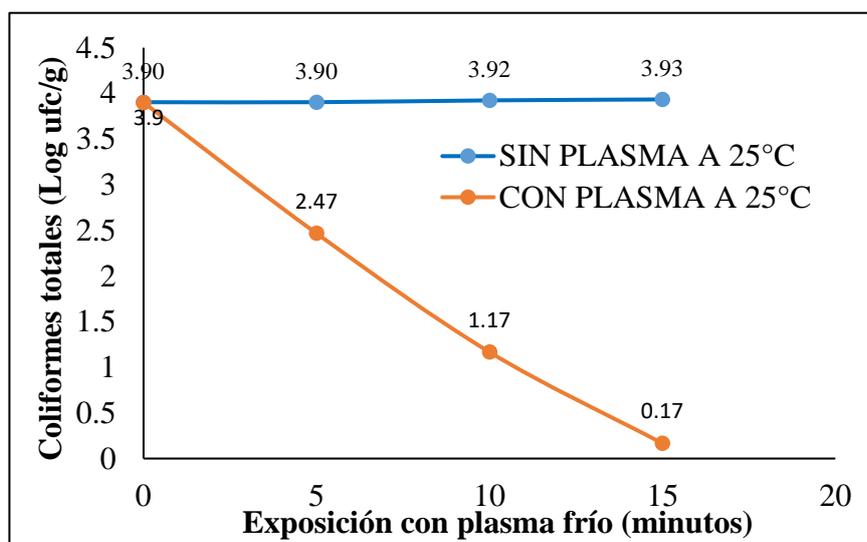
Dimensión	Cantidad
Coliformes totales (ufc/g)	3,9 ± 0,01
Salmonella	Presencia
Aerobios viables (ufc/g)	5,24 ± 0,04

Fuente: elaboración propia.

En relación a las características microbiológicas la carne proveniente del mercado de abastos de la ciudad de Huaraz, presenta una carga microbiana, el cual se expende como parte de la carne de cerdo. **Tiempos de exposición al plasma frío a la temperatura de 25 grados centígrados sobre la carga microbiana en carne de cerdo.** Las curvas de destrucción microbiana en la carne de cerdo se muestran en las Figuras 3, 4 y 5, las mismas que fueron construidas a partir de los datos de tiempos de exposición de plasma frío a diferentes temperaturas sobre carga microbiana de la carne de cerdo cuyos detalles se presentan en el Anexo 2.

Figura 3

Gráfica de destrucción de coliformes totales en función al tiempo de exposición al plasma frío y 25°C.



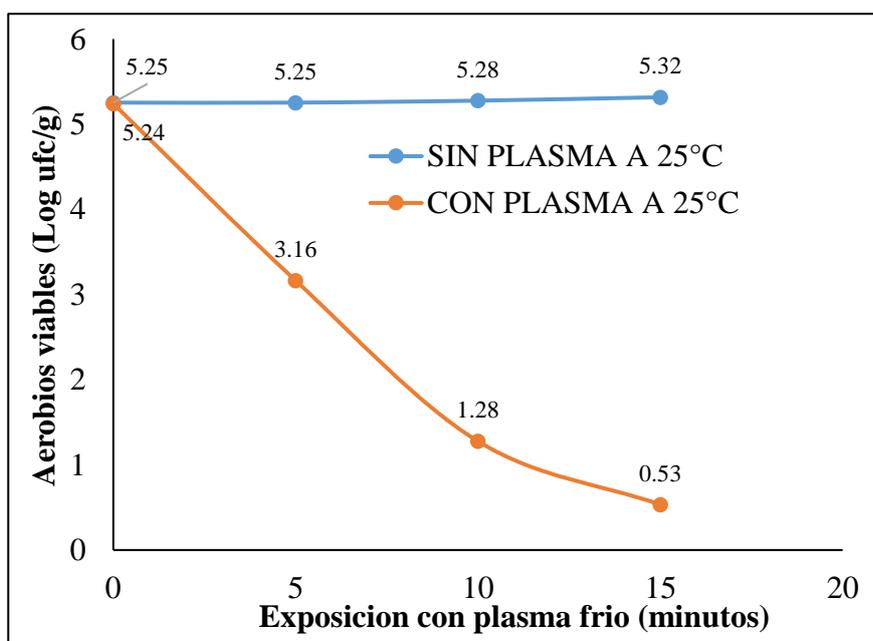
Fuente: elaboración propia.

De acuerdo a los datos del Anexo 2, la tendencia de coliformes totales, determinada experimentalmente, para la carne de cerdo expuestos a 0, 5, 10 y 15 minutos de exposición de plasma frío, alcanza a los 15 minutos un valor de 0,16 ufc/g de coliformes totales, mientras que la curva sin exposición al plasma a los 15 minutos tiene 3,93 ufc/g de coliformes totales. En la Figura 3, se muestra que la tendencia de las curvas a los 0, 5, 10 y 15 minutos con exposición al plasma frío y sin exposición al plasma frío a 25 grados centígrados, en donde se observan diferencias de las tendencias.

En la Figura 4, se grafica la tendencia de destrucción de aerobios viables expuestos a 0, 5, 10, 15 minutos de exposición del plasma a 25 grados centígrados. Se evidencia en la curva decreciente conforme aumenta el tiempo exposición aumenta hasta los 15 minutos en donde los de *aerobios viables* alcanza el valor de 0,53 ufc/g; por otro parte, se observa una la curva sin exposición al plasma frío que sigue una tendencia al crecimiento microbiano.

Figura 4

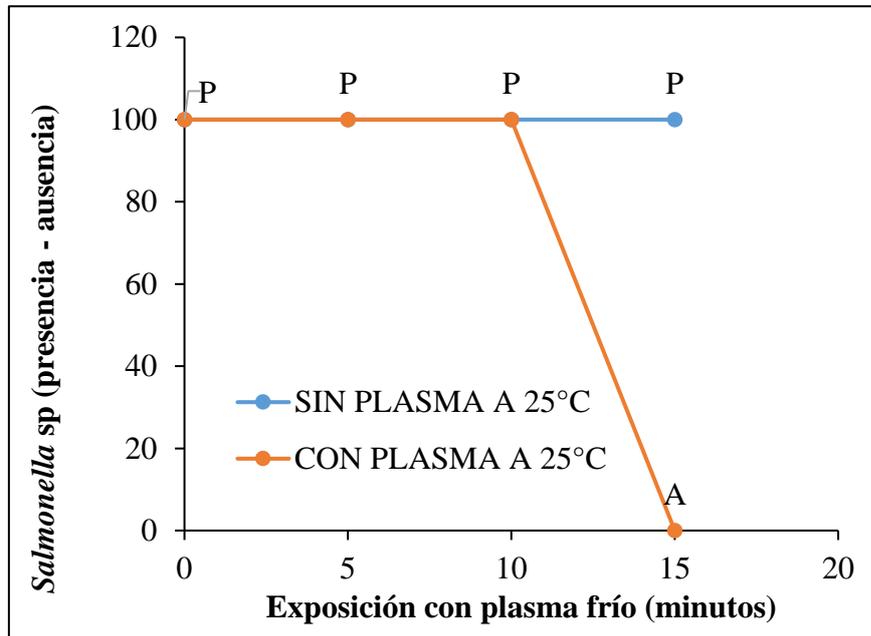
Curva de destrucción de aerobios viables en función al tiempo de exposición de plasma frío y 25°C.



Fuente: elaboración propia.

Figura 5

Curva de destrucción de la *salmonella sp* en función al tiempo de exposición de plasma frío y 25°C.



Fuente: elaboración propia.

En la Figura 5, se grafica la tendencia de destrucción de la *salmonella sp* expuestos a 0, 5, 10, 15 minutos de exposición del plasma a 25 grados centígrados. Observamos que a 15 minutos existe la no presencia de la *salmonella sp* en la superficie de la carne; también se evidencia que la curva sin exposición al plasma frío que sigue una tendencia al crecimiento microbiano como presencia de la *salmonella sp*.

Tabla 7

ANVA de destrucción de coliformes totales en función al tiempo de exposición al plasma frío y 25 grados centígrados.

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft(0,05)
Tiempos	3	18,71	6,23667	1,402128297	3,70826
Error	10	44,48	4,448		
Total	13	63,19	4,86077		

Fuente: elaboración propia.

En cada columna las medias con diferente letra son significativamente diferentes de acuerdo a la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

Tabla 8

ANVA de destrucción de aerobios viables en función al tiempo de exposición de plasma frío y 25°C.

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft(0,05)
Tiempos	3	31,609	10,5363333	1,35258073	3,708264819
Error	10	77,898	7,7898		
Total	13	109,507	8,42361538		

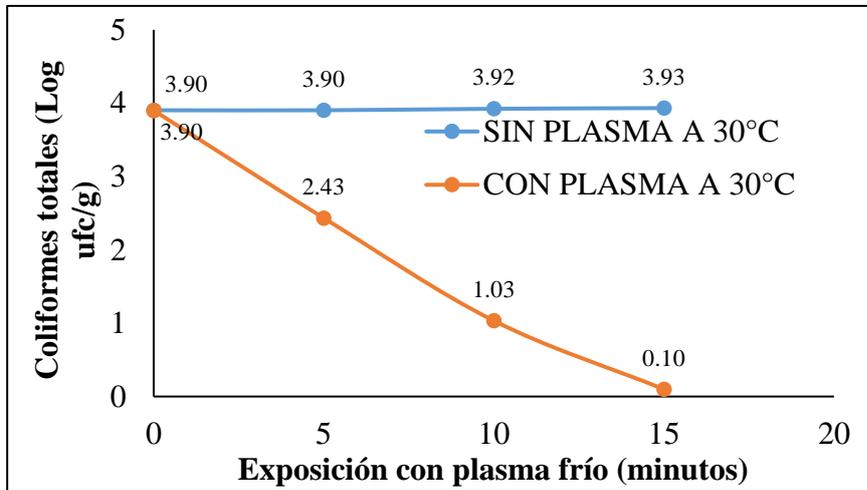
Fuente: elaboración propia.

Tiempos de exposición al plasma frío a la temperatura de 30 grados centígrados para la carga microbiana de la carne de cerdo.

Las curvas de destrucción microbiana en la carne de cerdo se muestran en las Figuras 6, 7 y 8, las mismas que fueron construidas a partir de los datos de diferentes tiempos de exposición de plasma frío a 30 grados centígrados sobre la carga microbiana de la carne de cerdo cuyos detalles se presentan en el Anexo 3.

Figura 6

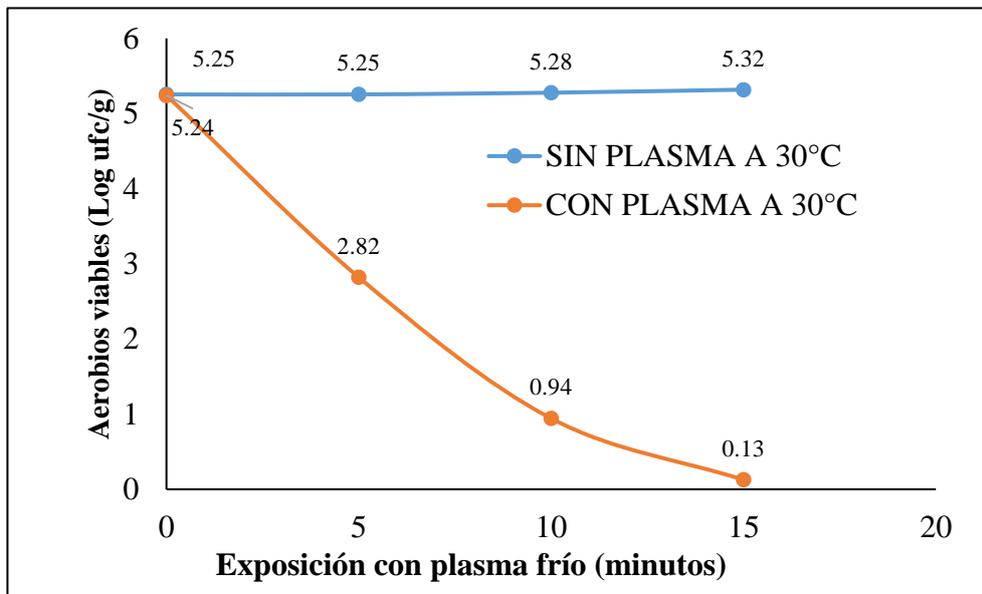
Gráfica de destrucción de coliformes totales en función al tiempo de exposición al plasma frío y 30°C.



Fuente: elaboración propia.

Figura 7

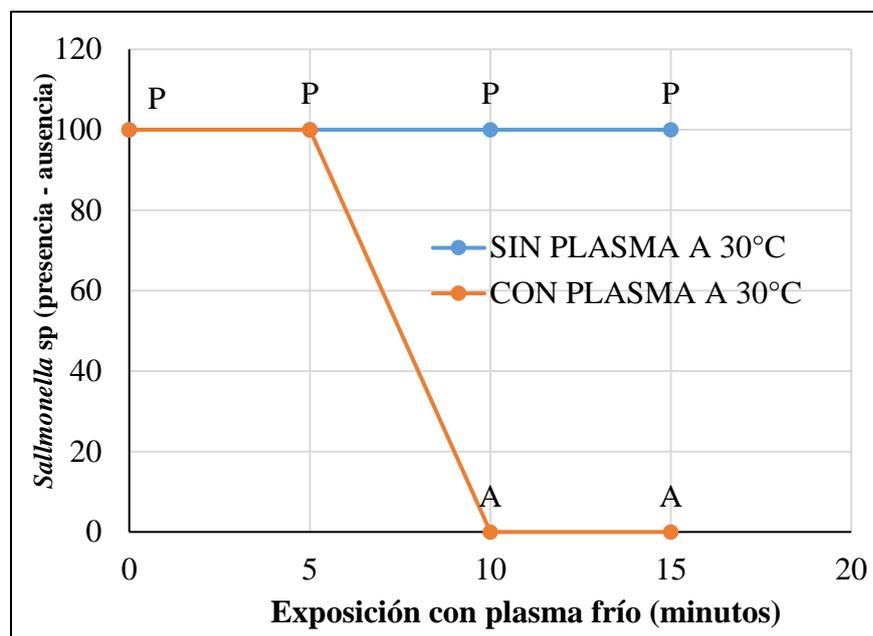
Gráfica de destrucción de aerobios viables en función al tiempo de exposición al plasma frío y 30°C.



Fuente: elaboración propia.

Figura 8

Gráfica de destrucción de salmonella sp en función al tiempo de exposición al plasma frío y 30 °C.



Fuente: elaboración propia.

Tabla 9

ANVA de destrucción de coliformes totales en función al tiempo de exposición al plasma frío y 30 °C.

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft(0,05)
Tiempos	3	18,5619	6,1873		3,7083
Error	10	43,4324	4,34324		
Total	13	61,9943	4,76879		

Fuente: elaboración propia

Para los tiempos según el ANVA para una $p < 0,05$ no es significativo, lo que indica que en los tres tiempos los resultados de destrucción de coliformes totales son iguales estadísticamente, a una temperatura de exposición de 30 grados centígrados.

Tabla 10

ANVA de destrucción de aerobios viables en función al tiempo de exposición al plasma frio y 30 °C.

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft (0.05)
Tiempos	3	31,609	10,5363333	1,35258073	3,70826482
Error	10	77,898	7,7898		
Total	13	109,507	8,42361538		

Fuente: elaboración propia

Para los tiempos según el ANVA para una $p < 0,05$ no es significativo, lo que indica que en los tres tiempos los resultados de destrucción de aerobios viables son iguales estadísticamente, a una temperatura de exposición de 30 grados centígrados.

Cálculo del tiempo de exposición al plasma frio a la temperatura de 25 grados centígrados para los cambios fisicoquímicos.

Las curvas de destrucción microbiana en la carne de cerdo se muestran en las Figuras 12, 13 y 14, las mismas que fueron construidas a partir de los datos de tiempos de exposición de plasma frio a diferentes temperaturas sobre carga microbiana de la carne de cerdo cuyos detalles se presentan en el Anexo 2.

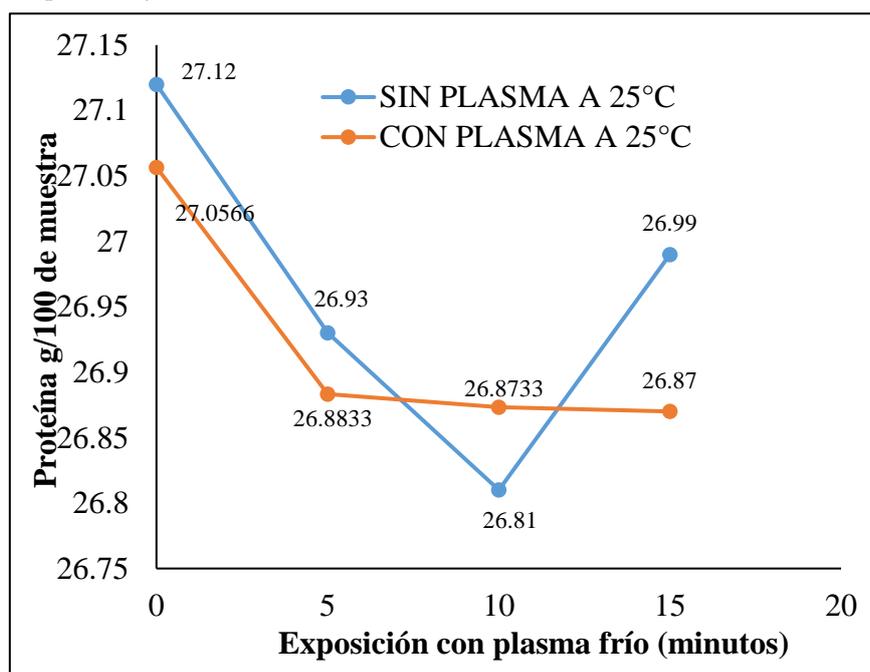
Tabla 11*Características fisicoquímicas iniciales de carne de cerdo*

Dimensión	Cantidad
Proteína g/100 de muestra	27,05 ± 0,2
Humedad	65,1 ± 0,3
% de ácido láctico(g/100ml)	1,67 ± 0,05
pH	5,4 ± 0,2

Fuente: elaboración propia.

Figura 9

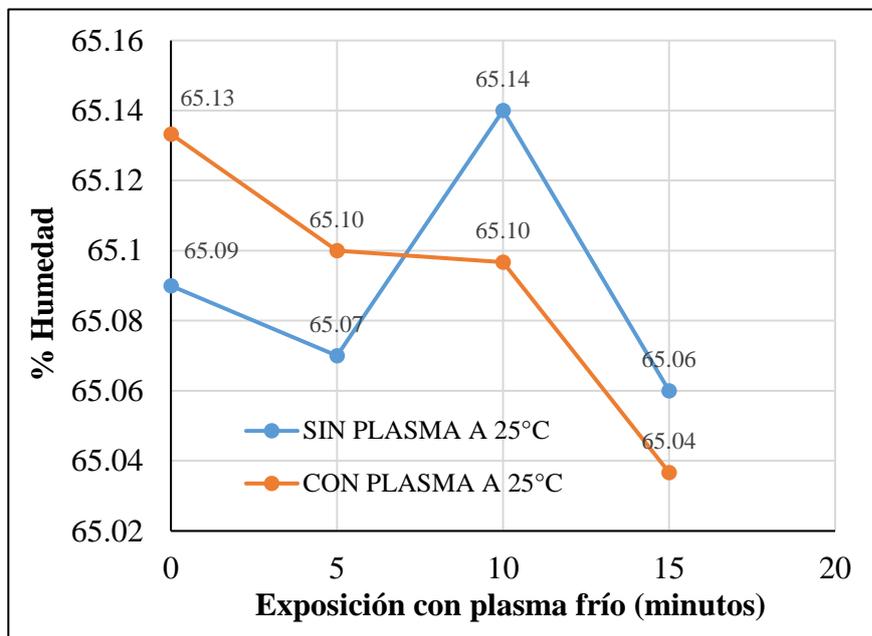
Gráfica de variación de la proteína g/100 de carne de cerdo en función al tiempo de exposición al plasma frío a 25 °C.



Fuente: elaboración propia.

Figura 10

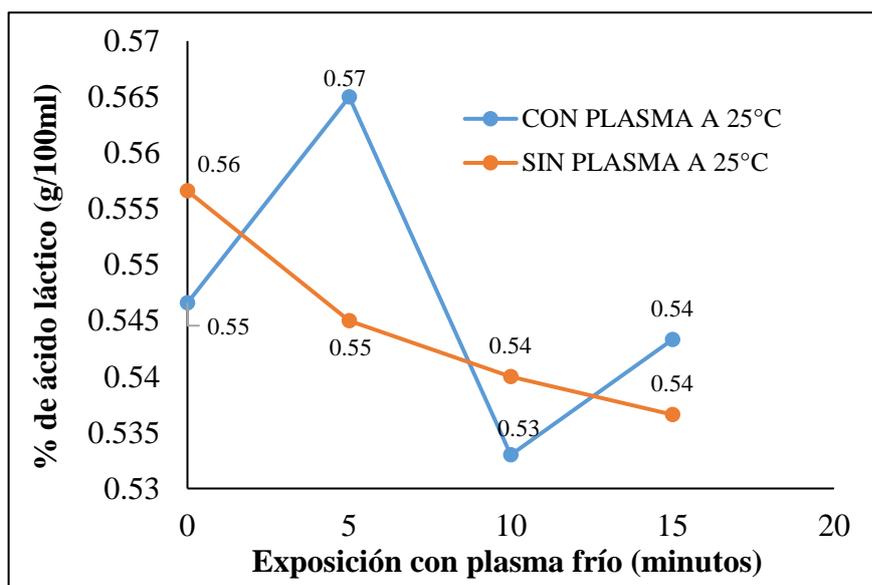
Gráfica de variación de la humedad de la carne de cerdo en función al tiempo de exposición al plasma frío a 25 °C.



Fuente: elaboración propia.

Figura 11

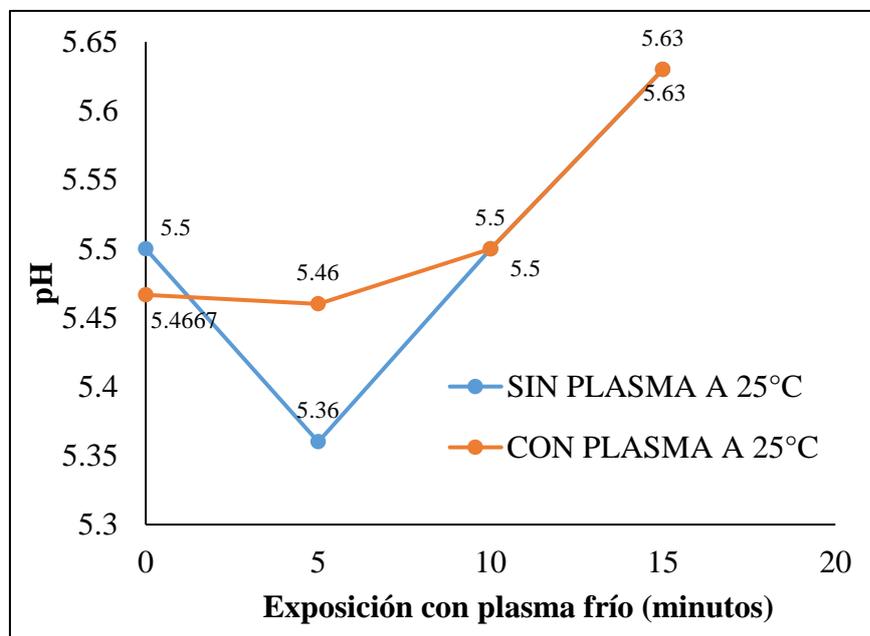
Gráfica de variación del % de ácido láctico (g/100ml) de la carne de cerdo en función al tiempo de exposición al plasma frío a 25 °C.



Fuente: elaboración propia.

Figura 12

Gráfica de variación del pH de la carne de cerdo en función al tiempo de exposición al plasma frío a 25 °C.



Fuente: elaboración propia.

Tabla 12

ANVA de la variación de la proteína de carne de cerdo en función al tiempo de exposición al plasma frío y 25 °C.

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft (0,05)
Tiempos	3	1264,2	421,40	0,65167	3,7082
Error	10	6466,5	646,651		
Total	13	7730,7	594,671		

Para los tiempos según el ANVA para una $p < 0,05$ no es significativo, lo que indica que en los tres tiempos los resultados la proteína que son iguales estadísticamente, a una temperatura e exposición de 25 °C.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 13

ANVA de la variación de la humedad de la carne de cerdo en función al tiempo de exposición al plasma frío y 25 °C.

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft (0.05)
Tiempos	3	7191.0890	2397.0296	0.63073	3.7082
Error	10	38003.737	3800.3737		
Total	13	45194.826	3476.5250		

Para los tiempos según el ANVA para una $p < 0.05$ no es significativo, lo que indica que en los tres tiempos los resultados de la humedad son iguales estadísticamente, a una temperatura de exposición de 25 °C.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 14

ANVA de la variación del % de ácido láctico (g/100ml) de la carne de cerdo en función al tiempo de exposición al plasma frío y 25 °C.

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft (0.05)
Tiempos	3	1.4752	0.4917	0.0139	3.7082
Error	10	351.42	35.142		
		5			
Total	13	352.9	27.146		

Para los tiempos según el ANVA para una $p < 0,05$ no es significativo, lo que indica que en los tres tiempos los resultados de la variación del % de ácido láctico son iguales estadísticamente, a una temperatura de exposición de 25 °C.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 15

ANVA de la variación del pH de la carne de cerdo en función al tiempo de exposición al plasma frío y 25 °C.

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft (0,05)
Tiempos	3	61,9251	20,6417	0,7855	3,7082
Error	10	262,7967	26,2796		
Total	13	324,7218	24,9786		

Para los tiempos según el ANVA para una $p < 0.05$ no es significativo, lo que indica que en los tres tiempos los resultados del pH son iguales estadísticamente, a una temperatura de exposición de 25 °C.

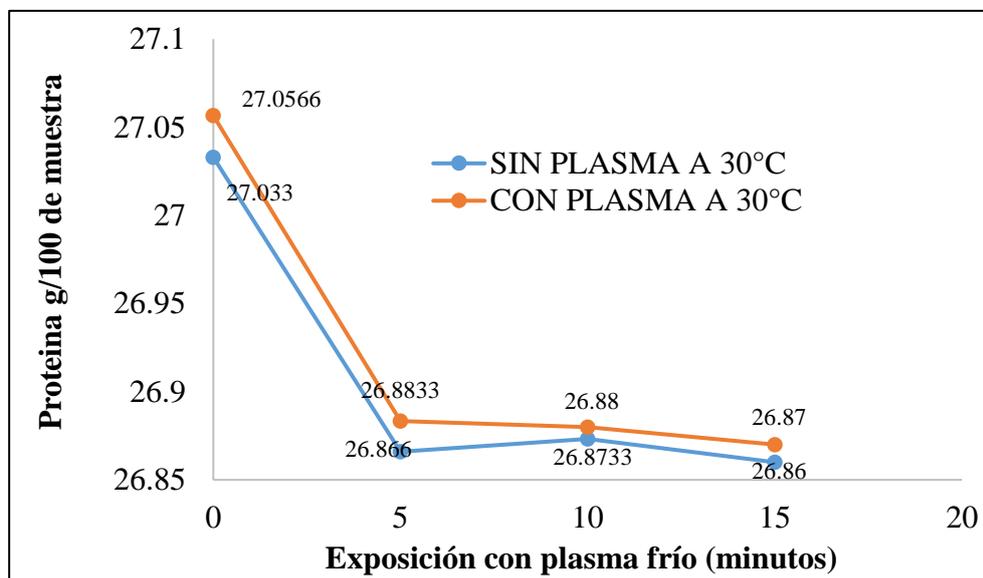
Fuente: elaboración propia.

Cálculo del tiempo de exposición al plasma frío a la temperatura de 30 °C para los cambios fisicoquímicos.

Las curvas de destrucción microbiana en la carne de cerdo se muestran en las Figuras 12, 13 y 14, las mismas que fueron construidas a partir de los datos de tiempos de exposición de plasma frío a diferentes temperaturas sobre carga microbiana de la carne de cerdo cuyos detalles se presentan en el Anexo 2.

Figura 13

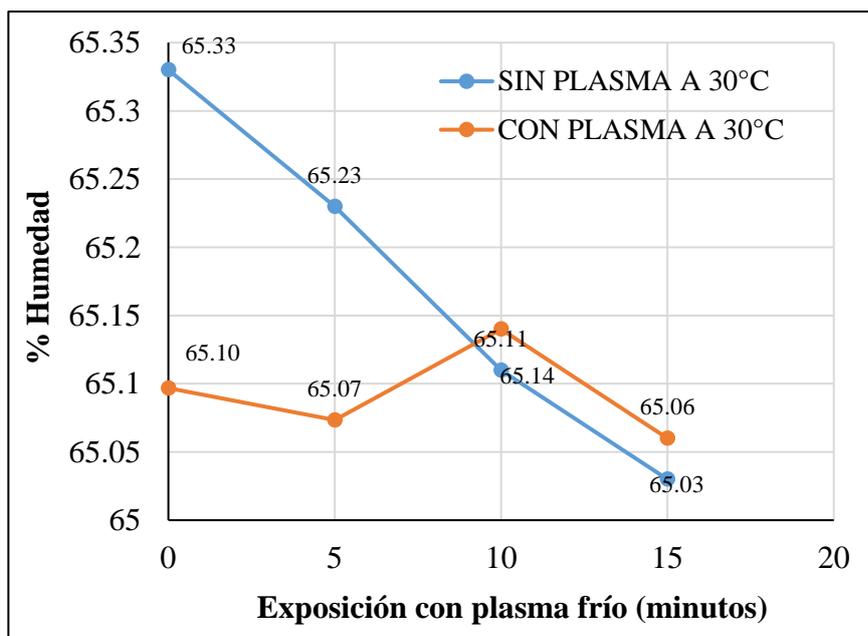
Gráfica de variación de la proteína g/100 de carne de cerdo en función al tiempo de exposición al plasma frío a 30 °C.



Fuente: elaboración propia

Figura 14

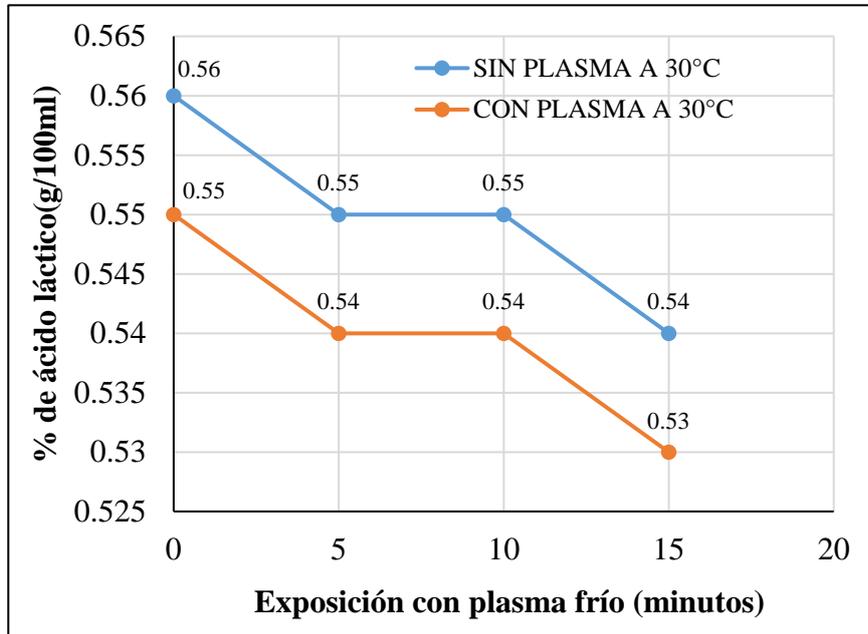
Gráfica de variación de la humedad de la carne de cerdo en función al tiempo de exposición al plasma frío a 30 °C.



Fuente: elaboración propia

Figura 15

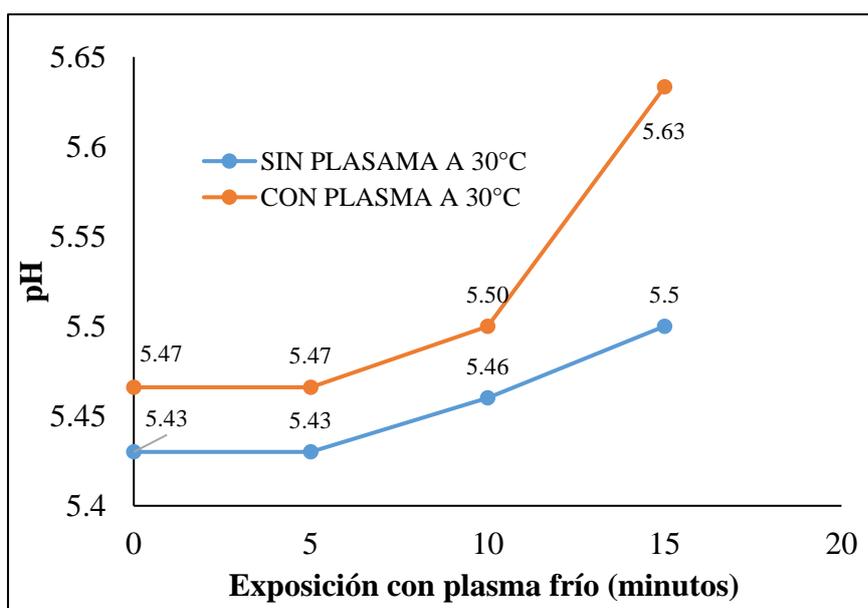
Gráfica de variación del % de ácido láctico (g/100ml) de la carne de cerdo en función al tiempo de exposición al plasma frío a 30 °C.



Fuente: elaboración propia

Figura 16

Gráfica de variación del pH de la carne de cerdo en función al tiempo de exposición al plasma frío a 30 °C.



Fuente: elaboración propia

Tabla 16

ANVA de la variación de la proteína de carne de cerdo en función al tiempo de exposición al plasma frío a 30 °C.

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft (0,05)
Tiempos	3	18,71	6,2366	1,4021	3,7082
Error	10	44,48	4,448		
Total	13	63,19	4,8607		

Para los tiempos según el ANVA para una $p < 0,05$ no es significativo, lo que indica que en los tres tiempos de tratamiento los resultados de la variación de proteína de carne de cerdo son iguales estadísticamente, a una temperatura de exposición de 30 grados centígrados.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 17

ANVA de la variación de la humedad de la carne cerdo en función al tiempo de exposición al plasma frío a 30 °C.

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft(0,05)
Tiempos	3	7191,089	2397,0296	0,6307	3,7082
Error	10	38003,737	3800,3737		
Total	13	45194,826	3476,5258		

Para los tiempos según el ANVA para una $p < 0,05$ no es significativo, lo que indica que en los tres tiempos los resultados de la variación de humedad de la carne de cerdo son iguales estadísticamente, a una temperatura de exposición de 30 °C.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 18

ANVA de la variación del % de ácido láctico de la carne de cerdo en función al tiempo de exposición al plasma frío a 30 °C.

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft(0,05)
Tiempos	3	1,0752	0,3584	1,9411	3,7082
Error	10	1,8463	0,1846		
Total	13	2,9215	0,2247		

Para los tiempos según el ANVA para una $p < 0.05$ no es significativo, lo que indica que en los tres tiempos los resultados de la variación del % de ácido láctico de la carne de cerdo son iguales estadísticamente, a una temperatura de exposición de 30 °C.

Fuente: elaboración propia

Tabla 19

ANVA de la variación del pH de la carne de cerdo en función al tiempo de exposición al plasma frío a 30 °C.

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft(0,05)
Tiempos	3	61,925	20,642	0,7854	3,7082
Error	10	262,795	26,28		
Total	13	324,72	24,978		

Para los tiempos según el ANVA para una $p < 0,05$ no es significativo, lo que indica que en los tres tiempos los resultados de la variación del pH de la carne de cerdo son iguales estadísticamente, a una temperatura de exposición de 30 °C.

Fuente: elaboración propia.

4.2.5. *Evaluación de la aceptabilidad de la carne de cerdo tratado con plasma frío por 15 minutos a 20 y 25°C; respectivamente.*

En los Anexos 6 a, 6 b, 6 c, y 6 d, se presentan los resultados completos del procesamiento estadístico de la evaluación sensorial de la carne de cerdo tratado con plasma frío por 15 minutos a 20 y 25 °C, en los atributos olor, color, apariencia general y textura comparado con una carne de cerdo sin aplicación de plasma. Para los atributos sensoriales evaluados, la prueba de Friedman ($p < 0,05$), señala que se debe de aceptar la hipótesis nula; es decir, que no existen diferencias significativas en los atributos del olor, color, apariencia general y textura entre los diferentes tratamientos aplicados en la carne de cerdo.

En las Tablas 20, 21, 22 y 23 se resume la clasificación de tratamientos de acuerdo a la Prueba no paramétrica de Friedman, para el atributo de olor, color, apariencia y textura de la carne de cerdo el almacenamiento de un día.

Se aprecia no se diferencia estadísticamente entre los tratamientos de la carne de cerdo para los atributos evaluados.

Tabla 20

Promedios de la evaluación sensorial del atributo olor y clasificación de acuerdo a la Prueba de Friedman a $\alpha = 0,05$.

Tratamientos	Rangos	Medias	Clasificación
Sin plasma (carne normal)	1,97	4,40	a
Con plasma 25 °C, 15 minutos	2,07	4,47	a
Con plasma 30 °C, 15 minutos	1,97	4,40	a

En cada columna las medias con igual letra son significativamente iguales de acuerdo a la prueba de Friedman ($p < 0,05$)

Fuente: elaboración propia.

La Tabla 20, reporta que la carne de cerdo tratado con plasma frío por 15 minutos a 25 y 30 grados centígrados son iguales estadísticamente para el atributo olor y a la vez igual a la carne de cerdo sin tratamiento del plasma frío.

Tabla 21

Promedios de la evaluación sensorial del atributo color y clasificación de acuerdo a la Prueba de Friedman a $\alpha=0,05$.

Tratamientos	Rangos	Medias	Clasificación
Sin plasma (carne normal)	1,83	4,20	a
Con plasma 25 °C, 15 minutos	1,93	4,27	a
Con plasma 30 °C, 15 minutos	2,23	4,47	a

En cada columna las medias con igual letra son significativamente iguales de acuerdo a la prueba de Friedman ($p<0,05$)

Fuente: elaboración propia.

La Tabla 21, reporta que la carne de cerdo tratado con plasma frío por 15 minutos a 25 y 30 °C, es igual estadísticamente para el atributo color, y a la vez igual a la carne de cerdo sin tratamiento del plasma frío.

Tabla 22

Promedios de la evaluación sensorial del atributo apariencia y clasificación de acuerdo a la Prueba de Friedman a $\alpha=0,05$.

Tratamientos	Rangos	Medias	Clasificación
Sin plasma (carne normal)	1,90	4,33	a
Con plasma 25 °C, 15 minutos	2,10	4,47	a
Con plasma 30 °C, 15 minutos	2,00	4,40	a

En cada columna las medias con igual letra son significativamente iguales de acuerdo a la prueba de Friedman ($p<0,05$).

Fuente: elaboración propia.

La Tabla 22, reporta que la carne de cerdo tratado con plasma frío por 15 minutos a 25 y 30 grados centígrados son iguales estadísticamente para el atributo apariencia, y a la vez igual a la carne de cerdo sin tratamiento del plasma frío.

Tabla 23

Promedios de la evaluación sensorial del atributo textura y clasificación de acuerdo a la Prueba de Friedman a $\alpha=0,05$.

Tratamientos	Rangos	Medias	Clasificación
Sin plasma (carne normal)	2,10	4,60	a
Con plasma 25 °C, 15 minutos	2,00	4,53	a
Con plasma 30 °C, 15 minutos	1,90	4,47	a

En cada columna las medias con igual letra son significativamente iguales de acuerdo a la prueba de Friedman ($p<0,05$)

Fuente: elaboración propia.

La Tabla 23, reporta que la carne de cerdo tratado con plasma frío por 15 minutos a 25 y 30 grados centígrados es igual estadísticamente para el atributo textura, y a la vez igual a la carne de cerdo sin tratamiento del plasma frío.

V. DISCUSIÓN

La descontaminación de la carne de cerdo, por esta metodología es suficientemente buena y efectiva, además de tener un efecto beneficioso en mantener la calidad de los productos con alta cantidad de grasa, coincidiendo, muy de cerca, con lo reportado por (Perni et al., 2008)

La flora microbiana, tanto benéfica como no benéfica, en la carne de cerdo (y posiblemente en otros recursos cárnicos de procedencia animal), fue reducida en 4,3 tiempos de reducción decimal (D) o 4,3 log; llegando a obtener valores relativamente cercanos a los reportados por Shi *et al.*, (2011).

El tratamiento propuesto y efectuado a la carne de cerdo, al igual que se le aplicó a la leche, siguen tendencias idénticas, existiendo estadísticamente, diferencia no significativa; coincidiendo con la mencionado por (El Aragi & Rahman, 2008).

En los tratamientos efectuados a la carne de cerdo, en donde las condiciones de trabajo fueron mantener los tiempos de proceso, pero la temperatura mantenida por debajo o inferior a 30°C, reportaron resultados muy próximos a los indicados por (Leipold et al., 2011).

Los resultados, de la descontaminación microbiana de la carne de cerdo, respecto a la aplicación de la presión al proceso, manteniendo el tiempo y la temperatura a condiciones constantes de operación, resulto ser, adicionalmente, una buena tecnología de descontaminación, y por lo tanto de conservación de la carne de cerdo; coincidiendo fehacientemente lo mencionado por (Yun et al., 2010).

El efecto de la temperatura de exposición del plasma frío a 25 y 30 °C, sobre la carne de cerdo, es pronunciada sobre la carga microbiana, coincidiendo con lo reportado por (Frankin & Braithwaite, 2009).

5.1. Del efecto de diferentes niveles de tiempo y temperatura del plasma frío sobre la eliminación de microorganismos patógenos en carne de cerdo.

El plasma frío se utiliza en diversas áreas de la industria debido a su capacidad de inhibir microorganismos según (Pankaj et al., 2017). La carne de cerdo es un alimento debido a su aporte en proteínas, los resultados de la Tabla 5, muestran las características de la materia prima, en la cual se utilizó para el desarrollo de los experimentos con el plasma frío, los componentes de la carne están acorde a los parámetros establecidos en la literatura, sin embargo en cuanto a la carga microbiana, se observa que en coliformes totales, se obtuvo 3,9 Log UFC/g, presencia de *Salmonella* sp y 5,24 Log ufc/g de aerobios viables, según los criterios microbiológicos, estos valores están dentro del rango a excepción de la presencia de *Salmonella* sp. Los diferentes tratamientos con plasma frío aplicados a la carne de cerdo, mostraron diferencias significativas en la reducción microbiana, por ejemplo, a 25 °C, los coliformes totales se redujeron de 3.9 Log ufc/g hasta 0,16 Log ufc/g, mientras que a 30 °C se redujo hasta 0,1 Log ufc/g (Figuras 3 y 6), en el caso de aerobios viables, a 25 °C se redujo de 5,24 Log ufc/g hasta 0,53 Log ufc/g y a 30 °C se redujo hasta 0,12 Log ufc/g, para ambos casos, la reducción microbiana fue proporcional al tiempo (Figuras 4 y 7). Sin embargo, para la *Salmonella*, a 25 °C el efecto inhibitor se observó a partir de los 10 minutos, inhibiéndose completamente a los 15 minutos de tratamiento con plasma frío, de manera similar ocurrió con el tratamiento a 30 °C observándose una reducción a partir de los 5 minutos inhibiendo la total de células a los 10 minutos de tratamiento (Figura 5 y 8). Los tratamientos con plasma frío son efectivos para reducir enterobacterias como *Salmonella* (Ziuzina, 2017), incluso toxinas Thomas-Popo et al. (2019), por ejemplo Roh et al., (2020) redujo *Salmonella* en carne de pollo en formas de cubo un total de 3,7 Log ufc/cubo, sin embargo la efectividad del plasma para reducir la carga microbiana está en función del tipo de gas utilizado, por ejemplo Hertwig et al., (2017), lograron inactivar *Salmonella Enteritidis* PT30 con Aire > 5.0 log₁₀, con O₂ 4.8

Log10 y N2 2.0 log10 luego de 15 min de tratamiento, estos efectos estaría relacionados con los diferentes radicales libres que generan los diferentes gases que son utilizados para generar plasma frío. Resultados similares de inhibición de *Salmonella*, mesófilos aerobios viables lo reportaron Moskalenko *et al.* (2021). Incluso los tratamientos con plasma frío en alimentos tiene un efecto no significativo en las características sensoriales de alimentos (Chen *et al.*, 2020): Los daños provocados por el plasma frío para la inhibición de bacterias es la oxidación de la pared celular a causa de los radicales libres, electrones cargados positivamente, luz UV, así como por la electroporación y daño al ADN en microorganismos Solís-Pacheco *et al.* (2017).

En la Tabla 5 se puede ver que la humedad, la acidez total, el valor del pH, la proteína, el olor, el color, la apariencia general y la textura de la carne de cerdo, presentan valores antes de la exposición al plasma frío, las que se encuentran dentro del rango de estudios para la carne de cerdo reportado en investigaciones nacionales como, (Paredes *et al.*, 2017) (Valles *et al.*, 2014).

El tratamiento con plasma frío inactiva a los microorganismos en las superficies del alimento, aún, sin aumentar la temperatura; como se puede examinar en la Tabla 6, que presenta la concentración microbiana inicial de Coliformes totales en $3,9 \pm 0,01$ log ufc/g, presencia de *Salmonella sp* y aerobios viables en $5,24 \pm 0,04$ log ufc/g, que son expuestos al plasma frío a 25 C° (ver Figuras 3, 4, 5) y 30 C° / (ver Figuras 6, 7 y 8), observando que los coliformes totales, la *Salmonella sp* y los aerobios viables son inactivados; reportándose una inactivación de coliformes totales a 25 C° , con un tiempo de 5 minutos de $2,4 \pm 0,11$ log ufc/g, de coliformes totales, con 10 minutos de exposición un valor de $1,16$ ufc/g, $\pm 0,11$ y con 15 minutos permaneciendo el valor de $1,16$ ufc/g, $\pm 0,11$, siendo la misma tendencia de comportamiento a 30 C° de exposición al plasma frío, reportándose que a los 5 minutos de exposición se reportó un valor de $2,43$ log ufc/g, $\pm 0,05$ de coliformes totales y a los 10 minutos

disminuyó a 1,03 ufc/g, $\pm 0,05$ de coliformes totales y a los 15 minutos el valor fue de 0,1 log ufc/g, $\pm 0,01$. Para el caso de los aerobios viables a 25 C° con una exposición de 5 minutos se reporta 3,16 log ufc/g, $\pm 0,05$ disminuyendo a 1,27 log ufc/g, $\pm 0,16$ en 10 minutos y 0,53 log ufc/g $\pm 0,02$ en 15 minutos de exposición ; a 30 C° los resultados a los 5 minutos se reporta 2,82 log ufc/g, $\pm 0,07$, disminuyendo a 0,94 log ufc/g, $\pm 0,04$ en 10 minutos y 0,12 log ufc/g $\pm 0,005$ en 15 minutos de exposición; para la *Salmonella sp* a 25 C° en 15 minutos se observa su ausencia y con 30 C° a partir de 10 minutos de exposición respectivamente; los resultados de la inactivación de los microorganismos como coliformes totales, *Salmonella sp* y aerobios que fueron expuestos al plasma frío a diferentes tiempos de exposición , están concordando con Fernández *et al.* (2012) quien reporta una disminución de carga microbiana (10^8 ufc/placa) siendo 14 veces mayor que la observada en la concentración inicial más baja (10^5 ufc /placa) aplicando el plasma frío; reportando en su investigación que la tasa de inactivación de *S. Typhimurium* es inversamente proporcional a la concentración bacteriana inicial, también reporta que la adición de concentraciones crecientes de células de *Pseudomonas fluorescens* a una población de *Salmonella* de 10^5 ufc/filtro dio como resultado una disminución exponencial en la velocidad de destrucción de las células de *Salmonella*, concluyendo que existe un vínculo entre la densidad de células bacterianas y la eficacia de la inactivación de por aplicación del plasma frío. Con respecto al aumento a la producción de plasma que es aproximadamente un 33% como parámetro constante, los recuentos de células disminuyeron en 3 logs, lo que resulta en una generación más eficiente de especies plasmáticas reactivas, especialmente átomos de oxígeno, y que la generación de átomos de oxígeno se correlacionó con el nivel de inactivación bacteriana logrado. La producción de oxígeno atómico se puede utilizar como indicador de la eficiencia de inactivación para ampliar los sistemas de plasma frío, coincidiendo con (Ansari *et al.*, 2020). El uso del plasma frío, se considera generalmente como una metodología suficientemente buena y efectiva, debido a la inactivación de la carga microbiana en los

alimentos además de mantener la calidad y mínima variación en los cambios fisicoquímicos y organolépticos; en nuestra investigación en relación a la inactivación de organismos patógenos con plasma frío atmosférico sobre la carne de cerdo, realizado a las condiciones de 25 grados centígrados y 30 grados centígrados la eliminación microbiana fue efectiva; con respecto al tiempo de exposición del plasma, en menos de 5 minutos de exposición, ya se inicia la inactivación, concordando con (Ansari et al., 2020), quienes inactivaron microorganismos expuestos al plasma en un tiempo cortos inferiores a 1 minuto, en el caso nuestro la superficie es diferente a los vegetales estando dentro de 2 minutos a 5 minutos; en nuestra investigación se determinó que existen variaciones de velocidad de inactivación de los microorganismos en función al tiempo pueden atribuirse a la superficie expuesta, siendo las superficies de las frutas diferentes a la carne de cerdo Hosseini *et al.* (2020).

Con respecto a las temperaturas de acción del plasma frío sobre la superficie del alimento, presenta disminución significativa de la carga microbiana; examinado la Tabla 6, la concentración microbiana inicial de coliformes totales es $3,9 \pm 0,01$ log ufc/g, presencia de *Salmonella sp* y aerobios viables de $5,24 \pm 0,04$ log ufc/g, expuestos al plasma frío a 25 C° (ver Figuras 3, 4, 5) y 30 C° / (ver Figuras 6, 7 y 8), son inactivados, concordando con Laidler y Keith J (1996) que reporta al factor termodinámico Q10 como un parámetro termodinámico que describe la relación entre la temperatura y la constante de velocidad de reacción k, demostrando que es una medida de la tasa de cambio de un sistema biológico, como consecuencia de la variación de la temperatura de 25C° a 30C°, indicándose que el plasma frío tiene elementos activos como electrones, radicales libres, iones positivos y negativos, fotones UV, moléculas y átomos excitados o no excitados, que actúa sobre la actividad de los coliformes totales, *Salmonella sp* y aerobios viables, concordando con (Hoffmann et al., 2013), y que, la temperatura de brillo del plasma es baja porque estas especies activas no están en equilibrio termodinámico (<60 °C), reportado por (Allende, 2008),

indicando que el uso del plasma frío es una nueva tecnología rápida teniendo en comparación al uso eficaz de los desinfectantes, en donde las reducciones de las poblaciones microbianas disminuyeron significativamente comparando con el lavado con en soluciones acuosas, en el que su eficacia varía según el tipo de solución de lavado indicando que las reducciones iniciales de bacterias mesófilas no superaron los $2,3 \log \text{ ufc g}^{-1}$, de poblaciones mesófilas independientemente del tipo de solución de lavado donde la mayor reducción mesófila es después de lavar una lechuga recién cortada y desinfectada, y con el uso del plasma frío supero $2,3 \log \text{ ufc g}^{-1}$ poblaciones mesófilas, en tanto que (Chen et al., 2020) reporta que viriones infecciosos del SARS-CoV-2 son viables en diversas superficies como plástico, metales, cartón durante varias horas presentando un ciclo de transmisión para la infección humana que se puede romper mediante el desarrollo de nuevos enfoques de inactivación y el uso de plasma atmosférico frío (CAP) eficiente con gas de alimentación de argón reportando que inactivó el SARS-CoV-2 en varias superficies, incluidos plástico, metal, cartón, cuero de baloncesto, cuero de fútbol y cuero de béisbol, comprobándose la acción del plasma atmosférico frío (CAP) como medio seguro y eficaz en los alimentos ya que se pudo prevenir la transmisión del virus y las infecciones La eliminación de microorganismos es el elemento más importante de la seguridad alimentaria, y muchos microorganismos existen en la superficie de los alimentos como el *Escherichia coli* que es el microorganismo transmitido por los alimentos más comunes que plantea problemas de seguridad alimentaria debido a su ubicuidad en el medio ambiente de acuerdo a lo manifestado por (Ukuku et al., 2015), coincidiendo con nuestra investigación, donde, los átomos de iones activados por plasma inducen el bombardeo molecular, destruyendo a los microorganismos, siendo el plasma una tecnología no térmicas muy efectiva en destrucción microbiana concordando con (Misra et al., 2014), el que supera en su acción a la limpieza química en alimentos realizada por compuestos antimicrobianos como cloro, peróxido de hidrógeno, ozono y el almacenamiento controlado indicado por (Mahajan et al., 2014);

debido a todas las operaciones como pelar o trocear, remover o picar antes de envasar, presenta un alto riesgo de contaminación microbiana en los alimentos manifestado por (Rico et al., 2007). También, respecto a la tecnología de plasma atmosférico, esta destruye eficazmente la mayoría de los enlaces orgánicos (es decir, C-H, C-C, C-C, C-O y C-N) de los contaminantes de la superficie y ayuda a descomponer contaminantes de alto peso molecular concordando con (Donegan et al., 2013) reportando que las especies de oxígeno producidas en el plasma sufren una segunda purificación (O^{+2} , O^{2-} , O^3 , O , O^+ y O^- , ozono ionizado y electrones libres) y los radicales libres conducen a la formación de H_2O , CO , CO^2 en contaminantes orgánicos. El efecto antibacteriano del plasma frío es la mezcla de gases ionizados reportado por (Milosavljevic et al., 2007), coincidiendo con Filho, de Brito y Rodríguez (2019) que coincide con nuestra investigación al operar a temperaturas inferiores a $60^\circ C$. Al respecto (Claro et al., 2015) manifiesta que el plasma frío es un “océano” casi neutro que conduce electricidad, electrones, iones y moléculas reactivas y neutras. (Liu et al., 2010) indica que la reacción del oxígeno y el aire puede producir grandes cantidades de oxígeno atómico, superóxido, radicales hidroxilos, óxido nítrico, peróxido de hidrógeno, etc., todos los cuales matan los microorganismos, coincidiendo con (Moreau et al., 2008), actuando como descontaminante de los alimentos y resolviendo las dudas de las personas sobre los efectos en la salud de los alimentos procesados en donde los contaminantes alimentarios suponen un desafío para la industria alimentaria debido a la ineficacia de las técnicas de descontaminación convencionales planteándose al plasma frío como técnica emergente para la degradación de contaminantes alimentarios, destacándose la investigación necesaria en esta área como tendencia futura dentro de la inocuidad, aceptando que las degradaciones ocurren principalmente debido a la presencia de especies reactivas de oxígeno (ROS) y especies reactivas de nitrógeno (RNS) en el plasma que atacan los enlaces químicos de los contaminantes de los alimentos, considerando que varios parámetros, como el dispositivo de generación de plasma, el tiempo de exposición del plasma,

la potencia del plasma y la composición del gas portador, influyen en el tipo y la concentración de las especies reactivas de oxígeno (ROS) y especies reactivas de nitrógeno (RNS) y la eficiencia general de la degradación del plasma frío para un determinado pesticida, microorganismo o alérgeno, sin cambios fisicoquímico reportado por (Gavahian & Khaneghah, 2020), (Zhu et al., 2020), (Schneider et al., 2009) en donde la limpieza y la desinfección con el uso del plasma es clave en el procesamiento de alimentos para garantizar la higiene del producto, prevenir microorganismos patógenos y dañinos, en comparación a otros procesos químicos y físicos de higienización, concordando con lo indicado por (Cui et al., 2016).

El tratamiento propuesto y efectuado a la carne de cerdo, al igual que se le aplicó a la leche, siguen tendencias idénticas, existiendo estadísticamente, diferencia no significativa; coincidiendo con la mencionado por (El Aragi & Rahman, 2008).

En los tratamientos efectuados a la carne de cerdo, en donde las condiciones de trabajo fueron mantener los tiempos de proceso, pero la temperatura mantenida por debajo o inferior a 30°C, reportaron resultados muy próximos a los indicados por (Leipold et al., 2011).

Los resultados, de la descontaminación microbiana de la carne de cerdo, respecto a la aplicación de la presión al proceso, manteniendo el tiempo y la temperatura a condiciones constantes de operación, resulto ser, adicionalmente, una buena tecnología de descontaminación, y por lo tanto de conservación de la carne de cerdo; coincidiendo fehacientemente lo mencionado por (Yun et al., 2010). El efecto de la temperatura de exposición del plasma frío a 25 y 30 °C, sobre la carne de cerdo, es pronunciada sobre la carga microbiana, coincidiendo con lo reportado por (Frankin & Braithwaite, 2009).

5.2. Del efecto de diferentes niveles de tiempo y temperatura del plasma frío, sobre los cambios fisicoquímicos en carne de cerdo.

Debido a los diferentes efectos no significativos que el plasma provoca en alimentos, se considera como una tecnología adecuada para la aplicación en alimentos (Solís-Pacheco *et al.*, 2013). Las características fisicoquímicas en la carne de cerdo al inicio comparado con la carne antes de ser sometidos a tratamiento con plasma frío, se observó algunos cambios, por ejemplo en cuanto al contenido de proteínas, humedad y pH no hubo diferencia estadística (Tablas 5 y 11), sin embargo en cuanto a la acidez si hubo diferencia estadística, ya que la acidez se incrementó de $0,55 \pm 0,005$ hasta $1,67 \pm 0,005$ % de ácido láctico, esta variación posiblemente sea a causa del tiempo de almacenamiento de la carne previo a los tratamientos con plasma frío. Luego de ser sometidos al tratamiento con plasma frío, en cuanto al contenido de proteínas, se observó diferencias estadísticas de acuerdo a los diferentes tiempos de tratamientos, por ejemplo a 25°C al ser sometido con plasma frío el contenido proteico descendió desde 27,12%, hasta 26,81% a los 10 min de tratamiento, luego a los 15 min se obtuvo 26,99% de proteína, mientras que a 30°C el contenido proteico disminuyó de 27,07% hasta 26,86% luego de 15 min de tratamiento (Figura 9 y 13): En cuanto a la humedad, a 25°C no se vio afectado por el tratamiento con plasma, reportando valores de 65,09 % hasta 65,03% a los 15 min de tratamiento, pero a 30°C si hubo una disminución de humedad desde 65,33% hasta 65,03% (Figura 10 y 14), en cuanto a la acidez a 25°C no hubo diferencia significativa, ya que mantuvo en 0,54% de ácido láctico, pero a 30°C mostró variación desde 0,56 hasta 0,54 % (Figuras 11 y 15), en cuanto al pH a 25°C no hubo diferencia estadística reportando en promedio 5,5, de manera similar se observó a 30°C de tratamiento con promedio de pH de 5,5 (Figuras 12 y 16). Como lo reporta (Bagheri & Abbaszadeh, 2020), el plasma posee la característica de conservar las características sensoriales y físicas en los alimentos, considerándolo también en parte como un proceso no destructivo en alimentos. El plasma frío

incluso inactiva algunas enzimas (Pan et al., 2019) y las características sensoriales en alimentos son no significativos (Ganesan et al., 2021).

El tratamiento con plasma frío actúa sobre cambios fisicoquímicos en las superficies del alimento; como se puede examinar en la Tabla 11 que presenta características fisicoquímicas iniciales de la carne de cerdo, en donde se aprecia a la proteína igual a $27,05 \pm 0,2$ g/100 de muestra, $65,1 \pm 0,3$ de humedad, $1,67 \pm 0,05$ de % de ácido láctico (g/100ml) y $5,4 \pm 0,2$ de pH, que son expuestos al plasma frío a 25 C° y 30 C° (ver Figuras 13, 14, 15 y 16), para el caso de proteínas a 25 C° se reporta, a los 05 minutos de exposición de la superficie de carne al plasma el valor de $26,88 \pm 0,02$ g/100 de muestra, a los 10 minutos de exposición un valor de $26,87 \pm 0,01$ g/100 de muestra y con 15 minutos permanece el valor de $26,87 \pm 0,01$ g/100 de muestra, siendo el mismo comportamiento a 30 C° de exposición al plasma frío, reportándose con un tiempo de 05 minutos de $26,88 \pm 0,02$ g/100 de muestra, a los 10 minutos de exposición un valor de $26,87 \pm 0,01$ g/100 de muestra y con 15 minutos permanece el valor de $26,87 \pm 0,01$ g/100 de muestra; para el % de ácido láctico a 25 C° se reporta, a los 05 minutos el valor de $0,56 \pm 0,01$ de % de ácido láctico (g/100ml), a los 10 minutos de exposición un valor de $0,54 \pm 0,01$ de % de ácido láctico (g/100ml) de muestra y con 15 minutos el valor de $0,53 \pm 0,01$ de % de ácido láctico (g/100ml) de muestra, siendo el mismo comportamiento a 30 C° de exposición al plasma frío, reportándose con un tiempo de 05 minutos el valor de $0,54 \pm 0,0058$ de % de ácido láctico (g/100ml) de muestra, a los 10 minutos de exposición un valor de $0,54 \pm 0,01$ de % de ácido láctico (g/100ml) de muestra y con 15 minutos el valor de $0,53 \pm 0,01$ de % de ácido láctico (g/100ml) de muestra; para el contenido de humedad a 25 C° se reporta, a los 05 minutos el valor es $65,1 \pm 0,26$ g/100g de muestra, a los 10 minutos de exposición un valor de $65,09 \pm 0,29$ g/100g de muestra y con 15 minutos el valor de $65,09 \pm 0,47$ g/100g de muestra, esta tendencia se repite a 30 C° de exposición al plasma frío, reportándose a los 05 minutos el valor es $65,1 \pm 0,26$ g/100g de muestra, a los 10 minutos de

exposición un valor de $65,09 \pm 0,29$ g/100g de muestra y con 15 minutos el valor de $65,03 \pm 0,47$ g/100g de muestra; para el pH a 25 C° se reporta, a los 05 minutos el valor es $5,46 \pm 0,05$, a los 10 minutos de exposición un valor de $5,5 \pm 0,1$ y con 15 minutos el valor de $5,63 \pm 0,05$; esta tendencia se repite a 30 C° de exposición al plasma frío, reportándose a los 05 minutos el valor es $5,46 \pm 0,05$, a los 10 minutos de exposición un valor de $5,5 \pm 0,1$ y con 15 minutos el valor de $5,63 \pm 0,05$, siendo estos valores fisicoquímicos cercanos a lo manifestado por (Pankaj et al., 2017), Critzer *et al.* (2007), (Kim et al., 2013), (Niemira & Sites, 2008) que indican que el uso del plasma como un método flexible se puede utilizar para una amplia variedad de productos alimenticios, sin modificar significativamente sus componentes. Los cambios fisicoquímicos en la carne de cerdo, fueron en una tendencia normal de deterioro e insignificantes frente a la acción del plasma del plasma frío coincidiendo con lo reportado por (Tiwari et al., 2009) quien indica que los métodos no térmicos son métodos efectivos en la conservación de alimentos a temperaturas subletales, lo que minimiza los impactos negativos en el valor de componentes de los alimentos, incluyendo aplicaciones de radiación gamma, radiación beta (haz de electrones), tratamiento UV, ultrasonido de potencia, luz pulsada, alta presión hidrostática y campos eléctricos pulsados (PEF), que son efectivos, pero solo con ciertos tipos de alimentos, y consumen más energía y tiempo, coincidiendo que plasma frío es una nueva tecnología importante de futura aplicación en los alimentos y nuevos horizontes de investigación sin alterar significativamente los componentes fisicoquímicos indicado por (Basaran et al., 2008), (Selcuk et al., 2008), (Vleugels et al., 2005).

Con respecto a cambios nutricionales (Bute & Chand, 2020) reporta que el procesamiento de plasma frío provoca pocos o ningún cambio en el valor nutricional o en cualquier otra propiedad física y que otra de las ventajas de la aplicación con plasma frío incluyen una buena conservación de los componentes de los alimentos, bajos costes energéticos y un procesamiento rápido, existiendo muchos métodos tradicionales que se

pueden utilizar para la esterilización, pero el plasma frío tiene ventajas únicas sobre las tecnologías de esterilización comerciales como método versátil, eficaz y respetuoso con el medio ambiente libre de contaminación para la desinfección bacteriana y viral, indicando además, que el objetivo de la tecnología de desinfección no es sólo eliminar los patógenos, sino también, extender la vida útil de los alimentos preservando al mismo tiempo su calidad nutricional y sin alterar sus demás componentes; con respecto a los tiempos y temperaturas.

Sobre tiempos de procesamiento con plasma frío (Amini *et al.*, 2017) han observado que las condiciones de temperatura y el tiempo de procesamiento del plasma al ser bastante altos, se obtiene cambios muy significativos en el contenido de proteínas de los productos alimenticios, debido a que se reduce la cantidad de agua inmovilizada en la red miofibrilar densa en proteínas, el que provoca variaciones altas, siendo para nuestra investigación los tiempos cortos y temperaturas bajas de exposición, manifestándose en mínima variación de sus componentes en estudio.

En relación al de ácido láctico, las variaciones a diferentes temperaturas son mínimas, y concuerda (Lee *et al.*, 2016) que ha observado que los productos con contenido de agua son propensos a la reducción del pH el que varía el valor de ácido láctico, además, también se informó una disminución en el pH en el tratamiento con DBD del lomo de cerdo reportado por Kim *et al.* (2013) indicándose que los gases reactivos del plasma generan radicales libres que se combinan con la humedad de los alimentos para provocar cambios en el pH y ácido láctico durante el funcionamiento del plasma. Sin embargo, una gran cantidad de estudios no informaron cambios en el pH y ácido láctico de los productos cárnicos después del tratamiento con plasma según la investigación de (Wan *et al.*, 2017) y (Xu *et al.*, 2017). En cuanto al ácido láctico relacionado a la acidez estas no son tan diferentes del pH. Así se observa que cuando cambia el pH, también cambia la acidez. El

aumento de la acidez después del tratamiento con plasma se debe principalmente a la interacción de los gases sensibles al plasma que generan radicales libres con la humedad, el que concuerda con Sarangapani, O'Toole, *et al.* (2017) quien resalta como importante los hallazgos relacionados con los cambios de acidez inducidos por el tratamiento con plasma frío e indica que la sensibilidad de los ácidos orgánicos es importante para mantener las propiedades nutricionales de los alimentos.

5.3. Del efecto de diferentes niveles de tiempo y temperatura del plasma frío, sobre los atributos organolépticos en carne de cerdo.

El tratamiento con plasma frío sobre la superficie de la carne de cerdo frente a una variación en los atributos sensoriales de olor, color, apariencia general y textura a temperaturas de 25C° y 30 C° de exposición por tiempos de 05, 10 y 15 minutos, no influye en cambios significativos según la prueba de Friedman ($p < 0,05$) de acuerdo a las tablas 20, 21 22 y 23, en comparación con la muestra patrón sin aplicación del plasma frío, donde, los panelistas consideraron a los atributos olor, color apariencia general y textura con un valor de 04 que representa en olor que no gusta no disgusta, para el color que presenta las características propias del color de la carne, en la Apariencia General que presenta las características de apariencia normal y para la textura presenta características de apariencia propias de la carne, esto en una evaluación dentro de una escala de 01 a 07, resultando, para el olor se mantiene la misma condición que la muestra patrón, para el color se presenta siempre las características de color en comparación a la muestra patrón, en el atributo apariencia general presenta características de apariencia normal de la muestra sin aplicación de plasma y en la textura presenta características propias de apariencia sin percibirse alteraciones por aplicación del plasma frío; en el tratamiento con plasma frío en frutas, verduras y carnes que son sensibles al cambio de color no se produjo una pérdida significativa de color corroborando lo indicado con (Misra *et al.*, 2014); (Niemira & Sites, 2008) y (Ramazzina *et al.*, 2015), también en investigaciones

similares han encontrado que el cambio total de color en los jugos tratados con plasmafrío es insignificante e indetectable a simple vista indicado por Bursać, Kovačević, Putnik et al.(2016), (Xu *et al.*, 2017), donde sus resultados indican que el tratamiento con plasma frío tiene poco o ningún efecto sobre el color. Los cambios en el color de los alimentos después del tratamiento deben ser mínimos porque los consumidores pueden no comprarlos si no tienen un aspecto atractivo. Con respecto a la textura, varios estudios han informado cambios en la textura de los alimentos después del procesamiento con plasma frío, indicándose que las frutas, verduras y carnes no muestran diferencias después del tratamiento con plasma frío, manifestado por (Misra et al., 2014), (Niemira & Sites, 2008) y Tappi et al. (2016). Sin embargo, se reporta en de aplicación de plasma frío a los arándanos, su dureza disminuyó y se volvió más suave después del tratamiento indicado por (Lacombe et al., 2015), Sarangapani *et al.* (2017), sin embargo, la dureza puede aumentar en ambientes ricos en oxígeno indicado por (Misra et al., 2014).

En el proceso de un alimento, el tratamiento con calor es un método alternativo para reducir la carga microbiana, pero los nutrientes de los alimentos son sensibles al calor y afectan los atributos de color, olor, sabor calidad, en tanto, la tecnología de plasma frío también ofrece la oportunidad de reducir costos para la industria en comparación con otros tratamientos no térmicos como la radiación ionizante, la alta presión hidrostática, la energía pulsada, los campos magnéticos oscilantes y el ultrasonido de alto rendimiento indicado por (Tiwari et al., 2009). Además de la limpieza microbiana, ayuda a modificar el contenido de los productos alimenticios para que tengan las propiedades deseadas y mantengan las propiedades nutricionales y de textura. Por lo tanto, para la descontaminación se debe considerar la relación del plasma frío con la superficie del alimento.

VI. CONCLUSIONES

- 6.1. Se logró determinar que tanto el tiempo como la temperatura del plasma frío han tenido efecto sobre la eliminación de microorganismos patógenos, en los cambios físico químicos y organolépticos de la carne de cerdo.
- 6.2. Se evaluó el efecto de los diferentes niveles de tiempo y temperatura del plasma frío sobre eliminación de microorganismos patógenos, en los cambios físico químicos y organolépticos de la carne de cerdo; cumpliéndose el objetivo general y los específicos. La investigación se justificó plenamente, en virtud que la tecnología aplicada, del plasma frío, cumplió con los requerimientos planteados en la investigación.
- 6.3. La hipótesis general fue corroborada en el sentido que los diferentes niveles de tiempo y de temperatura tienen efecto significativo sobre la eliminación de microorganismos patógenos, en los cambios fisicoquímicos y organolépticos de la carne de cerdo.

Los resultados muestran que el efecto significativo y pronunciado se da para la temperatura de 25 °C y un tiempo de 15 minutos.
- 6.4. De los resultados obtenidos se puede afirmar, con seguridad, que la aplicación del plasma frío sobre la carne de cerdo, los cambios fisicoquímicos, no son afectados.
- 6.5. Las curvas de destrucción microbiana, en la carne de cerdo, se muestran en las Figuras 3, 4 y 5, las mismas que fueron construidas a partir de los datos de tiempos de exposición de plasma frío a diferentes temperaturas sobre carga microbiana de la carne de cerdo, detalles presentados en el Anexo 2.
- 6.6. Las curvas de destrucción microbiana en la carne de cerdo se muestran en las Figuras 6, 7 y 8, las mismas que fueron construidas a partir de los datos de diferentes tiempos de exposición de plasma frío a 30 grados centígrados sobre la carga microbiana de la carne de cerdo, detalles presentados en el Anexo 3.

- 6.7. Los resultados muestran el efecto significativo y pronunciado se da para la temperatura de 25 °C y un tiempo de 15 minutos, en la destrucción de los microorganismos patógenos corresponden.

VII. RECOMENDACIONES

De acuerdo a la problemática y la experiencia obtenida en la investigación culminada y desarrollada, sugerimos las siguientes recomendaciones:

- 7.1. Investigar la aplicación de diferentes tiempos y temperaturas, sobre carne de cerdo en diferentes empaques, contenidos y pesos, para la inactivación de microorganismos.
- 7.2. Realizar investigaciones sobre estudio del tiempo de vida útil, con la aplicación del plasma frío, a diferentes condiciones de almacenamiento de la carne de cerdo.
Aplicar diferentes tiempos y temperaturas del plasma frío en la inactivación del pardeamiento de Mayllard.
- 7.3. Abordar temas de investigación en diferentes tipos de carnes, considerando la carga microbiana y los posibles cambios fisicoquímicos, buscando ser comparados dichos resultados.
- 7.4. Continuar estudios de la aplicación tecnológica en alimentos líquidos, considerando tiempo, temperatura y el medio sustrato.
- 7.5. Tener cuidado en tomar las condiciones de tiempo y temperatura, en el sentido de disminuir la escala de aplicación de dicha variable; es decir, reducir la escala de medición, para obtener resultados más precisos.
- 7.6. Sugerir la aplicación de esta tecnología en programas sociales que se relacionen con la inocuidad alimentaria.

VIII. REFERENCIAS

- Afshari, R., & Hosseini, R. (2012). Atmospheric pressure plasma technology: A new tool for food preservation. *International Conference on Environment, Energy and Biotechnology IPCBEE(33)*, 275-278.
- Allende, A. (2008). Role of commercial sanitizers and washing systems on epiphytic microorganisms and sensory quality of fresh-cut escarole and lettuce. *Postharvest Biology and Technology*, 49(1), 155-163.
- Almeida, F., Souza, R., Cullen, P., Frias, J., Bourke, P., Fernandes, F., & Rodrigues, S. (2015). Effects of atmospheric cold plasma and ozone on prebiotic orange juice. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*.
- Amini, M., Ghoranneviss, M., & Abdijadid, S. (2017, Mayo). Effect of cold plasma on crocin esters and volatile compounds of saffron. *Food Chemistry*, 235, 290-293.
- Ansari, A., Parmar, K., & Shahb, M. (2020). Un estudio exhaustivo sobre la descontaminación de microorganismos transmitidos por alimentos mediante plasma frío. *Food Chemistry: Molecular Sciences*, 4.
- Athanasopoulos, D., Svarnas, P., & Gerakis, A. (2019). Cold plasma bullet influence on the water contact angle of human skin surface. *Journal of Electrostatics(102)*, 205-207.
- Bagheri, H., & Abbaszadeh, S. (2020). Effect of Cold Plasma on Quality Retention of Fresh-Cut Produce. *Journal of Food Quality*.
- Bárdos, L., & Baránková, H. (2006). Atmospheric plasma - yes or no? *Publication of the vaciim Coating Industry - SVC Bulletin*, 42-48.
- Basaran, P., Basaran-Akgulb, N., & Oksuz, L. (2008). Elimination of *Aspergillus parasiticus* from nut surface with low pressure cold plasma (LPCP) treatment. *Food Microbiology(25)*, 626-632.

- Bogaerts, A., Neyts, E., Gijbels, R., & Van der Muller, J. (2002). Gas Discharge plasmas and their applications. *Spectrochimica Acta part B*(57), 609-658.
- Borgoño, N. (2004). Reporte de enfermedades transmitidas por alimentos (ETA) en el Perú. *Boletín Epidemiológico del Perú*(28), 381-383.
- Bute, R., & Chand, N. (2020). Cold plasma: Clean technology to destroy pahogenic microorganisms. *Transactions of the Indian National Academy of Engineering*, 5(2), 327-331.
- Chen, Z., Garcia, G., Arumugaswami, V., & Wirz, R. (2020). Cols plasma for SARS-CoV-2 inactivation. *Physics of fluids*, 2-6.
- Claro, T., Cahill, O. J., O'Connor, N., Daniels, S., & Humphreys, H. (2015). Cod-air atmospheric pressure plasma against clostridium difficile spores: A Potential alternative for the decontamination of hospital inanimate surfaces. *Infection Control and Hospital Epidemiology*, 36(6), 742-744.
- Critzer, F., Kelly-Wintenberg, K., South, S., & Golden, D. (2007). Atmospheric plasma inactivation of foodborne pathogens on fresh produce surfaces. *Journal of Food Protection*, 70(10), 2290-2296.
- Cui, H., Ma, C., & Lin, L. (2016). Synergetic antibacterial efficacy of cols nitrogen plasma and clove oil against Escherichia Coli 0157: H7 biofilms in lettuce. *Food Control*, 66, 8-16.
- Donegam, M., Milosavljevic, V., & Dowling, D. (2013). Activation of PET using an RF atmospheric plasma system. *Plasma Chemistry and Plasma Processing*, 33(5), 941-957.
- Donegan, M., Milosavljevic, V., & Dowling, D. (2013). Activation of PET using an RF atmospheric plasma system. *Plasma Chemistry and Plasma Processing*, 33(5), 941-957.

- Dong, J., Wang, Z., Zhao, X., Biesuz, M., Saunderson, T., Zhang, Z., . . . Grasso, S. (2020). Contactless flash sintering based on cold plasma. *Scripta Materialia*(175), 20-23.
- El Aragi, G., & Rahman, Y. (2008). Effect of hybrid gas liquid electrical discharge on liquid foods (milk). *Afr. J. Food Sci*(2), 011-015.
- Eutice, R. (2004). The market for irradiated meat, survey reveals lack of knowledge; meat and seafood merchandising. *Lenexa Ks Vance Publishing*, 18-19.
- Fernandez, A., Shearer, N., Wilson, D., & Thompson, A. (2012). Effect of microbial loading on the efficiency of cold atmospheric gas plasma inactivation of *Salmonella enterica* serovar Typhimurium. *Food Microbiology*, 152(3), 175-180.
- Franklin, R., & Braithwaite, N. (2009). 80 Years of plasma. (R. e. Franklin, Ed.) *Plasma Sources Sci Technol*(18), 1-3.
- Fricke, K., Koban, I., H., T., Jablonowski, L. S., Kramer, A., Weltman, K., . . . Kocher, T. (2012). Atmospheric pressure plasma: A high performance tool for the efficient removal of biofilms. *PLoS ONE*(7).
- Gallegher, J. M., Vaze, N., Gangoli, S., Vasilets, V., Gutsol, A., Milanova, T., . . . and Fridman, A. (2007). rapid inactivation of airborne bacteria using atmospheric pressure dielectric barrier discharging discharge. *IEEE Trans Plasma*(35), 1501-1510.
- Gavahian, M., & Khaneghah, A. (2020). Cold plasma as a tool for the elimination of food contaminants: Recent advances and future trends. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(9), 1581-1592.
- Grinevich, V., Kvitkova, E., Plstinina, N., & Rybkin, V. (2011). Application of dielectric barrier discharge for waste water purification. *Plasma Chem Plasma Process*, 31, 573-583.
- Grzegorzewski, F., Ehlbeck, J., Schlöter, O., Kroh, L., & Rohn, S. (2011). Treating lamb's lettuce with a cold plasma e Influence of atmospheric pressure Ar. plasma immanet

- species on the phenolic profile of *Valerianella locusta*. *Food Science and Technology*, 2285-2289.
- Harrison, R. (2004). *Importancia de la inocuidad en la seguridad alimentaria*. México: El Salvador. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Obtenido de <http://www.conacyt.gob.sv/1>
- Hernandez-Lezama, L. (2000). Problemas relativos a la calidad e inocuidad de los alimentos y su repercusión en el comercio. *Alimentación, Nutrición y Agricultura*. 20-25.
- Hoffmann, C., Berganza, C., & Zhang, J. (2013). Cold atmospheric plasma: Methods of production and application in dentistry and oncology. *Medical Gas Research*, 3(1), 1-15.
- Hou, Y., R., W., Gan, Z., Shao, T., Zhang, X., He, M., & Sun, A. (2019). Effect of cold plasma on blueberry juice quality. *Food Chemistry*, VIII(290), 79-86.
- Illera, A. C., Sanz, M., Ng, S., Lu, P., Jones, J., Carey, E., & Bourke, P. (2019). Effect of cold plasma on polyphenol oxidase inactivation in cloudy apple juice and on the quality parameters of the juice during storage. *Food Chemistry*, X, 201-2015.
- Keener, K. J. (agosto de 2011). Atmospheric plasma technology in the mear industry. *Food Safety Magazine*, 68-73.
- Kim, H., Yong, H., Park, S., Choe, W., & Jo, J. (2013). Effects of dielectric barrier discharge plasma on pathogen inactivation and the physicochemical and sensory characteristics of pork loin. *Current Applied Physics*, 13(7), 1420-1425.
- Kim, K., Oh, Y., Won, M., Lee, K., & Min, S. (2017). Microbial decontamination of onion powder using microwave-pocered cold plasma treatments. *Food Microbiology*, 112-123.

- Lacombe, A., Niemira, B., Gurtler, J., Fan, X., Sites, J., Boyd, G., & Chen, H. (2015). Atmospheric cold plasma inactivation of aerobic microorganisms on blueberries and effects on quality attributes. *Food Microbiology*, *46*, 479-484.
- Laroussi, M. M. (2003). Plasma interaction with microbes. *New J. Phys*(5), 41.1 - 41.10.
- Lee, K., Kim, H., Woo, K., Jo, C., Kim, J., & Park, H. (2016). Evaluation of cold plasma treatments for improved microbial and physicochemical qualities of brown rice. *Food Science and Technology*, *73*, 442-447.
- Leipold, F., Scheltz-Jensen, N., Kusa, Y., Bindslev, H., & Jacobsen, T. (2011). Decontamination of objects in a sealed container by means of atmospheric pressure plasmas. *Food control*, *VIII*(22), 1296-1301.
- Li, X., Li, M., Ji, N., Jin, P., Zhang, J., Zheng, Y., . . . Li, F. (2019). Cold plasma treatment induces phenolic accumulation and enhances antioxidant activity in fresh-cut pitaya (*Hylocereus undatus*) fruit. *LWR 115*, 105-108.
- Li, Y.-F., Liu, Z.-Q., & Lou, X. (2010). Properties of synthetic homoisoflavonoids to reduce oxidants and to protect linoleic acid and DNA against oxidation. *Journal Agric. Food, Chem*(58), 4126-4131.
- Liu, D., Rong, M., Wang, X., Iza, F., Kong, M., & Bruggeman, P. (2010). Main species and physicochemical processes in cold atmospheric-pressure He + O₂ plasmas. *Plasma Processes and Polymers*, *7*(9-10), 846-865.
- Mahajan, P. (2014). Postharvest treatments of fresh produce. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*(372).
- Mahajan, P., Caleb, O., Singh, Z., Watkins, C., & Geyer, M. (2014). Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences. *Postharvest Treatments of fresh produce*, 372.

- Milosavljevic, V., Karkari, S., & Ellingboe, A. (2007). Characterization of the pulse plasma source. *Plasma Sources Science and Technology*(2), 304-309.
- Misra, N., Pankaj, S., Walsh, T., O'Regan, F., Bourke, P., & Cullen, P. (2014). In-package nonthermal plasma degradation of pesticides on fresh produce. *Journal of Hazardous Materials*, 271, 33-40.
- Moreau, M., Orange, N., & Feuilleley, M. (2008). Non-thermal plasma technologies: New tools for bio-decontamination. *Biotechnology advances*, 26(6), 610-617.
- Niemira, B., & Sites, J. (2008). Cold plasma inactivates Salmonella Stanley and Escherichia coli O157: H7 inoculated on Golden delicious apples. *J. Food Prot*, VII(71), 1357-1365.
- Noriega, E., Shama, S., Laca, A., Diaz, M., & Kong, M. (2011). Cold atmospheric gas plasma disinfection of chicken meat and chicken skin contaminated with *Listeria innocua*. *Food Microbiology*, 28, 1293-1300.
- Ohlsson, T. (2000). Minimal processing of foods with non-thermal methods. (T. O. Bengtsson, Ed.) *Minimal processing technologies in the food industry*, IV, 67.
- Pankaj, Z., Wan, W., & Colonna, K. K. (2017). Effect of high voltage atmospheric cold plasma on white grape juice quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 12(97), 4016-4021.
- Paredes, M., Vallejos, L., & Mantilla, J. (2017). Efecto del tipo de alimentación sobre el comportamiento productivo, Características del canal y calidad de carne del cerdo criollo negro Cajamarquino. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*(28), 894-903.
- Perni, S., Liu, D., Shama, G., & Kong, M. (2008). Cold atmospheric plasma decontamination of the pericarps of fruit. *Journal Food Protection*, II(71), 302-308.

- Ragni, S., Berardinelli, A., L., V., Montanari, A. C., Sirri, F., Guerzoni, M., & Guardinieri, A. (2010). Non-thermal atmospheric gas plasma device for surface decontamination of shell eggs. *Journal Food Eng*, *100*(1), 125-132.
- Ramazzina, I., Berardinelli, A., Rizzi, F., Tappi, S., Ragni, L., Sacchetti, G., & Rocculi, P. (2015). Effect of cold plasma treatment on physico-chemical parameters and antioxidant activity of minimally processed kiwifruit. *Postharvest Biology and Technology*, *107*, 55-65.
- Rico, D., Martín-Diana, A., Barat, J., & Barry-Ryan, C. (2007). Extending and measuring the quality of fresh-cut fruit and vegetables: A review. *Trends in Food Science and Technology*, *18*(7), 373-386.
- Rico, D., Martín-Diana, A., Barat, J., & Barry-Ryan, C. (2007). Extending and measuring the quality of fresh-cut fruit and vegetables: A review. *Trends in Food Science and Technology*, *18*(7), 373-386.
- Rossi, L., Watson, D. E., & Miranda, A. y. (2009). La radiación a la mesa. *Chil Infect*, *4*(26), 318-3030.
- Sampieri, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). *Metodología de* (Quinta ed.). México: McGraw Hill.
- Sánchez, H. y. (2002). Metodología y diseños en la investigación científica. *Universidad Ricardo Palma*.
- Schneider, J., Akbar, M., Dutroncy, J., Kiesler, D., Leins, M., Schulz, A., & Walker, M. (2009). Silicon oxide barrier coatings deposited on polymer materials for applications in food packaging industry. *Plasma Processes and Polymers*, *6*, 70-704.
- Selcuk, M., Oksuz, L., & Basaran, P. (2008). Decontamination of grains and legumes infected with *Aspergillus* Spp. And *Penicillium* Spp. by cold plasma treatment. *Bioresource Technology*, *99*, 5104-5109.

- Sen, Y., Ulusoy, O., & Mutlu, M. (2019). Detoxificación of hazelnuts by different cold plasmas and gamma irradiation treatments. *innovativa Food Science & Emerging Technologies*(54), 252-259.
- Shim, X.-M., Guan-Jun, Z., Xi-Li, W., Ya-Xi, L., Yue, M., & Xian-Jun, S. (2011). Effect of low temperatur plasma on microorganism inactivation and quality of freshly squeezed orange juice. *IEEE Trans Plasma Sci*, 39, 1591-1597.
- Sotomayor, R. (2008). *Métodos Estadísticos para la Investigación I*. Perú: Universidad Agraria La Molina.
- Tang, Q., Jiang, W., Cjheng, Y., Lin, S., Lim, T., & Xiong, J. (2011). Generation of reactive species by gas-phase dielectric barrier discharges. *Industry Eng. Chem Res*(50), 9839-9846.
- Tendero, C., Tixier, C., Tristan, P., Desmaison, J., & Leprince, P. (2006). Atmospheric pressure plasmas. *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy*(61), 2-30.
- Tiwari, B., O'Donnell, C., & Cullen, P. (2009). Effect of non thermal processing technologies on the anthocyanin content of fruit juices. *Trens in Food Science and Technology*, 20(3-4), 137-145.
- Ukuku, D., Mukhopadhyay, S., Juneja, V., & Rajkowski, K. (2015). Nandbook of Natural Antimicrobials for Food Safety and Quality. *Evaluating Natural Antimicrobials for Use in Foord Products*. <https://doi.org/10.1016/B978-1-78242-034-7.0009-8>
- Valles, M. V., Salinas, P., Haro, I., Sevilla, W., Lázaro, W., & & Huamán, A. (2014). Efecto del aceite esencial de origanum vulgare en la supervivencia de Sraphylococcus qureus, Salmonella trhyphi, Salmonella parathypi y Salmonella enteritidis en carne de cerdo pasteurizado y refrigerada. *REBIOL*, I(34), 57-68.

- Van, N., Minh, Danh, H., Vinh, L., & Hoang, L. (2020). An investigation on treatment of groundwater with cold plasma for domestic water supply. *Groundwater for Sustainable Development*(10), 22-24.
- Venezia, A.R., Orrico, M.S.M., Houston, E., Shu-Min, Y., Naumova, Y.Y. (2008). Lethal activity of nonthermal plasma sterilization against microorganisms. *Infect. Control Hosp. Epidemiol*, V(29), 22-24.
- Vleugels, M., Shama, G., Deng, X., Greenacre, E., Brocklehurst, T., & kong, M. (2005). Atmospheric plasma inactivation of biofilm-forming bacteria for food safety control. *IEEE Transactions on Plasma Science*, 33(2 II), 824-828.
- Volkov, A., Hairston, J., Patel, D., Gott, R., & Xu, K. (2019). *Cold plasma poration and corrugation of pumpkin seed coats*.
- Wan, Z., Chen, Y., Pankaj, S., & Keener, K. (2017). High voltage atmospheric cold plasma treatment of refrigerated chicken eggs for control of salmonella enteritidis contamination on egg shell. *LWR - Food Science and Technology*, 76, 124-130.
- Xu, L., Garner, A., Tao, B., & Keener, K. (2017). Microbial inactivation and quality changes in orange juice treated by high voltage atmospheric cold plasma. *Food and Bioprocess Technology*, 10(10), 1778-1791.
- Yun, H., Kim, B., Jung, S., Kruk, Z., Kim, D., Choe, W., & Jo, C. (2010). Inactivation of *Listeria monocytogenes* inoculated on disposable plastic tray, aluminum foil, and paper cup by atmospheric pressure plasma. *Food Control*(21), 1182-1186.
- Zhu, Y., Li, C., Cui, H., & Lin, L. (2020). Feasibility of cold plasma for the control of biofilms in food industry. *Trends in Food Science and Technology*, 99, 142-151.
- Ziuzina, D. (2017, January). Demonstrating the Potential of Industrial Scale In-Package Atmospheric Cold Plasma for Decontamination of Cherry Tomatoes. *Plasma Medicine*, 6(3-4), 397-412.

IX. ANEXOS

Anexo A.

Caracterización físico química de la carne de cerdo fresco.

Componentes	M1	M2	M3	Promedio	SD
Proteína g/100 de muestra	26,9	26,87	27,4	27,0567	0,2977
Humedad	65,2	65,4	64,8	65,1333	0,3055
% de ácido láctico(g/100ml)	0,56	0,55	0,56	0,5567	0,0058
pH	5,5	5,4	5,5	5,4667	0,0578

Caracterización microbiológica de la carne de cerdo.

Microorganismo	M1	M2	M3	Promedio	SD
<i>Coliformes totales</i> (ufc/g)	3,9	3,89	3,91	3,9	0,01
<i>Salmonella sp</i>	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente
<i>Aerobios viables</i> (ufc/g)	5,28	5,24	5,2	5,24	0,04

Nº	Peso (g)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Altura (mm)
1	4,59	31,2	31,1	19,3
2	5,23	30,2	30,5	19,8
3	4,96	29,8	30,4	19,9
4	4,84	29,45	30,9	20,1
5	5,32	29,12	29,5	20,0
6	5,13	30,12	29,4	20,3
7	5,11	29,4	29,0	19,9
8	4,94	29,6	30,0	20,1
9	5,08	31,2	29,7	20,3
10	5,06	30,5	28,9	20,1
11	4,94	30,0	29,5	20,0
12	4,96	29,8	29,3	20,8
13	5,13	29,6	30,5	20,1
14	5,14	29,5	30,4	20,3
15	4,95	29,9	30,4	19,9
16	4,91	30,5	29,7	19,8
17	5,08	30,1	29,7	19,9
18	4,99	31,0	29,8	20,1

Promedio= 90,36 540.99 538.7 360.7
SD = 0.161755 0.617721 0.631343 0.301250

Caracterización microbiológica de la carne de cerdo.

Olor	Buen olor
Color	Buena similitud con el color característico
Apariencia general	Buena similitud con la apariencia general
Textura	Buena similitud con la apariencia

Anexo B.

Datos de tiempo de exposición de plasma frio sobre carga microbiana a 30 grados centígrados

Tiempo (minutos)	<i>Coliformes totales</i> (ufc/g)			Promedio	SD	<i>Salmonella sp</i>			Promedio	SD	<i>Aerobios viables</i> (ufc/g)			Promedio	SD
						P	P	P			A	A	A		
0	3,9	3,89	3,91	3,9	0,01	P	P	P	P	P	5,28	5,24	5,2	5,24	0,04
5	2,5	2,4	2,4	2,4333	0,05774	P	P	P	P	P	2,83	2,89	2,74	2,82	0,0754
10	1,1	1	1	1,0333	0,05774	A	A	A	A	A	0,92	0,92	0,99	0,9433	0,0404
15	0,1	0,1	0,1	0,1	1,7E-17	A	A	A	A	A	0,12	0,13	0,13	0,1266	0,0057

ANEXO C

Datos de tiempos de exposición de diferentes tiempos de plasma frio sobre carga microbiana a 25 grados centígrados

Tiempo (minutos)	<i>Coliformes totales</i> (ufc/g)			Promedio	SD	<i>Salmonella sp</i>			Promedio	SD	<i>Aerobios viables</i> (ufc/g)			Promedio	SD
						P	P	P			P	P	P		
0	3,9	3,89	3,91	3,9	0,01	P	P	P	P	P	5,28	5,24	5,2	5,24	0,04
5	2,6	2,4	2,4	2,4666	0,1154	P	P	P	P	P	3,22	3,12	3,15	3,1633	0,0513
10	1,3	1,1	1,1	1,1666	0,1154	P	P	P	P	P	1,26	1,12	1,45	1,2766	0,1656
15	0,3	0,1	0,1	0,1666	0,1154	A	A	A	A	A	0,52	0,56	0,52	0,5333	0,0230

Datos de tiempos sin exposición de diferentes tiempos de plasma frio sobre carga microbiana

Tiempo (minutos)	<i>Coliformes totales</i> (ufc/g)			Promedio	SD	<i>Salmonella sp</i>			Promedio	SD	<i>Aerobios viables</i> (ufc/g)			Promedio	SD
						P	P	P			P	P	P		
0	3,9	3,9	3,91	3,9033	0,0058	P	P	P	P	P	5,28	5,23	5,25	5,2533	0,0251
5	3,9	3,9	3,91	3,9033	0,0058	P	P	P	P	P	5,28	5,24	5,24	5,2533	0,0230
10	3,93	3,93	3,91	3,9233	0,0115	P	P	P	P	P	5,3	5,26	5,27	5,2766	0,0208
15	3,93	3,93	3,94	3,9333	0,0058	P	P	P	P	P	5,35	5,3	5,3	5,3166	0,0288

Datos de tiempos sin exposición de plasma frio sobre carga microbiana

Tiempo (minutos)	<i>Coliformes totales (ufc/g)</i>			Promedio	SD	<i>Salmonella sp</i>			Promedio	SD	<i>Aerobios viables (ufc/g)</i>			Promedio	SD
						Presencia	Presencia	Presencia			Presencia	Presencia			
0	3,9	3,9	3,91	3,9033	0,0058	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia	5,28	5,23	5,25	5,2533	0,0251
5	3,9	3,9	3,91	3,9033	0,0058	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia	5,28	5,24	5,24	5,2533	0,0230
10	3,93	3,93	3,91	3,9233	0,0115	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia	5,3	5,26	5,27	5,2766	0,0208
15	3,93	3,93	3,94	3,9333	0,0058	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia	5,35	5,3	5,3	5,3166	0,0288

Anexo D

Datos de tiempo de exposición de plasma frio sobre cambios fisicoquímicos a 25 grados centígrados

Tiempo (minutos)	Proteína g/100 de muestra			Promedio	SD	% de ácido láctico(g/100 ml)			Promedio	SD	Humedad			Promedio	SD	pH			Promedio	SD
0	26,9	26,87	27,4	27,0566	0,29771	0,56	0,55	0,56	0,5566	0,0058	65,2	65,4	64,8	65,1333	0,3055	5,5	5,4	5,5	5,4667	0,0577
5	26,89	26,86	26,9	26,8833	0,02082	0,56	0,56	0,56	0,56	0	65,3	65,2	64,8	65,1	0,2646	5,4	5,5	5,5	5,4667	0,0577
10	26,87	26,86	26,89	26,8733	0,01528	0,53	0,55	0,54	0,54	0,01	65,1	65,4	64,8	65,0967	0,295	5,4	5,6	5,5	5,5	0,1
15	26,87	26,87	26,87	26,87	0	0,52	0,55	0,54	0,5366	0,0153	65,2	65,4	64,5	65,0367	0,4708	5,6	5,6	5,7	5,6333	0,0577

Tiempo (minutos)	Proteína g/100 de muestra			Promedio	SD	% de ácido láctico(g/100ml)			SD	Humedad			Promedio	SD	pH			0	SD	
0	27,22	27,3	26,84	27,12	0,2457	0,56	0,54	0,54	0,5466	0,0115	65,3	65,9	64,1	65,0967	0,9122	5,5	5,5	5,5	5,5	0
5	27	26,9	26,9	26,9333	0,0577	0,57	0,55	0,56	0,565	0,0071	65,2	65,2	64,8	65,0733	0,2194	5,4	5,3	5,4	5,366	0,057
10	26,84	26,86	26,75	26,8166	0,0585	0,53	0,53	0,54	0,5333	0,0058	65,1	65,1	65,2	65,14	0,0529	5,4	5,6	5,5	5,5	0,1
15	27,4	26,7	26,87	26,99	0,3651	0,54	0,55	0,54	0,5433	0,0058	65,3	65,4	64,5	65,06	0,4957	5,6	5,6	5,7	5,6333	0,0577

Datos de tiempo sin exposición de plasma frio sobre cambios fisicoquímicos a 25 grados centígrado

Anexo E

Tiempo (minutos)	proteína g/100 de muestra			Promedio	SD	% de ácido láctico(g/100ml)			Promedio	SD	Humedad			Promedio	SD	pH			Promedio	SD
0	26,9	26,87	27,4	27,0567	0,2977	0,56	0,55	0,56	0,5566	0,0058	65,2	65,4	64,8	65,1333	0,3055	5,5	5,4	5,5	5,4666	0,0577
5	26,9	26,86	26,9	26,8833	0,0208	0,54	0,55	0,55	0,5466	0,0058	65,3	65,2	64,8	65,1	0,2646	5,4	5,5	5,5	5,4666	0,0577
10	26,9	26,86	26,89	26,8733	0,0153	0,53	0,55	0,54	0,54	0,01	65,1	65,39	64,8	65,0967	0,295	5,4	5,6	5,5	5,5	0,1
15	26,9	26,87	26,87	26,87	0	0,52	0,55	0,53	0,5333	0,0153	65,23	65,38	64,5	65,0367	0,4708	5,6	5,6	5,7	5,6333	0,0577

Datos de tiempos sin exposición de plasma frío sobre cambios fisicoquímicos a 30 grados centígrados

Tiempo (minutos)	proteína g/100 de muestra			Promedio	SD	% de ácido láctico(g/100ml)				SD	Humedad			#DIV/0!	SD	pH			Promedio	SD
0	26,9	26,8	27,4	27,0333	0,3215	0,56	0,56	0,56	0,56	0	65,23	65,44	65,3	65,3367	0,105	5,4	5,4	5,5	5,4333	0,0577
5	26,9	26,86	26,85	26,8667	0,0208	0,54	0,56	0,55	0,55	0,01	65,14	65,23	65,3	65,23	0,09	5,4	5,5	5,4	5,4333	0,0577
10	26,9	26,86	26,89	26,88	0,0173	0,56	0,55	0,54	0,55	0,01	65,11	65,38	64,9	65,1167	0,2601	5,4	5,5	5,5	5,4666	0,0577
15	26,9	26,85	26,86	26,86	0,01	0,52	0,55	0,55	0,54	0,0173	65,22	65,37	64,5	65,0333	0,4594	5,4	5,6	5,5	5,5	0,1

Anexo F

ANEXO F a. Resultados de la evaluación sensorial para el atributo olor, de la carne de cerdo tratada con 15 minutos/ 25 C° y 15 minutos/ 30 C°.

Olor			
Jueces	sin plasma (carne normal)	con plasma 25 C°, 15 minutos	con plasma 30 C°, 15 minutos
1	4	4	4
2	5	4	4
3	4	4	4
4	5	5	5
5	4	5	4
6	4	5	4
7	5	5	5
8	4	4	5
9	5	5	5
10	5	5	5
11	4	4	4
12	4	5	4
13	4	4	5
14	4	4	4
15	5	4	4
Medias	4,40	4,47	4,40

Datos de la evaluación sensorial del atributo Olor

Jueces	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Medias
sin plasma (carne normal)	4	5	4	5	4	4	5	4	5	5	4	4	4	4	5	4,40
con plasma 25 C°, 15 minutos	4	4	4	5	5	5	5	4	5	5	4	5	4	4	4	4,47
con plasma 30 C°, 15 minutos	4	4	4	5	4	4	5	5	5	5	4	4	5	4	4	4,40

Rangos de la evaluación sensorial del atributo Olor

Jueces	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Medias
sin plasma (carne normal)	2	3	2	2	1,5	1,5	2	1,5	2	2	2	1,5	1,5	2	3	1,97
con plasma 25 C°, 15 minutos	2	1,5	2	2	3	3	2	1,5	2	2	2	3	1,5	2	1,5	2,07
con plasma 30 C°, 15 minutos	2	1,5	2	2	1,5	1,5	2	3	2	2	2	1,5	3	2	1,5	1,97

Resumen de prueba de hipótesis

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	Las distribuciones de SP, CP25y15 and CP30y15 son las mismas.	Análisis de varianza de dos vías por rangos de Friedman para muestras relacionadas	,867	Retener la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,05.

ANEXO F b. Resultados de la evaluación sensorial para el atributo color, de la carne de cerdo tratada con 15 minutos/ 25 C° y 15 minutos/ 30 C°.

Color			
Jueces	sin plasma (carne normal)	con plasma 25 C°, 15 minutos	con plasma 30 C°, 15 minutos
1	4	4	4
2	5	4	4
3	4	4	4
4	4	4	5
5	4	4	4
6	4	4	4
7	4	5	5
8	4	4	5
9	4	5	5
10	4	5	5
11	5	4	4
12	4	5	5
13	5	4	5
14	4	4	4
15	4	4	4
Medias	4,20	4,27	4,47

**Datos de la evaluación sensorial del atributo
Color**

Jueces	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Medias
sin plasma (carne normal)	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	5	4	5	4	4	4,20
con plasma 25 C°, 15 minutos	4	4	4	4	4	4	5	4	5	5	4	5	4	4	4	4,27
con plasma 30 C°, 15 minutos	4	4	4	5	4	4	5	5	5	5	4	5	5	4	4	4,47

**Rangos de la evaluación sensorial del atributo
Color**

Jueces	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Medias
sin plasma (carne normal)	2	3	2	1,5	2	2	1	1,5	1	1	3	1	2,5	2	2	1,83
con plasma 25 C°, 15 minutos	2	1,5	2	1,5	2	2	2,5	1,5	2,5	2,5	1,5	2,5	1	2	2	1,93
con plasma 30 C°, 15 minutos	2	1,5	2	3	2	2	2,5	3	2,5	2,5	1,5	2,5	2,5	2	2	2,23

Resumen de prueba de hipótesis

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	Las distribuciones de SP, CP25y15 and CP30y15 son las mismas.	Análisis de varianza de dos vías por rangos de Friedman para muestras relacionadas	,236	Retener la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,05.

ANEXO F c. Resultados de la evaluación sensorial para el atributo apariencia, de la carne de cerdo tratada con 15 minutos/ 25 C° y 15 minutos/ 30 C°.

Apariencia general			
Jueces	sin plasma (carne normal)	con plasma 25 C°, 15 minutos	con plasma 30 C°, 15 minutos
1	4	4	4
2	5	4	4
3	4	4	4
4	4	5	5
5	4	5	4
6	4	5	4
7	4	5	5
8	5	4	5
9	4	5	5
10	5	5	5
11	5	4	4
12	4	5	4
13	5	4	5
14	4	4	4
15	4	4	4
Medias	4,33	4,47	4,40

Datos de la evaluación sensorial del atributo Apariencia general

Jueces	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Medias
sin plasma (carne normal)	4	5	4	4	4	4	4	5	4	5	5	4	5	4	4	4,33
con plasma 25 C°, 15 minutos	4	4	4	5	5	5	5	4	5	5	4	5	4	4	4	4,47
con plasma 30 C°, 15 minutos	4	4	4	5	4	4	5	5	5	5	4	4	5	4	4	4,40

Rangos de la evaluación sensorial del atributo Apariencia general

Jueces	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Medias
sin plasma (carne normal)	2	3	2	1	1,5	1,5	1	2,5	1	2	3	1,5	2,5	2	2	1,90
con plasma 25 C°, 15 minutos	2	1,5	2	2,5	3	3	2,5	1	2,5	2	1,5	3	1	2	2	2,10
con plasma 30 C°, 15 minutos	2	1,5	2	2,5	1,5	1,5	2,5	2,5	2,5	2	1,5	1,5	2,5	2	2	2,00

Resumen de prueba de hipótesis

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	Las distribuciones de SP, CP25y15 and CP30y15 son las mismas.	Análisis de varianza de dos vías por rangos de Friedman para muestras relacionadas	,741	Retener la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,05.

ANEXO F d. Resultados de la evaluación sensorial para el atributo textura, de la carne de cerdo tratada con 15 minutos/ 25 C° y 15 minutos/ 30 C°.

Textura			
Jueces	sin plasma (carne normal)	con plasma 25 C°, 15 minutos	con plasma 30 C°, 15 minutos
1	5	4	4
2	5	4	4
3	4	4	4
4	4	5	5
5	5	5	4
6	4	5	4
7	5	5	5
8	5	4	5
9	4	5	5
10	5	5	5
11	5	4	4
12	4	5	4
13	5	4	5
14	4	4	4
15	5	5	5
Medias	4,60	4,53	4,47

Datos de la evaluación sensorial del atributo Textura

Jueces	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Medias
sin plasma (carne normal)	5	5	4	4	5	4	5	5	4	5	5	4	5	4	5	4,60
con plasma 25 C°, 15 minutos	4	4	4	5	5	5	5	4	5	5	4	5	4	4	5	4,53
con plasma 30 C°, 15 minutos	4	4	4	5	4	4	5	5	5	5	4	4	5	4	5	4,47

Rangos de la evaluación sensorial del atributo Textura

Jueces	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Medias
sin plasma (carne normal)	3	3	2	1	2,5	1,5	2	2,5	1	2	3	1,5	2,5	2	2	2,10
con plasma 25 C°, 15 minutos	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	2	1	2,5	2	1,5	3	1	2	2	2,00
con plasma 30 C°, 15 minutos	1,5	1,5	2	2,5	1	1,5	2	2,5	2,5	2	1,5	1,5	2,5	2	2	1,90