

**EFFECTO DEL TRATAMIENTO CON PLASMA FRÍO SOBRE EMULSIONES  
CÁRNICAS**



**MARÍA FERNANDA VERJEL DELGADO**

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA  
INGENIERÍA DE ALIMENTOS**

**2020**

**EFFECTO DEL TRATAMIENTO CON PLASMA FRÍO SOBRE EMULSIONES  
CÁRNICAS**

**MARÍA FERNANDA VERJEL DELGADO**

**Trabajo de grado para optar el Título de Ingeniera de Alimentos**

**Director**

**PHD. VÍCTOR MANUEL GELVEZ ORDOÑEZ**

**Semillero de Innovaciones Alimentarias (SIAL)**

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA**

**INGENIERÍA DE ALIMENTOS**

**2020**

## **DEDICATORIA**

A las personas que siempre me apoyaron mi madre Sandra Isabel, que fue una voz de aliento en el proceso de lograr este objetivo personal y profesional, por infundir en mi la perseverancia y constancias, a Emmanuel Ovalles, por su amor incondicional en esta etapa de mi vida y motivarme en las caídas y desvelos.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi madre, por su incansable sacrificio de sacarme adelante sin importar las dificultades, por su comprensión y entrega durante esta etapa tan importante en mi vida, por su apoyo incondicional y sus grandes palabras de motivación. A mi director de tesis PhD. Víctor Manuel Gélvez Ordoñez por compartir y transmitir conmigo su amplio conocimiento, por su esfuerzo, dedicación y comprensión en este proceso. A todos los profesores que estuvieron ahí transmitiéndonos conocimientos y enseñanzas para afrontar la vida tanto profesional como personal. Por último a mis amigos Eystin Ortegata y Sebastián Turizo, por los momentos alegres y experiencias que nunca voy a olvidar de mi paso por la Universidad.

**Nota de aceptación:**

---

---

---

---

---

---

---

---

**Firma del presidente del jurado**

---

**Firma del jurado**

---

**Firma del jurado**

## CONTENIDO

<b>RESUMEN</b>	9
<b>INTRODUCCIÓN</b>	11
<b>MARCO REFERENCIAL</b>	14
<i>Emulsiones Cárnicas</i>	14
<i>Tecnologías Emergentes</i>	15
<i>Plasma Frío</i>	15
<i>Aplicaciones del plasma frío en la Industria Alimentaria</i>	17
<b>OBJETIVOS</b>	19
<b>METODOLOGÍA</b>	20
<i>Caracterización de Materia prima</i>	20
<i>Preparación de Emulsiones</i>	20
<i>Tratamiento</i>	20
<b>ANÁLISIS</b>	21
<i>Propiedades Fisicoquímicas</i>	21
<i>Propiedades Nutricionales</i>	22
Análisis de Datos	22
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	23
<b>CONCLUSIÓN</b>	32
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	34
<b>ANEXOS</b>	39

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Modelo de Equipo Plasma Frío	17
Figura 2. Efectos de diferentes tiempos de tratamiento con plasma frío en el pH de las muestras de emulsiones cárnicas	23
Figura 3. Efecto en las variables de color *L (Blanco-Negro)	25
Figura 4. Efecto en las variables de color a (Rojo-Verde )	26
Figura 5. Efecto en las variable de color b(amarillo-azul)	26
Figura 6. Variación de la Digestibilidad Enzimática en muestras tratadas con Plasma frío	29
Figura 7. Efecto del Tratamiento de Plasma frío en la Capacidad de Retención de Agua en las muestras de emulsiones cárnicas.	30

## **LISTA DE ANEXOS**

Anexo 1. Microestructura de la emulsión cárnica.....	39
Anexo 2. Certificado de participación poster CIBIA .....	40



## EFFECTO DEL TRATAMIENTO CON PLASMA FRÍO SOBRE EMULSIONES CÁRNICAS

### RESUMEN

El plasma frío es utilizado para inactivar microorganismos y desinfectar superficies mediante la descarga de gas ionizado. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del tiempo de tratamiento (0, 2 y 5min) con plasma frío (1000V/480Pa/Helio) sobre las propiedades fisicoquímicas (pH, Colorimetría, Estabilidad, Microestructura, CRA) y funcionales (Digestibilidad Enzimática) de una emulsión de cárnica (18,8% proteína cárnica, grasa 17,2% grasa, 63,3% agua). Se observaron los cambios producidos por el tratamiento durante los días 2 y 4 posteriores al tratamiento. Para el análisis se utilizaron métodos de la A.O.AC (2016). El color se determinó en la escala CIELab, la digestibilidad por método enzimático *in vitro* y la microestructura se analizó con el software Motic-plus. En los resultados se encontró que el tratamiento disminuyó la Luminosidad ( $L$ ) de las muestras tratadas durante 2 min en 11 unidades en el primer día y se mantuvo en el tiempo; mientras que en las muestras tratadas durante 4 min no hubo alteraciones, la coordenada  $a$  aumentó dos unidades en el primer día en las muestras tratadas durante 5 min, la coordenada  $b$  disminuyó con mayor exposición al tratamiento. El tratamiento y el tiempo de almacenamiento no tuvieron influencia significativa ( $p>0,05$ ) en el pH y la estabilidad. La digestibilidad aumenta con el tratamiento y el tiempo de almacenamiento en 3,2%. El tratamiento disminuye la CRA pero aumenta el tamaño del glóbulo graso. El tratamiento afecta el color de las emulsiones estudiadas observándose mayor cambio a mayores tiempos de exposición.

**Palabras Claves:** *Carne de bovino, plasma frío, propiedades fisicoquímicas, proteínas cárnicas.*

## ABSTRACT

Cold plasma is used to inactivate microorganisms and disinfect surfaces by discharging ionized gas. The objective of this work was to evaluate the effect of treatment time (0, 2 and 5min) with cold plasma (1000V / 480Pa / Helium) on the physicochemical (pH, Colorimetry, Stability, Microstructure, CRA) and functional properties (Enzymatic Digestibility ) of a meat emulsion (18.8% meat protein, 17.2% fat, 63.3% water). Changes produced by treatment were observed on days 2 and 4 after treatment. Methods from the A.O.AC (2016) were used for the analysis. Color was determined on the CIELab scale, digestibility by in vitro enzymatic method and the microstructure was analyzed with Motic-plus software. In the results, it was found that the treatment decreased the Luminosity (L) of the treated samples for 2 min in 11 units on the first day and was detected over time; while in the samples treated for 4 minutes, there were no alterations, the coordinate to samples two units on the first day in the samples treated for 5 minutes, the coordinate b decreased with greater exposure to treatment. Treatment and storage time had no significant influence ( $p > 0.05$ ) on pH and stability. Digestibility increases with treatment and storage time by 3.2%. The treatment improved the CRA but increased the size of the fat globule. The treatment affects the color of the emulsions studied, observing a greater change at longer exposure times.

**Key Words:** *Bovine meat, cold plasma, physicochemical properties, meat proteins.*

## INTRODUCCIÓN

La estabilidad, seguridad y calidad de los alimentos conservados se basan en la aplicación de los métodos o sistemas combinados de conservación (Sanchez *et al.*, 2014). Los avances recientes en el campo se enfocan en la utilización de tecnologías no térmicas, que logren conservar las características iniciales y la inocuidad de los productos alimenticios durante un mayor periodo de tiempo (Lee *et al.*, 2017). Las demandas de los consumidores de alimentos de alta calidad y los efectos perjudiciales asociados con las existentes tecnologías térmicas impulsan el desarrollo de tecnologías alternativas de procesos no térmicos (Dorran *et al.*, 2017). Dentro de las tecnologías no térmicas se destacan los campos eléctricos pulsantes, ultrasonidos, las altas presiones hidrostáticas, irradiación, campos magnéticos oscilantes, plasma frío y luz blanca de alta intensidad (Solenó, 2015).

Debido a la mayor conciencia de los consumidores, la industria moderna de alimentos está buscando formas de satisfacer una mayor demanda de alimentos seguros, sanos y nutritivos, con atributos frescos (Vanga *et al.*, 2015). La inactivación de microorganismos y enzimas permite la obtención de alimentos estables y seguros. Los tratamientos térmicos poseen la mayoría de las características de un método ideal de preservación de alimentos. Sin embargo, en algunos alimentos la gran termo tolerancia de enzimas y microorganismos, hace necesaria la aplicación de tratamientos térmicos extremos, que afectan a las propiedades organolépticas y nutricionales del alimento (Sánchez *et al.*, 2018).

El inconveniente de la mayoría de los procesos de esterilización tanto físicos como químicos principalmente es la elevada temperatura que se requiere para su aplicación, normalmente se encuentra entre 100°C-180°C, lo que conlleva a deteriorar determinados materiales termosensibles con el paso del tiempo y a limitar el instrumental médico que se puede esterilizar (Aguilar *et al.*, 2016).

En consecuencia, la industria agroalimentaria ha tenido como desafío la generación de tecnologías de conservación que permitan ofrecer alimentos con una buena calidad sanitaria, cuyas características iniciales se mantengan al máximo posible y que puedan ser consumidos de manera directa como producto fresco o bien acorten los procesos de elaboración, una vez sacados del empaque, como lo es el tratamiento de plasma frío (Soleno, 2015). Esta tecnología permite tiempos de tratamiento cortos, siendo posible conseguir más de 5 reducciones logarítmicas en el número de microorganismos patógenos viables (*Salmonella typhimurium*, *Salmonella enteritidis*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* y *Listeria monocytogenes*, entre otros), e incluso, microorganismos esporulados, como *Bacillus cereus* y *Bacillus subtilis* entre 30 segundos y 2 minutos. El hecho de que esta técnica resulte eficaz a temperatura ambiente, la hace especialmente interesante para productos sensibles al calor tanto frescos como procesados (Fraguas, 2018).

Según un estudio desarrollado en la Universidad de Drexel, donde se evaluaron muestras de pollo fresco contaminado con *Salmonella enterica* y *Campylobacter jejuni* y posteriormente fueron tratadas con plasma durante distintos periodos de tiempo. El tratamiento con plasma eliminó las bacterias cuando se encontraban en niveles bajos en la pechuga de pollo sin piel y en la piel de pollo, y redujo significativamente la cantidad de bacterias cuando los niveles de contaminación eran altos (Dirks *et al.*, 2012). En un estudio realizado en el Instituto de Calidad de los Alimentos y Seguridad Alimentaria de la Universidad de Medicina Veterinaria de Hannover (Alemania) encontraron que el tratamiento con plasma es efectivo sobre el norovirus, el cual es estable en el medio ambiente y resistente al tratamiento con detergentes y cloro, así como al proceso de congelación y cocción. Demostraron que la aplicación del plasma frío en muestras con norovirus reduce la carga de 22.000 partículas de virus a 1.400 tras 10 minutos, y en 500 después de 15 minutos (Manzano, 2015).

Así mismo, se ha demostrado que el plasma tiene el potencial para ser esterilizador, desinfectante y además una fuente de nitrito, que es un importante aditivo en la producción de productos cárnicos curados (Pina *et al.*, 2020). En la industria cárnica, los nutrientes esenciales que contiene la carne como proteínas, lípidos, vitaminas y minerales, pueden influir en la calidad del producto durante el procesamiento y almacenamiento. El alto contenido de humedad y la abundancia son condiciones de crecimiento favorables para microorganismos, por ende con este tratamiento pretende conservar el producto sin alterar sus propiedades organolépticas características (Lee *et al.*, 2017).

Según estudios recientes, el uso del tratamiento plasma frío se enfoca principalmente en la disminución de carga microbiana de superficies. Esta investigación se realizó con el fin de ampliar el conocimiento sobre los efectos causado en las propiedades de una emulsión cárnica, por ende se plantea la investigación “Efecto del tratamiento frío aplicado en una emulsión cárnica”.

## MARCO REFERENCIAL

### *Emulsiones Cárnicas*

La formación de emulsiones depende de la energía, ya sea mecánico (mezclador, molino coloidal, un mezclador, homogeneizador), para producir los cambios estructurales en las proteínas (Cichoski *et al.*, 2019). Estos productos son considerados sistemas compuestos del tipo grasa suspendido en agua y poseen un comportamiento pseudoplástico, lo cual los hace susceptibles a rotura. Los coproductos de origen animal son subutilizados en la industria sin embargo, representan una fuente de proteína económica y de alta calidad, idónea para formular emulsiones (Solé, 2006). Para garantizar que la creciente demanda de productos cárnicos seguros y de alta calidad sea cumplido con éxito, es necesario desarrollar e implementar tecnologías avanzadas en el industria cárnica, y en la industria alimentaria en general (Trujillo, 2015).

En el proceso de la formación de emulsión, es importante la duración del proceso debido a que influye decisivamente sobre la estabilidad de la emulsión cárnica y la calidad del producto final al condicionar tanto la ligazón grasa-proteína como la tendencia a la exudación de agua y grasa durante el cocinado (Alvarez, 2008). Durante años se ha identificado que uno de los principales desafíos en la elaboración de emulsiones cárnicas es la obtención de productos que mantengan su estabilidad no sufriendo excesivas pérdidas de grasa y agua durante la fase de cocinado y almacenamiento. Así también la oxidación lipídica es otro proceso que se puede ver reflejado en el deterioro por oxidación de la emulsión (Marchetti, 2014).

Los procesos alimentarios empleados por la industria cárnica incluyen congelación, enfriamiento, deshidratación y varios enfoques térmicos, implicando la modulación del pH y los depresores de la actividad del agua (sales, azúcares), antimicrobianos, especias y envases activos. En el procesamiento térmico de la carne, el cambio en

la estructura de los alimentos y la pérdida de textura es común; además la oxidación de lípidos es una causa importante de rancidez y sabores desagradables durante el almacenamiento posterior (Barbosa *et al.*, 2014).

### *Tecnologías Emergentes*

Las Tecnologías emergentes o procesos no térmicos presentan varias ventajas sobre los métodos convencionales de procesamiento térmico. Los procesos no térmicos se llevan a cabo a temperaturas bajas (<50°C), ayudan a la inactivación de microorganismos patógenos y deteriorativos así como a la inactivación de enzimas, teniendo un ligero efecto sobre el color, sabor, textura y propiedades nutricias del alimento (Mar *et al.*, 2010).

La generación de plasma frío dentro de un paquete sellado que contiene el producto alimenticio previsto para descontaminación permite la prevención de cualquier contaminación posterior al proceso, sin aplicación de calor (Misra *et al.*, 2017).

Esta tecnología emergente es de gran interés, debido a que son desinfectantes alternativos, que garantizan una baja carga microbiana en combinación con el mantenimiento de una alta calidad de los productos durante la vida útil. Un enfoque físico prometedor es la aplicación de plasma no térmico (NTP, por sus siglas en inglés) generado a presión atmosférica (Schlüter, 2017).

### *Plasma Frío*

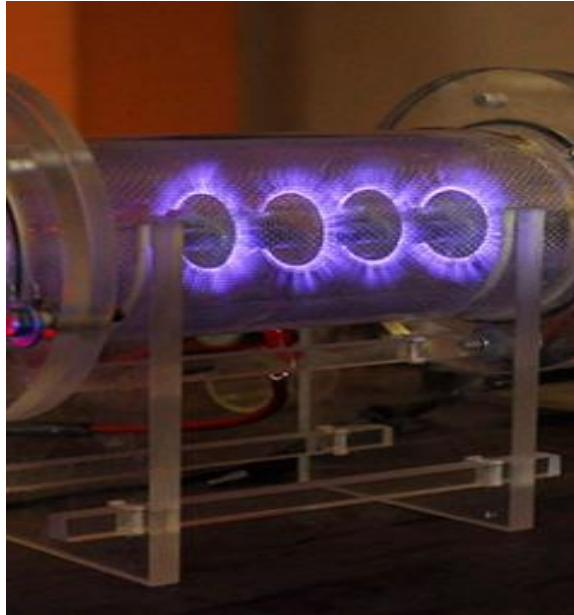
El plasma se considera el cuarto estado de la materia, después de los sólidos, líquidos y gases, y generalmente se visualiza como un arco o descarga de luz fluorescente brillante. Físicamente, es una mezcla gaseosa parcial o totalmente ionizada (Horn *et al.*, 2018). El plasma es un gas ionizado que contiene átomos o moléculas en un estado meta estable con aproximadamente cero carga

eléctrica neta. Los plasmas se pueden inducir en cualquier gas neutro al proporcionar suficiente energía capaz de provocar la ionización del gas (Baeza, 2017).

El plasma frío tiene temperaturas cercanas o superiores a energías de ionización atómica, los átomos se descomponen en electrones cargados negativamente y en iones con carga positiva. Estas partículas cargadas no son libres, de hecho, se ven fuertemente afectadas por los campos electromagnéticos de las demás. Sin embargo, debido a que las cargas ya no están fuertemente ligadas, su conjunto se vuelve capaz de realizar movimientos colectivos de gran vigor y complejidad, denominándose plasma (Baeza, 2017). Se ha demostrado que el plasma frío es una fuente de oxígeno reactivo especies (ROS) que incluyen oxígeno, ozono y molecular excitado nitrógeno. Esto resultó ser útil en la inactivación de una amplia gama de microorganismos (Niemira, 2012). El plasma frío se basa en la dispersión en el aire de radicales hidroxilo (OH<sup>-</sup>), formados a partir de la humedad del ambiente. Estos inestables hidroxilos se adhieren a la pared celular de las bacterias robándoles los átomos de hidrógeno causando su muerte, un modelo del equipo utilizado para generar este principio se presenta en la Fig.1 (Lee *et al.*, 2017).

La descontaminación en seco de las superficies de los alimentos, de alimentos granulares y en partículas, y de semillas brotadas podría llevarse a cabo con ese método. Además, podría esterilizarse la superficie del material de embalaje (Schlüter, 2017).





Fuente: Innovaciones alimentarias (Argentinas)

*Figura 1. Modelo de Equipo Plasma Frío*

### *Aplicaciones del plasma frío en la Industria Alimentaria*

Los alimentos tratados con plasma se exponen a los componentes reactivos de la misma manera que los microorganismos contaminantes. Por lo tanto, el objetivo es lograr la mayor reducción posible del recuento de microbios con el menor efecto posible sobre la calidad de los alimentos. Se han llevado a cabo investigaciones con compuestos aislados sobre los cambios de sustancias relacionadas con los alimentos. Se observaron pérdidas de sustancias en función del sistema de plasma y el tiempo de exposición (Grzegorzewski, 2010). La mayoría de los estudios realizados hasta ahora han utilizado productos alimenticios en partículas. Sin embargo, los alimentos líquidos, como, por ejemplo, los zumos, también pueden ser tratados con plasma (Schlüter, 2017).

El campo de aplicación de plasmas fríos en procesos industriales es muy diverso. Algunas de estas aplicaciones son: síntesis de nanopartículas, modificación de

superficies, limpieza, esterilización, erosión, producción de injertos y polimerización (Mandal, 2018). En el sector alimentario las tecnologías basadas en plasma frío permiten la eliminación de patógenos del aire y de las superficies en contacto con los alimentos, asegurando de esta forma la seguridad de los alimentos y su mejor conservación. Se ha desarrollado y patentado un equipo de plasma frío capaz de eliminar bacterias, virus y esporas en del ambiente. El plasma frío se basa en la dispersión en el aire de radicales hidroxilo (OH<sup>-</sup>), formados a partir de la humedad del ambiente (Tanaro, 2015)

## OBJETIVOS

### **General:**

Evaluar el efecto del tratamiento con plasma frío sobre emulsiones cárnicas.

### **Específico:**

- Evaluar el efecto del tratamiento con plasma frío (1000V/28T/480Pa/Helio-Argón) sobre las propiedades físico-químicas (pH, Capacidad de Retención de agua , Color, Microestructura) de una emulsión cárnica
- Evaluar el efecto del tratamiento con plasma frío (1000V/28T/480Pa/Helio-Argón) sobre la propiedad nutricional (Digestibilidad Enzimática) de una emulsión cárnica.

## METODOLOGÍA

### *Caracterización de Materia prima*

La carne de res utilizada para el experimento fue de tipo PSE (18,8% proteína bruta, grasa 17,2% grasa, 63,3% agua) con pH 5.58, CRA 12,89% y en la escala colorimétrica (CIELab), \*L32 (negro-blanco), \*a36 (magenta-verde), \*b19 (amarillo-azul).

### *Preparación de Emulsiones*

La formulación de elaboración de las emulsiones se adecuaron 86.4% de carne de Res (18,8% proteína bruta, grasa 17,2% grasa, 63,3% agua) y 8% de Tocino de cerdo, se picó y mezcló con 1.58% de sal y 0,32% de nitral y 0,313% de Polifosfatos de Sodio, se molieron usando la placa de 4 mm de un Molino Kramer para dar una homogeneidad a la premezcla de grasa. Después se agregó 3,3% de hielo. Las emulsiones cárnicas fueron refrigeradas a una temperatura de 4°C.

### *Tratamiento*

Se utilizó un prototipo desarrollado en la Unipamplona. El tratamiento con plasma frío se realizó en atmósfera modificada con un flujo de gas de 6 inHg (Helio), por tiempos de exposición 0mn, 2mn y 5mn con potencia de 1000 V un campo magnético de 28 T, los tratamientos se definieron como T1, T2 y T3, respectivamente. Se realizó un seguimiento evaluándose en el día 0,2 y 4.

## ANÁLISIS

### *Propiedades Fisicoquímicas*

#### *pH*

La determinación se realizó mediante un pH-metro siguiendo el método 981.12 de la A.O.A.C. (2016). La medición se realizó por triplicado para cada muestra.

#### *Micro-estructura*

Se observó la microestructura de la emulsión antes y después de la exposición al tratamiento con plasma frío a través microscopio (Olympus BX-51) la cual se analizó en el Software Motic-plus. Los resultados se expresaron en mm

#### *Medición de color*

Se realizó siguiendo la metodología descrita por Campo *et al.*, (2011) empleando la escala de color CIELab, para medir tres parámetros de color: L\* (claridad 0 a 100), a\* (componentes de rojo a verde, 60 a -60), b\* (componente amarillo a azul, 60 a - 60). Los análisis se realizaron por triplicado a través del Software ColorRotate.

#### *Índice de estabilidad (IE)*

Las emulsiones fueron sometidas a centrifugación con el objetivo de evaluar su resistencia la separación de fases. Para ello se pesaron 5 gramos de emulsión en un tubo de centrífuga (1,5 cm) y se sometieron a 8000 rpm,

según el método descrito por Lillini *et al.*, (2016). Se realizó lectura pasado 10 minutos.

#### *Capacidad de Retención de Agua ( CRA)*

Se realizó a través del método descrito por Cury *et al.*, (2011) el cual consiste en someter a presión conocida una muestra sobre papel filtro durante 15mn. Se calculó la capacidad de retención de agua como porcentaje de agua expedida.

### **Propiedades Nutricionales**

#### *Digestibilidad Enzimática (in vitro)*

Se dispuso de 5g de muestra disueltos en 100ml de agua potable. El pH se estabilizó con NaOH a 0.5M y se llevó a una plancha de calentamiento con agitador magnético, donde mantuvo una temperatura de 37°C. En un vaso de precipitado se disolvió 0,08 g de una cápsula compuestas por amilasa, pancreatina y pepsina para simular el proceso estomacal, según el método descrito por (Hsu *et al.*, 1977). Se realizó control durante 10mn dónde se midió el pH en cada minuto transcurrido. Se aplicó la siguiente ecuación:

$$Y = 210,464 - 18,103x$$

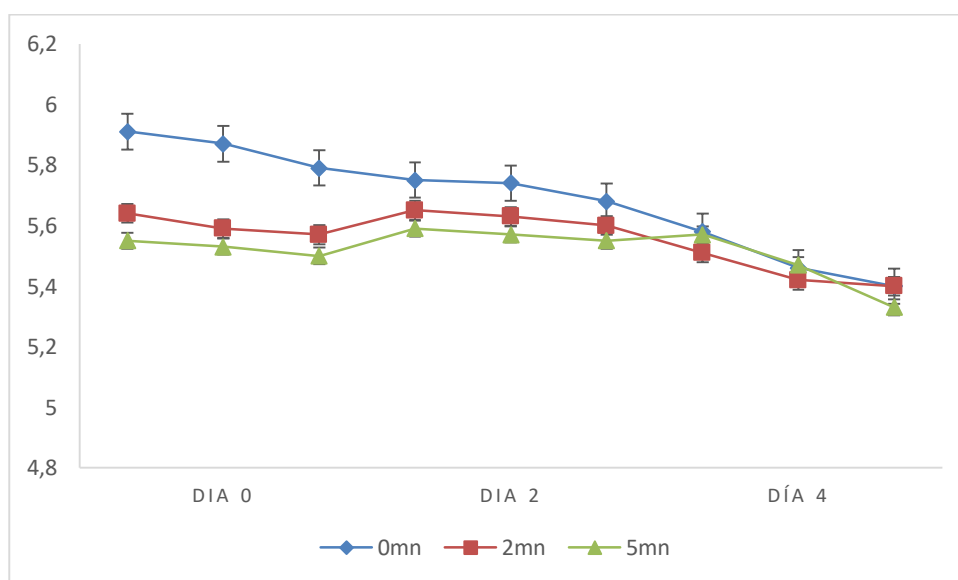
### **Análisis de Datos**

Los datos se presentan como la media de tres determinaciones  $\pm$  desviación estándar. Los datos se analizaron mediante ANOVA y la prueba de rango múltiple de Duncan utilizando el software estadístico SPSS (Versión 25.0). La significancia estadística para las diferencias se probó a un nivel de probabilidad del 5% ( $p < 0.05$ )

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### pH

El efecto del tiempo de exposición del tratamiento plasma frío en el pH de las muestras de emulsiones cárnicas se presentan en la **Figura 2**. El tratamiento disminuyó el pH de las muestras tratadas, sin embargo no causó influencia significativa ( $p < 0,05$ ). Se observó mayor disminución del parámetro en el día de 4 con exposición al tratamiento durante 2mn.



*Figura 2. Efectos de diferentes tiempos de tratamiento con plasma frío en el pH de las muestras de emulsiones cárnicas*

Estos resultados indican que los efectos del plasma sobre el pH de las matrices complejas de alimentos se ven afectados por varios factores, como la capacidad amortiguadora y la actividad fisiológica de los tejidos vivos, puede presentarse una disminución insignificante en la carne de res y cerdo (Pankaj, 2018). En otros estudios indicaron que los niveles de pH en tocino

tratado con plasma frío indica que la aplicación de tratamiento de plasma frío no afecta significativamente en las muestras (B. Kim *et al.*, 2011). Las mediciones de pH revelaron que el tratamiento con plasma frío no tuvo efectos significativos en la superficie de muestras de carne de pollo (Smulders, 2017). Según, Microbiol *et al.*, (2016) encontraron que el pH del cerdo tratado con plasma frío (3 kV, 100% He) el lomo fue significativamente más bajo que el de las muestras de carne sin tratar. Se reportó disminución en el pH con la aplicación de plasma frío sobre pechugas molidas, el efecto se ha atribuido a la formación de moléculas acidogénicas NOx durante el tratamiento (Gao *et al.*, 2019)

### *Micro-estructura*

La microestructura de las muestras de emulsiones cárnicas antes y después del tratamiento se observa en el **Anexo 1**. Por efecto del tratamiento y el tiempo de almacenamiento el promedio del tamaño del glóbulo de grasa aumento de 0.1 mm a 1.4 mm, en las muestras tratadas y no expuesta al tratamiento.

Estos valores coinciden con los encontrados por Dickinson *et al.*, (2010), donde la estabilidad de las muestras tratadas con plasma frío tiende a cerrar los tamaños promedio de gota, el tamaño de la gota aumenta con el tiempo, siendo la emulsión más inestable. Las emulsiones recién preparadas poseen tamaños de gotas pequeños y un menor polidispersidad que las almacenadas produciendo coaliscencia (Romero *et al.*, 2008).



## Medición de color

Los resultados de los parámetros de color para las muestras T1, T2 y T3, se presentan en la *Tabla 3,4 y 5*. Se evidenció diferencias significativas en los parámetros de luminosidad (blanco / negro) indicando que el tratamiento tuvo efecto significativo en las muestras T2 y T3 ( $p < 0,05$ ). Se observó que el tratamiento disminuyó la Luminosidad ( $L$ ) de las muestras tratadas durante 5 min de 28 a 17 unidades en el primer día y se mantuvo en el tiempo de observación; mientras que en las muestras tratadas durante 2 min no hubo alteraciones con el tratamiento, pero disminuyó con el tiempo de almacenamiento. La coordenada  $a$  aumentó 2 unidades en el primer día en las muestras tratadas durante 5 min y disminuyó 11 unidades con el tiempo de almacenamiento. Por su parte la coordenada  $b$  disminuyó con el tiempo de tratamiento alcanzando en el último día un valor de 12 en las muestras tratadas durante 5 min.

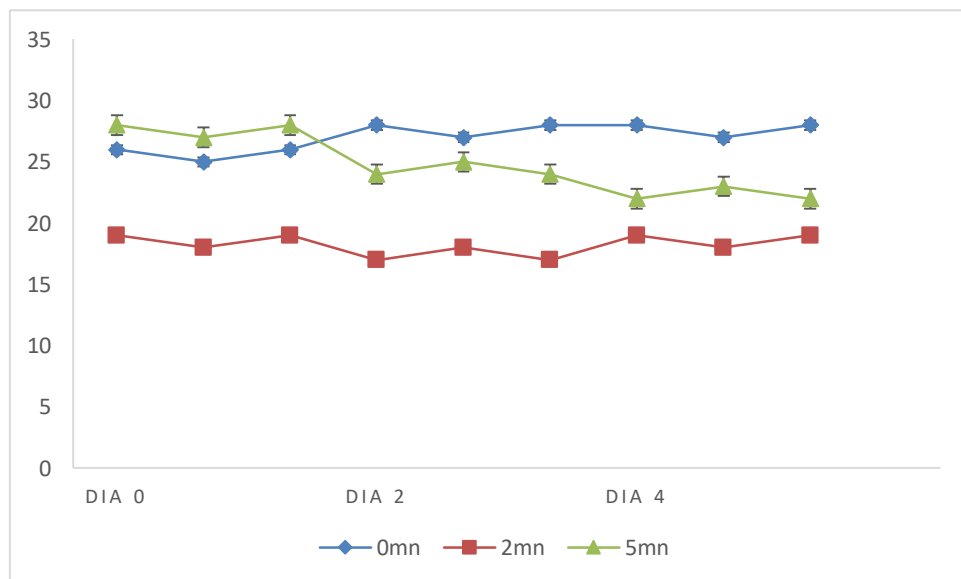


Figura 3. Efecto en las variables de color \*L (Blanco-Negro)

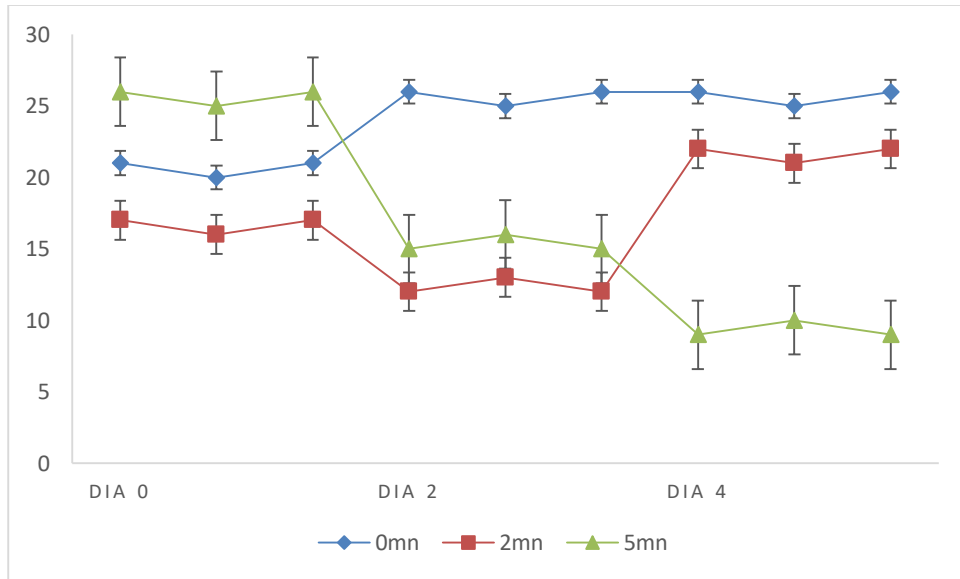


Figura 4. Efecto en las variables de color a (Rojo-Verde)

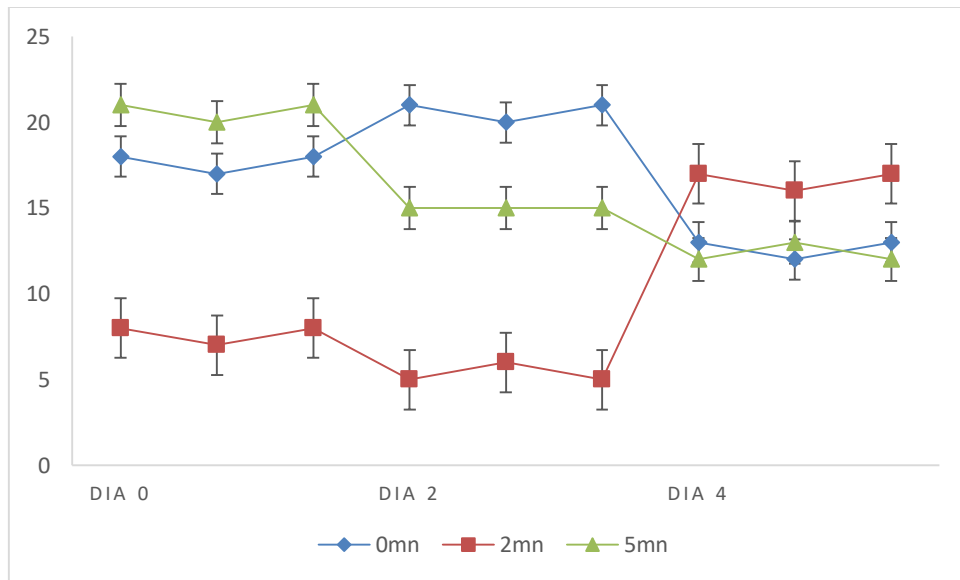


Figura 5. Efecto en las variable de color b(amarillo-azul)

Rossow *et al.*, (2018) reportó aumento de la variable **L** en un mayor tiempo de exposición al plasma. Según Youn *et al.*, (2009) la variable **a** no cambia significativamente por efecto del tratamiento con plasma frío en carne de cerdo y tocino, mientras el parámetro **L** muestra un aumento significativo debido a la oxidación lipídica que ocurre con la aplicación del tratamiento la luminosidad es la variable más afectada con la aplicación del plasma frío, sin embargo no hubo cambios de color significativos en el músculo de la carne de cerdo (Gao *et al.*, 2019). Sin embargo, Albertos *et al.*, (2017) reportaron una disminución significativa en **L\*** (ligereza) el tocino y cerdo tratados con plasma frío.

Roh *et al.*, (2019) indicaron que la aplicación de plasma frío sobre pechugas de pollo reduce los valores de la variable **a\*** y **\*b** ligeramente, resultados similares encontró Gök (2019) donde los valores de color de las muestras se vieron afectados por el tratamiento con plasma frío atmosférico, estas diferencias no fueron importantes sin embargo no fueron significativas ( $p < 0.05$ ). La aplicación de plasma frío aumento la luminosidad, este efecto se atribuye a la evaporación de una pequeña cantidad de humedad de la superficie del cerdo después del tratamiento.

El resultado se debe probablemente al hecho de que el tratamiento con plasma frío tiene poco impacto en los parámetros de color (Kim *et al.*, 2017). Sin embargo se indujo un impacto en la oxidación de los pigmentos, que conduce a un impacto negativo en el color de la superficie debido a los radicales en el plasma (Sarangapani *et al.*, 2016).

Según, Luna (2017) las propiedades colorimétricas de la carne se deben a los radicales hidroxilos generados por el tratamiento donde interactúan con el tejido superficial que contiene grasa intramuscular y la fracción de ácidos grasos insaturados por tanto provocar la peroxidación lipídica y cambios conformacionales en la mioglobina.

Albertos *et al.*, (2017) encontraron que los valores de peroxidación lipídica variaron con la aplicación del plasma frío de  $0.74 \pm 0.01$  a  $0.75 \pm 0.00$  mg de malondialdehído (subproducto del metabolismo de grasas) por kg de pescado.

### *Índice de estabilidad de la emulsión (IE)*

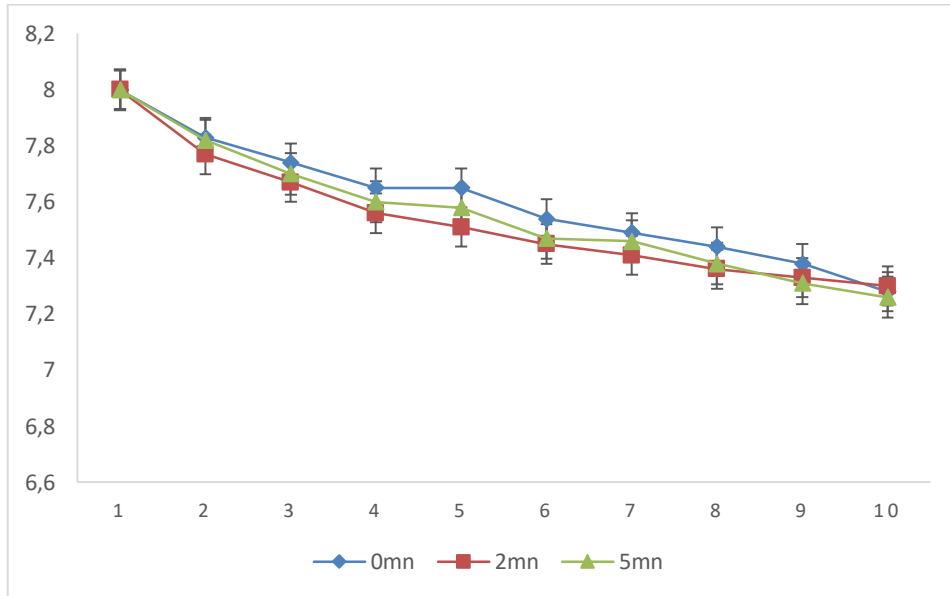
Se observó que las emulsiones cárnicas tratadas con plasma frío fueron estables durante el tiempo de observación, no se registró pérdidas de grasa. Indicando que las emulsiones fueron viscosas, debido a la formación de redes tridimensionales que atrapan las partículas de grasa, impidiendo la floculación, coalescencia y la separación de la grasa (Guerrero, 2016).

Según, Munguía (2012) la estabilidad de la emulsión se debe a que no ocurre un encogimiento de la gota interna lo que impide perder el material encapsulado. García *et al.*, (2012) indicó que el tratamiento con plasma frío puede modificar o las superficies según la energía a la que el producto sea sometida, ya que se liberan electrones suficientes para romper enlaces químicos sin embargo solo penetra la superficie en aproximadamente 10 *micras* por ende las propiedades el interior del producto se van a mantener alteradas.

### Propiedad nutricional

#### *Digestibilidad Enzimática*

El efecto del tratamiento de plasma frío en la Digestibilidad enzimática de las muestras T1, T2, T3 se presenta en la **Figura 6**. La digestibilidad entre los tratamientos T1 y T2, no presentan diferencias significativas ( $p < 0,05$ ). La digestibilidad aumenta con el tratamiento y el tiempo de almacenamiento en 3,2%.



*Figura 6. Variación de la Digestibilidad Enzimática en muestras tratadas con Plasma frío*

El aumento o disminución de la actividad enzimática depende del tipo de aparatos de plasma utilizados, naturaleza del gas de alimentación y la potencia aplicada (Pankaj, 2018). El aumento en la actividad de la enzima se debe a un desplazamiento más rápida del agua en las muestras tratadas con plasma (Sadhu et al., 2017).

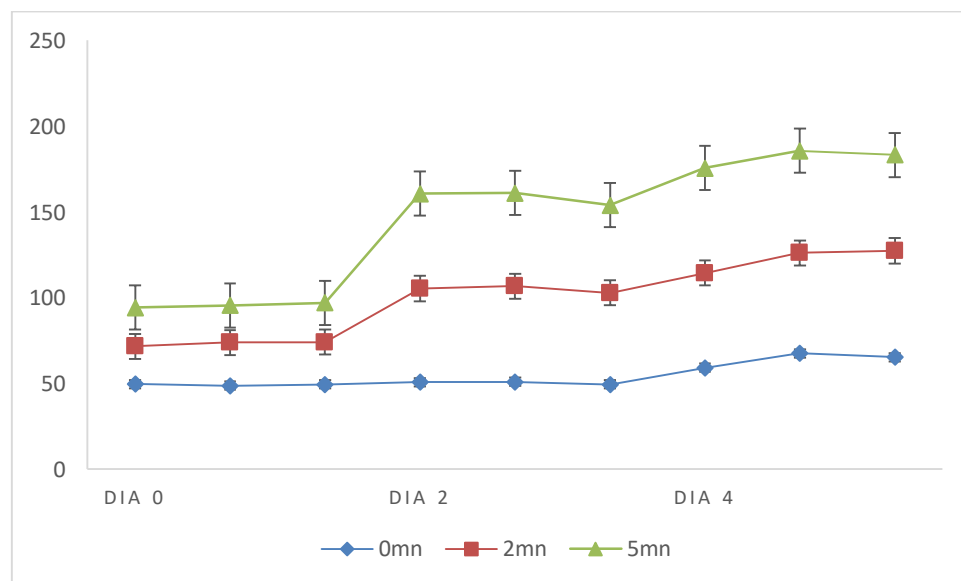
Search *et al.*, (2014) reportaron un aumento en la actividad de las enzimas proteasas después del tratamiento con plasma, esto también explica el aumento del contenido de proteínas solubles y una mejor digestibilidad de las muestras con mayor tiempo de exposición al tratamiento. Resultados obtenidos por Bhat *et al.*, (2019) indican aumento significativo ( $p < 0.05$ ) en la digestibilidad (%) en comparación con el control. Estos cambios desestabilizan las moléculas de

proteínas e inducen campos electrostáticos locales y las interacciones electrostáticas de las cadenas de polipéptidos individuales, disminuyendo la inhibición gástrica aumentando la digestibilidad enzimática.

Existe un cambio en la estructura de las proteínas por lo cual se explica el aumento de la actividad enzimática (Grzegorzewski, 2010). Resultados similares fueron reportados por Ling *et al.*, (2015) indicando que la actividad de la enzima lipasa se atribuye al cambio en la estructura secundaria y terciaria de las proteínas.

### *Capacidad de Retención de Agua*

La variación de la Capacidad de Retención de Agua en muestras de emulsiones cárnicas tratadas con Plasma frío se presenta en la **Figura 7**. La varianza de las muestras tratadas se evidencian significativamente diferente ( $p < 0.05$ ), según el seguimiento realizado. La CRA se ve disminuida con el tratamiento y el tiempo de almacenamiento alcanzando valores de 30% y 28% en el último día de análisis para los tratamientos de 2 y 5 min respectivamente.



*Figura 7. Efecto del Tratamiento de Plasma frío en la Capacidad de Retención de Agua en las muestras de emulsiones cárnicas.*

Rohit Thirumdas *et al.*, (2016) afirman que en los parámetros de textura la dureza disminuye con la aplicación del plasma frío, interpretándose como pérdida del índice de masticabilidad. En estudios realizados por Mohan *et al.*, (2010) indican que la carne de pescado fresco tratada con plasma frío era más firme y rígida en textura, resultados similares reportaron Yadav *et al.*, (2019), donde los valores del contenido de agua libre del jamón disminuyó, mientras el agua fuertemente unida a las macromoléculas (agua unida) no se ven afectadas por el tratamiento con plasma.

Albertos *et al.*, (2017) informaron que el tratamiento con plasma frío disminuyó significativamente el contenido de agua atrapada en la red miofibrilar densa y, en consecuencia, aumentó el contenido de agua extra miofibrilar (agua libre). Sugirieron que el plasma el tratamiento podría cambiar la microestructura en la carne de peces, lo que da como resultado la liberación de agua atrapada inmovilizada.

Los resultados de capacidad de retención de agua (CRA) se deben a la alteración en su capa superficial, como lo indica LiWang *et al.*, (2018) en sus reportes de hidrofobicidad de la superficie donde la las dosis de exposición aumentaron, la hidrofobicidad de la superficie se redujo ligeramente, observándose una disminución significativa ( $p < 0.05$ ) en este parámetro. Según, Sadhu *et al.*, (2017) el tratamiento con plasma frío conduce a una mayor porosidad de la superficie, también informó que el tratamiento con plasma a baja presión mostró un cambio en la estructura superficial de la proteína cárnica.

## CONCLUSIÓN

El tratamiento afecta el color de las emulsiones estudiadas observándose mayores cambios a mayores tiempos de exposición, la variable más afectada es la luminosidad. El tratamiento de plasma frío disminuye la CRA pero aumenta la propiedad nutricional y el tamaño del glóbulo de grasa.

Las emulsiones tratadas con plasma frío (0, 2, 5min) son estables, dicho tratamiento no afecta el pH. Sin embargo, el pH disminuye con el tiempo de almacenamiento



## **RECOMENDACIONES**

Extender los estudios expuestos en esta investigación al estudio microbiológico para verificar la inhibición de microorganismos mediante la aplicación del tratamiento Plasma Frío. Realizar el análisis de la oxidación lipídica para reducir el deterioro de la emulsión.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, Apolo, Angel Efren, Jimbo León, and Farley Andrés. 2016. "Estudio de La Aplicación Del Plasma Frío de Baja Presión Para Limpieza y Esterilización de Equipo Médico de Acero Inoxidable de Grado Quirúrgico."
- Albertos, I et al. 2017. "NU SC." *Innovative Food Science and Emerging Technologies*.
- Alvarez, Daniel, Manuel Castillo, and Gema Nieto. 2008. "Efecto de La Composición y El de Procesado Sobre Las Propiedades Tecnológicas y Ópticas de Las Emulsiones Cárnicas." (May 2014).
- Baeza Oliete, Guillermo. 2017. "Contribución a La Generación de Plasma Frío Mediante Electrodo SMD y JET."
- Bhat, Zuhair F et al. 2019. "Pulsed Electric Field: A New Way to Improve Digestibility of Cooked Beef." *Meat Science* 155(May): 79–84.
- Cichoski, Alexandre José et al. 2019. "Ultrasound: A Promising Technology to Improve the Technological Quality of Meat Emulsions." *Meat Science* 148(September 2018): 150–55.
- Dirks, Brian P et al. 2012. "Treatment of Raw Poultry with Nonthermal Dielectric Barrier Discharge Plasma To Reduce *Campylobacter jejuni* and *Salmonella enterica*." 75(1): 22–28.
- Dorran, David, Julie Dunne, Paula Bourke, and Patrick Cullen. 2017. "Characterisation of Cold Plasma Treated Beef and Dairy Lipids Using Spectroscopic and Chromatographic Methods."
- Fernández Molina, Juan José, Gustavo V. Barbosa-Cánovas, and Barry G. Swanson. 2014. "Tecnologías Emergentes Para La Conservación de Alimentos Sin Calor." *Arbor* 168(661): 155–70.

- Fraguas, Ignacio Muro. 2018. "Aplicación de Plasma Atmosférico Para La Mejora de La Adhesión de Piezas Impresas En 3D."
- Furlán, L T Rodriguez, A Pérez Padilla, and M E Campderrós. 2010. "Functional and Physical Properties of Bovine Plasma Proteins as a Function of Processing and PH , Application in a Food Formulation." 2(5): 256–67.
- Gao, Yue et al. 2019. "Effect of Rosemary Extract on Microbial Growth , PH , Color , and Lipid Oxidation in Cold Plasma-Processed Ground Chicken Patties." *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 57(May): 102168.
- García, Elisa Saíinz, Tutores Fernando, Alba Elías, and González Marcos. 2012. "Plasma Frio Sobre Las Superficies."
- Gök, Veli. 2019. "The e Ff Ects of Atmospheric Cold Plasma on Inactivation of Listeria Monocytogenes and Staphylococcus Aureus and Some Quality Characteristics of Past İ Rma — A Dry-Cured Beef Product." *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 56(November 2018): 102188.
- Grzegorzewski, Franziska. 2010. "Influence of Non-Thermal Plasma Species on the Structure and Functionality of Isolated and Plant-Based 1 , 4-Benzopyrone Derivatives and Phenolic Acids."
- Guerrero, Elkin. 2016. "Evaluación de las propiedades texturales y funcionales de una emulsión cárnica empleando mezclas de harina de arroz (oryza sativa) partido y almidón de yuca (manihot Esculenta)." : 2016.
- Horn, Nathan, and Arun K. Bhunia. 2018. "Food-Associated Stress Primes Foodborne Pathogens for the Gastrointestinal Phase of Infection." *Frontiers in Microbiology* 9(August): 1–16.
- Jiménez-munguía, C E Kosegarten-conde M T. 2012. "Factores Principales Que Intervienen En La Estabilidad de Una Emulsión Doble." 2: 1–18.

- Kim, Binna et al. 2011. "Effect of Atmospheric Pressure Plasma on Inactivation of Pathogens Inoculated onto Bacon Using Two Different Gas Compositions." *Food Microbiology* 28(1): 9–13.
- Kim, Jung Eun et al. 2017. "Microbial Decontamination of Onion Powder Using Microwave-Powered Cold Plasma Treatments." *Food Microbiology* 62: 112–23.
- Lee, Juri et al. 2017. "Food Science of Animal Resources Use of Atmospheric Pressure Cold Plasma for Meat Industry."
- Lillini, Gastón et al. 2016. "Estudio de La Estabilidad de Emulsiones Con Estructuras Líquido-Cristalinas, y Su Aplicación Farmacéutica Mediante El Agregado de Un Principio Activo Liposoluble: Econazol." *Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas* 45(1): 5–20.
- Ling, Li et al. 2015. "Cold Plasma Treatment Enhances Oilseed Rape Seed Germination under Drought Stress." *Nature Publishing Group*: 1–10.
- Luna Benerita. 2017. "Efecto Del Tratamiento Con Plasma Frio En Carne Bovina." *Universidad Benerita*.
- Mandal, Ronit, Anika Singh, and Anubhav Pratap Singh. 2018. "Recent Developments in Cold Plasma Decontamination Technology in the Food Industry." *Trends in Food Science and Technology* 80: 93–103.
- Manzano, Rodriguez. 2015. "Detección y Caracterización de Virus En La Seguridad Alimentaria."
- Mar, Ana, and Marle Mart. 2010. "INNOVACIÓN TECNOLÓGICA : UNA OPCIÓN PARA AMÉRICA."
- Marchetti, Lucas. 2014. "Alternativas Tecnológicas Para El Desarrollo De Productos Carnicos Emulsionados Saludables." *PhD Proposal* 1(1900): 1–278.
- Microbiol, Curr et al. 2016. "In-Package Inactivation of Pathogenic and Spoilage

Bacteria Associated with Poultry Using Dielectric Barrier Discharge-Cold Plasma Treatments.” *Current Microbiology*.

Misra, N N, and Cheorun Jo. 2017. “Applications of Cold Plasma Technology for Microbiological Safety in Meat Industry.” *Trends in Food Science & Technology*.

Niemira, Brendan A. 2012. “Cold Plasma Decontamination of Foods.” *Annual Review of Food Science and Technology* 3(1): 125–42.

Pankaj, Shashi K. 2018. “Effects of Cold Plasma on Food Quality: A Review.” *Foods* 7(1): 4.

Pina-perez, M C et al. 2020. “Low-Energy Short-Term Cold Atmospheric Plasma : Controlling the Inactivation Efficacy of Bacterial Spores in Powders.” *Food Research International* 130(September 2019): 108921.

Roh, Si Hyeon et al. 2019. “International Journal of Food Microbiology Effects of the Treatment Parameters on the Efficacy of the Inactivation of Salmonella Contaminating Boiled Chicken Breast by In-Package Atmospheric Cold Plasma Treatment.” *International Journal of Food Microbiology* 293(June 2018): 24–33.

Romero et al. 2008. “Estudio Reologico y Microestructural de Las Emulsiones.”

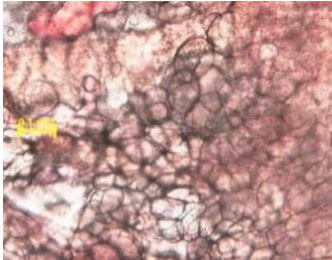
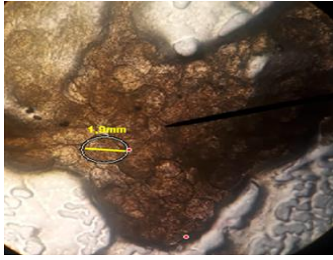
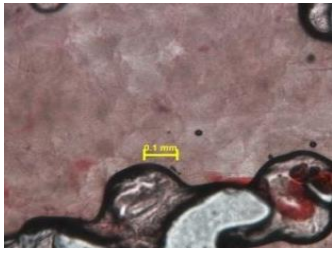
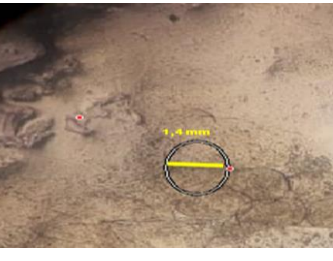
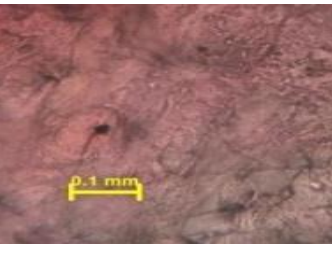
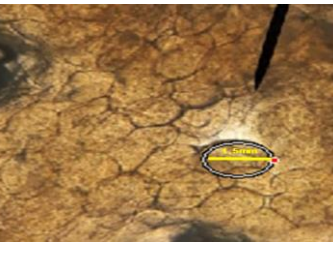
Rossow, Marko, Martina Ludewig, and Peggy Gabriele Braun. 2018. “LWT - Food Science and Technology E Ff Ect of Cold Atmospheric Pressure Plasma Treatment on Inactivation of Campylobacter Jejuni on Chicken Skin and Breast Fi Llet.” *LWT - Food Science and Technology* 91(April 2017): 265–70.

Sadhu, Subham, Rohit Thirumdas, R. R. Deshmukh, and U. S. Annapure. 2017. “Influence of Cold Plasma on the Enzymatic Activity in Germinating Mung Beans (Vigna Radiate).” *LWT - Food Science and Technology* 78: 97–104.

Sanchez-escalante, Armida, and A C Development. 2014. “Nacameh.” (December 2008).

- Sánchez-moreno, Concepción, Diana González-peña, Clara Colina-coca, and Begoña De Ancos. 2018. "Métodos Físicos No Tradicionales de Control Microbiológico Aplicables Al Proceso de Elaboración de Hortalizas de IV Gama Non-Traditional Physical Methods of Microbiological Control for the Process of Preparation of Fresh Cut Vegetables." : 26–36.
- Sarangapani, Chaitanya et al. 2016. "Effect of Low-Pressure Plasma on Physico-Chemical and Functional Properties of Parboiled Rice Flour." *LWT - Food Science and Technology* 69(1): 482–89.
- Schlüter, Oliver, Thomas Weihe, and Jörg Ehlbeck. 2017. "Plasmas No Térmicos a Presión Atmosférica En Aplicación Poscosecha Para El Saneamiento de Frutas y Hortalizas Uta Schnabel , Mathias."
- Smulders, F J M. 2017. "Effects of Atmospheric Pressure Cold Plasma Treatment on Microbiological, Physical-Chemical and Sensory Characteristics of Vacuum Packaged Beef Loin."
- Solé, Mireya Abadie. 2006. "Efecto de Tres Métodos de Aplicación de Salmuera Sobre Las Cualidades Sensoriales y Físicas de Un Jamón."
- Soleno Wilches, Ronald. 2015. "Tecnologías No Térmicas En El Procesado y Conservación de Alimentos Vegetales . Una Revisión." *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales* 2: 73–83.
- Tanaro. 2015. "Aplicaciones Del Plasma Frío En Ls Industria Alimentaria."
- Trujillo. 2015. "Industria de Los Productos Carnicos."
- Yadav, Barun et al. 2019. "Cold Plasma Treatment of Ready-to-Eat Ham : Influence of Process Conditions and Storage on Inactivation of *Listeria Innocua*." *Food Research International* 123(December 2018): 276–85.
- Youn, Se et al. 2009. "Feasibility Study of the Sterilization of Pork and Human Skin Surfaces by Atmospheric Pressure Plasmas." *Thin Solid Films* 517(14): 427275

## ANEXOS

Tratamiento	Microestructura Día 0	Microestructura Día 4
0mn		
2mn		
5mn		

Anexo 1. Microestructura de la emulsión cárnica



## CERTIFICATE

We hereby certificate that Victor Manuel Gelvez Ordoñez attended the XII Iberoamerican Congress of Food Engineering – CIBIA 2019 that was held from July 1 to 4 at Universidade do Algarve, *Campus* of Gambelas, Faro, Portugal, with a/an POSTER communication entitled:

*“Efecto del tratamiento con plasma frio sobre emulsiones con proteína cárnica”* co-authored by Maria Fernanda Vergel Delgado and Yesenia Campo Vera.



Anexo 2. Certificado de participación poster CIBIA