

**Efecto del uso de hielo funcional en el
crecimiento de microorganismos indicadores
durante el almacenamiento de pechugas de
pollo con piel**

Ada Liliana Madrid Sandoval

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**

Noviembre, 2017

ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

Efecto del uso de hielo funcional en el crecimiento de microorganismos indicadores durante el almacenamiento de pechugas de pollo con piel

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniera en Agroindustria Alimentaria en el Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Ada Liliana Madrid Sandoval

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2017

Efecto del uso de hielo funcional en el crecimiento de microorganismos indicadores durante el almacenamiento de pechugas de pollo con piel

Ada Liliana Madrid Sandoval

Resumen. Desde el estado de Alabama, Estados Unidos se transportan productos procesados de carne de pollo a diferentes estados del país, el cual debe llegar a su destino con una calidad estable. En este estudio se desarrolló un hielo funcional (FICE) añadiendo ácido peracético (PAA). Se evaluó el efecto de cuatro tratamientos de PAA (75 y 150 ppm con pH ajustado y sin ajustar: 75, 150, 75pH7.5, 150pH7.5) en tiempos diferentes (0, 3, 6 y 9 h). Se determinó el recuento de bacterias mesófilas aerobias (BMA), *Pseudomonas spp.* (PSE), coliformes totales (CT) y bacterias ácido lácticas (BAL) en pechugas de pollo con piel. Se evaluó el cambio de color utilizando un colorímetro Hunter Lab. Los recuentos de BMA, PSE y CT tuvieron una reducción en tiempo de 0.90, 0.81, y 3.49, log UFC/ ml de enjuague respectivamente. Los recuentos de BAL no presentaron reducción en las pechugas de pollo. El tratamiento de 150pH7.5 tuvo una reducción de BAL de 0.79 ± 0.29 log UFC/ml de enjuague. Las concentraciones de PAA no afectaron la calidad de carne en color. Se obtuvieron valores L^* claros y para a^* y b^* positivos. Se concluyó que existió un efecto en la carga microbiana por tiempo de exposición y no por concentración de PAA en pechuga de pollo almacenada en FICE, manteniendo la calidad de la carne. A los procesadores de alimentos avícolas se les recomienda aplicar el tratamiento de 150 ppm de ácido peracético a un pH ajustado de 7.5 para reducir la carga microbiana.

Palabras clave: Ácido peracético, color, deterioro, hidróxido de sodio, reducción, tiempo.

Abstract. From Alabama, (USA), processed poultry meat products are distributed to different states of the country, this product must reach its destination providing a stable quality. In this study, functional ice (FICE) was designed by adding peracetic acid (PAA). The effect of four PAA treatments (75 and 150 ppm with adjusted and unadjusted pH: 75, 150, 75pH7.5, 150pH7.5) at different times (0, 3, 6 and 9 h) was evaluated. The counts of aerobic mesophilic bacteria (BMA), *Pseudomonas spp.* (PSE), total coliforms (CT) and lactic acid bacteria (BAL) in chicken breasts with skin were determined. The color change was evaluated using a Hunter Lab colorimeter. The counts of APC, PSE and TC had a reduction in time of 0.90, 0.81, and 3.49, log CFU/ml rinse respectively. Counts of LAB did not show significant reduction in chicken breasts. Treatment of 150pH7.5 in BAL had a reduction of 0.79 ± 0.29 log CFU/ml rinse. Concentrations of PAA did not affect the quality of meat in color. For L^* clear values were obtained and for a^* and b^* positive values were obtained. It was concluded that there was an effect on the microbial load per exposure time and not on the concentration of PAA in chicken breast stored in FICE maintaining the quality of the meat. To poultry processors it is recommended to apply the treatment of 150 ppm of peracetic acid at a pH adjusted to 7.5 to reduce the microbial load.

Key words: Color, deterioration, peracetic acid, reduction, sodium hydroxide, time.

CONTENIDO

Portadilla	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Contenido	iv
Índice de Cuadros, y Anexos.....	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	6
4. CONCLUSIONES.....	14
5. RECOMENDACIONES.....	15
6. LITERATURA CITADA.....	16
7. ANEXOS	19

ÍNDICE DE CUADROS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Diseño experimental utilizados para medir la reducción de la carga microbiana en pechuga de pollo.	3
2. Evaluación de la concentración (ppm) de ácido peracético (PAA) en los tratamientos para el hielo funcional (FICE) ¹	6
3. Valores de color en unidades <i>L</i> , <i>a</i> , y <i>b</i> para las pechugas de pollo almacenadas en hielo funcional (FICE) durante nueve horas ¹	7
4. Recuento de microorganismos indicadores (Log UFC/ml de enjuague) de pechugas de pollo almacenadas en hielo funcional (FICE) ¹	9
5. Reducción (Log UFC/ml) de los microorganismos indicadores de pechugas de pollo en almacenamiento de hielo funcional durante nueve horas.	11
6. Recuento de Bacterias Ácido Lácticas (Log UFC/ml de enjuague) de pechugas de pollo almacenadas en hielo funcional (FICE) ¹	12

Anexos	Página
1. Resumen de ANDEVA de los análisis microbiológicos realizados en pechuga de pollo.	19
2. Resumen de ANDEVA de los análisis de color realizado en pechuga de pollo.	19
3. Efecto de “Hielo funcional” en los recuentos de bacterias aerobias mesófilas en pechuga de pollo.	20
4. Efecto de “Hielo funcional” en los recuentos de <i>Pseudomonas</i> spp. en pechuga de pollo.	20
5. Efecto de “Hielo funcional” en los recuentos de “Coliformes Totales” en pechuga de pollo.	21
6. Efecto de “Hielo funcional” en los recuentos de “bacterias ácido lácticas” en pechuga de pollo.	21

1. INTRODUCCIÓN

La producción mundial de carnes aumentará un 19% (57.7 millones de toneladas) en 2023, de las cuales 28.3 millones corresponden a carne aviar. Para el final de esta década, la producción aviar superará la producción de carne porcina (Boari *et al.* 2014). Estados Unidos es uno de los mayores productores de pollo en el mundo con casi 9,000 millones de cabezas sacrificadas por año, para un peso de 22.65 millones de toneladas de peso vivo, o 16,6 millones de toneladas de producto listo para cocinar, vendidas por un valor de US \$5,900 millones (Oviedo 2009). El consumo per cápita promedio de carne de pollo en los Estados Unidos es cercano a 38.6 kg. El 24% de pollo en los Estados Unidos es vendido a través del sistema de servicios de alimentos (restaurantes y comida rápida), y el 57% es vendido deshuesado (Oviedo 2009).

Los productores en el estado de Alabama comercializan anualmente más de 1 billón de pollos de engorde. El estado ocupa el tercer lugar en la producción de pollos de engorde en EEUU después de Georgia y Arkansas (Aksoy 2008). Las aves de corral en Alabama son en su mayoría procesados dentro del Estado y transportados a nivel nacional. El Consejo de Defensa de Recursos Nacionales de los Estados Unidos estima que aproximadamente el 20% de la producción anual total de carne (incluyendo aves) se desperdicia durante el manejo, almacenamiento, procesamiento, envasado, distribución y venta al por menor después de la cosecha (Gunders 2012).

El control de la inocuidad y la calidad de los alimentos forman parte integral de los programas nacionales de desarrollo. Los sistemas nacionales de control de los alimentos están destinados a proteger la salud y el bienestar de los consumidores, promover el comercio de los alimentos y los productos alimenticios y proteger los intereses de los productores, elaboradores o vendedores de alimentos honrados y cumplidores, contra la competencia deshonesto o desleal (FAO 1992). La carne de pollo es un producto muy perecedero, debido a su alto contenido de humedad, grasa, proteína, así como la presencia de compuestos de bajo peso molecular fácilmente disponibles para la degradación bacteriana que conduce al deterioro (Morey 2007). El deterioro bacteriano de las aves crudas se reduce normalmente siguiendo buenas prácticas de fabricación, higiene y saneamiento, así como la aplicación de antimicrobianos y/o auxiliares de procesamiento como el hipoclorito de sodio y el ácido peracético (Chen *et al.* 2012).

Las mezclas de ácido peracético han sido aprobadas por la Administración de Drogas y Alimentos de los Estados Unidos (FDA) como desinfectante en superficies de contacto con alimentos (21 CFR 178.1010a) y para contacto directo con frutas, verduras (21 CFR 173.315c) y carnes, aves y mariscos (CFR 173.370b) (FDA 2016). En la industria cárnica, se ha demostrado que los antimicrobianos como el cloro y el ácido peracético son muy

eficaces para reducir los niveles de patógenos si se aplican directamente a la carne, y en los Estados Unidos está siendo utilizado extensivamente (Bauermeister *et al.* 2007).

Las prácticas existentes de almacenamiento y transporte de aves de corral dependen en gran medida del hielo como el medio más factible para evitar el deterioro. Generalmente, el hielo se aplica en capas alternas a las aves de corral durante el transporte. A medida que se funde, el hielo reduce la temperatura del producto y proporciona un efecto de lavado superficial desplazando así a los microorganismos superficiales (Cobb *et al.* 1976).

Existe una publicación (patente) sobre la aplicación de hielo con ácido peracético (PAA) para mejorar la inocuidad y la calidad de los mariscos y carnes. En su patente (US20070184155 A1), Harvey y Howarth (2007) usaron 25 ppm de hielo de PAA para almacenar camarones y proporcionaron cuatro puntos de datos y evaluaciones sensoriales de 10 personas para demostrar que el hielo de ácido peracético (PAA) es efectivo para mejorar la vida útil del camarón hasta 12 días. Los autores han extrapolado su patente para aplicarse a todos los mariscos, productos, carne y aves de corral.

A pesar de los beneficios del hielo con PAA en el control de los microorganismos, el pH de este hielo tiene un efecto no deseado sobre el color, la terneza, el sabor, la capacidad de fijación de agua y en la conservación de la carne. El brusco descenso de pH en un momento en que la carne aún presenta elevada temperatura, se produce una desnaturalización proteica que afecta la fijación de agua (Jara 2007). Es importante aumentar el pH de la solución de PAA con un producto químico de uso común como el hidróxido de sodio (NaOH) evitará el deterioro de la calidad de la carne debido a condiciones ácidas.

La importancia del estudio, radica en la transportación de alimentos manteniendo una calidad microbiológica que conlleve a alargar vida anaquel, mejorar características físico-químicas, y calidad de las carnes de pollo. La creación de hielo funcional (*Functional Ice* o "FICE") añadiendo ácido peracético busca que mejore el efecto positivo en los alimentos comparado con el hielo puro. Con lo anterior se pretende ayudar a los procesadores de aves a transportar productos avícolas con alta calidad y sin incurrir en costos adicionales.

La presente investigación pretende crear un hielo funcional para mejorar la calidad y la vida útil de los productos avícolas, de tal manera que el hielo derretido entregue PAA en la superficie de las aves crudas para reducir la carga microbiana. Por lo tanto, la PAA puede ser suministrada en la superficie del producto durante el transporte para potencialmente reducir las poblaciones microbianas y alterar la microflora de deterioro.

La investigación ayudará directamente a los procesadores de aves a elegir el tratamiento FICE (por sus siglas en inglés) para duraciones de transporte específicas para mejorar la calidad microbiológica de su producto cuando llega al destino final. Esta investigación tiene como objetivos:

- Estudiar del efecto de FICE en el control de la microflora y la calidad de la carne de pollo durante el transporte simulado.
- Identificar la efectividad antimicrobiana del ácido peracético (PAA) aplicado en los productos avícolas durante el transporte simulado

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del estudio.

El estudio se llevó a cabo en el laboratorio de química y microbiología del departamento de Ciencia Avícola de la Universidad de Auburn, ubicada en Auburn en el estado de Alabama, Estados Unidos de América.

Diseño experimental.

Se usó un Diseño de Bloques Completos al Azar (BCA) con medidas repetidas en el tiempo (Cuadro 1). Se evaluaron dos concentraciones de ácido peracético (75 o 150 ppm) con y sin ajuste de pH, más un tratamiento control. Se analizaron tres ensayos por separado, con un total de 60 unidades experimentales. Con cada unidad experimental se determinó el conteo de bacterias mesofílicas aerobias, bacterias ácido lácticas, coliformes totales, *Pseudomonas spp.*, y color.

Cuadro 1. Diseño experimental utilizados para medir la reducción de la carga microbiana en pechuga de pollo.

Tratamiento ¹	Repeticiones por tiempo de almacenamiento			
	0 h	3 h	6 h	9 h
Control	3	3	3	3
75	3	3	3	3
150	3	3	3	3
75pH7.5	3	3	3	3
150pH7.5	3	3	3	3

¹Control: Hielo sin adición de Ácido peracético; 75: Hielo 75 ppm Ácido peracético; 150: Hielo 150 ppm Ácido peracético; 75 pH 7.5: Hielo 75 ppm Ácido peracético y pH ajustado a 7.5; 150 pH 7.5: Hielo 150 ppm Ácido peracético y pH ajustado a 7.5.

Filetes de pechuga de pollo.

Se utilizaron filetes de pechuga de pollo con piel, deshuesados y sin congelar, de la planta procesadora “Alatrade Foods” ubicada en la Ciudad Phenix, Alabama. En la planta procesadora los filetes de pechuga de pollo reciben un tratamiento de desinfección en una solución con cloro a 200 ppm. Los filetes de pechuga de pollo se mantuvieron a una temperatura de 4 °C durante su transporte al laboratorio. Los ensayos se analizaron al día siguiente de la recolección. Cada filete de pechuga de pollo fue identificado con una

etiqueta de metal previamente esterilizada, la cual contenía un número de identificación único para cada filete. **Compuestos químicos.**

Se usaron ácido peracético (solución al 22% con estabilizador), el kit de medición de ácido peracético y el hidróxido de sodio (solución al 30%) de Crimson Chemicals (Fort Worth, Tx).

Preparación de hielo.

Para este estudio, en el laboratorio de química del departamento de ciencia avícola de la Universidad de Auburn se prepararon las soluciones de los diferentes tratamientos en baldes blancos previamente desinfectados (con solución de amonio cuaternario 200 ppm), y etiquetados para cada uno de los tratamientos. En la elaboración del hielo funcional, se preparó 17.12 L de agua en cada balde, se añadieron a estos las diferentes concentraciones de ácido peracético (75 y 150 ppm) y combinaciones con hidróxido de sodio (NaOH) a un pH de 7.5, cada solución se mezcló bien antes de añadir las soluciones a los moldes de hielo. Se verificaron las concentraciones de ácido peracético (PAA) con el kit de medición de PAA de cada uno de los tratamientos, el cual está compuesto de ácido sulfúrico (50%), yoduro de potasio (50%), almidón como indicador (50%) y tiosulfato de sodio a 0.1 N. El pH fue verificado y ajustado en los tratamientos que lo requería a 7.5, utilizando un potenciómetro (Orion pH/mV/ISE Benchtop Meter). Las soluciones fueron transferidas a moldes para hielo de plástico, con catorce cubos rectangulares, sus dimensiones son 30.48 x 12.06 x 4.14 cm (previamente lavados y desinfectados, con amonio cuaternario 200 ppm). Se prepararon 22.68 kg de hielo para cada tratamiento, en un congelador a -20 °C, permanecieron en este contenedor durante 24 horas para la formación de hielo. Se colocó el hielo de cada uno de los tratamientos en bolsas negras etiquetadas. Por último, se colocó el hielo en los recipientes etiquetados para ejecutar los análisis.

Aplicación de los tratamientos.

En las cinco bandejas plásticas (cada una identificada con un diferente tratamiento) se colocó el hielo funcional (FICE). En cada tiempo de muestreo (0, 3, 6, y 9 horas.) se usó quince pechugas de pollo, las muestras se colocaron en las respectivas bandejas plásticas distribuidas en cuatro capas de hielo funcional. En cada tiempo de muestreo cada pechuga de pollo se colocaba en bolsas estériles, utilizando pinzas estériles para realizar sus análisis físicos. Después, las pechugas de pollo se colocaban de nuevo en las bandejas plásticas para mantener la relación de 1:2 de carne y hielo.

Análisis microbiológicos.

Cada filete de pechuga de pollo fue homogenizada (enjuague) con buffer de fosfato estéril (100 ml), para una homogenización (enjuague) de 60 segundos. Luego, se realizaron serie de diluciones 10^0 , 10^{-1} y 10^{-2} (1 ml) en los tubos de ensayos con buffer de fosfatos (9 ml) lo siguiente fue extender por superficie 0.1 ml de cada dilución en platos Petri (por duplicado) con agar para conteo bacterias mesófilas aeróbicas (BMA), *Pseudomonas spp.* (PSE), bacterias ácido lácticas (BAL) y coliformes totales (Agar para métodos estándar, Agar Base de Pseudomonas CMO859, Agar Man Rogosa Shape y Agar de Bilis Rojo Violeta respectivamente). Cada medio se incubó según los procedimientos estándar para estimar los recuentos de las bacterias respectivamente. Las placas se incubaron a 37°C durante 24 horas para el posterior recuento de unidades formadoras de colonias (UFC/ml). Excepto para las bacterias de ácido lácticas, éstas se incubaron durante 48 horas en condiciones anaeróbicas (GasPak System).

Análisis de color.

Se utilizó un Colorflex Hunterlab para determinar el color los filetes de pechuga de pollo. Previo a realizar las mediciones, se calibró el equipo para evitar cualquier tipo de variación provocada por efectos de mediciones anteriores o condiciones del equipo. Se colocaron las muestras en los recipientes adecuados y el Colorflex realizó la medición y reportó los valores de L^* , a^* y b^* de acuerdo a cada muestra analizadas.

Análisis estadísticos.

Todos los experimentos se analizaron en días diferentes. Cada día se ejecutaban las determinaciones por duplicado y se usaron tres repeticiones para análisis microbiológicos. Los conteos se convirtieron a Log UFC y se estudiaron los resultados. Se usó una separación de medias de cuadrados mínimos LSMEANS para los valores adquiridos del conteo de análisis microbiológicos. Las diferencias estadísticas en los recuentos microbiológicos de calidad se determinaron usando el programa Sistema de Análisis Estadístico (SAS 9.3) con un nivel de significancia $p < 0.05$.

Análisis físicos.

Las diferencias estadísticas en el estudio de color se realizó un análisis de varianza y separación de medias LSMeans, en el programa Sistema de Análisis Estadístico (SAS 9.3) con un nivel de significancia $p < 0.05$.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de la concentración de los tratamientos de Ácido peracético (PAA).

Se evaluó la concentración de ácido peracético con el kit de medición de PAA. Los valores en ppm de ácido peracético con pH a 7.5 fueron de 72.78 y 146.6 ppm respectivamente, mientras que los tratamientos 75 y 150 ppm de PAA sin ajuste de pH fueron más exactos (Cuadro 2). Estos valores bajos son debido a la neutralización cuando se expone el proceso que tiene lugar en una disolución reguladora del pH (Ruth y Torres 2002). El PAA por ser un ácido débil cuando se agregó el NaOH su grado de disociación pudo ser variable con base en las concentraciones y pH de la solución. Las concentraciones en ppm no fueron exactas debido a que el ácido peracético es inestable cuando se disuelve en agua, se desintegra en peróxido de hidrógeno y ácido acético, que se descompone en agua, oxígeno y dióxido de carbono (Parra 2007).

Cuadro 2. Evaluación de la concentración (ppm) de ácido peracético (PAA) en los tratamientos para el hielo funcional (FICE)¹.

Tratamiento²	PAA(ppm) ± D.E	NaOH (ml) ± D.E.
75	74.44 ± 1.66	
150	150.00 ± 5.77	
75pH7.5	72.78 ± 1.66	9.17 ± 0.87
150pH7.5	146.67 ± 2.89	12.52 ± 0.52

¹ Los valores representan el promedio de tres repeticiones ± la desviación estándar.

² 75: Hielo 75 ppm Ácido peracético; 150: Hielo 150 ppm Ácido peracético; 75 pH 7.5: Hielo 75 ppm Ácido peracético y pH ajustado a 7.5; 150 pH 7.5: Hielo 150 ppm Ácido peracético y pH ajustado a 7.5.

Análisis de color.

No se observaron diferencias significativas entre tratamientos para los valores de $L^*a^*b^*$ ($P > 0.05$). Se observaron diferencias significativas entre tiempos para los valores L^* y a^* , en valores b^* no hubo diferencias significativas entre tiempos ($P = 0.5460$) (Cuadro 3). Los valores encontrados en L^* nos indican que las pechugas de pollo su luminosidad oscila entre 61.12 y 62.98, lo que significa su color claro (valor cercano a 100). Conforme pasó el tiempo de almacenamiento su luminosidad aumentó significativamente hasta valores de 62.36 y 71.80. Se desarrolló un leve blanqueamiento en las pechugas de pollo por el efecto del tiempo expuesto al ácido peracético y el pH final de las pechugas de pollo. Los valores encontrados en a^* nos indican que en las pechugas de pollo su color rojizo oscila entre 1.80 y 2.85, lo que significa que su color es rosado (valores positivos). Conforme paso el tiempo de almacenamiento el color fue rosado pálido, disminuyendo significativamente hasta

valores de 1.01 y 1.84. Esto debido al efecto de PAA, los bajos pH y el almacenamiento en refrigeración.

Los valores encontrados en b^* nos indican que las pechugas de pollo su gradiente amarillento oscila entre 4.97 y 5.47, lo que significa que predomina el color amarillo (valores positivos). Conforme paso el tiempo de almacenamiento el color amarillo se mantuvo hasta valores de 3.90 y 5.89, no existieron diferencias estadísticas. Debido a las concentraciones de ácido peracético, los valores de b^* se mantuvieron estables.

Cuadro 3. Valores de color en unidades L , a , y b para las pechugas de pollo almacenadas en hielo funcional (FICE) durante nueve horas¹.

Unidad de color	Tratamiento ²	Tiempo de almacenamiento			
		0 h	3 h	6 h	9 h
$L^{\&}$	Control	61.87±2.60 ^a	64.77±3.47 ^a	67.10±2.31 ^{ab}	67.19±0.59 ^b
	75	61.91±2.17 ^a	65.92±2.22 ^{ab}	67.33±2.93 ^b	62.39±3.40 ^c
	150	62.00±2.11 ^a	66.95±2.91 ^a	67.98±2.06 ^a	69.42±2.80 ^b
	75pH7.5	62.98±2.23 ^a	65.76±2.71 ^{ab}	67.90±4.94 ^b	70.16±3.48 ^b
	150pH7.5	61.12±2.53 ^a	64.91±1.58 ^a	68.99±3.65 ^b	71.80±10.6 ^c
$a^{\&}$	Control	2.77±0.71 ^a	2.10±1.25 ^{ab}	2.00±1.04 ^{ab}	1.43±0.79 ^b
	75	2.51±1.11 ^a	1.70±0.48 ^{ab}	1.37±0.84 ^b	1.27±0.96 ^b
	150	2.85±1.09 ^a	1.20±0.88 ^b	1.26±1.34 ^b	1.01±0.69 ^b
	75pH7.5	1.80±0.74 ^a	1.72±0.76 ^a	1.31±1.02 ^a	1.40±0.72 ^a
	150pH7.5	2.53±0.97 ^a	1.99±0.74 ^{ab}	1.40±0.45 ^{ab}	1.84±1.23 ^b
$b^{\&}$	Control	5.47±1.87 ^a	3.83±1.57 ^a	4.29±1.56 ^a	5.53±1.93 ^a
	75	4.98±1.86 ^a	3.84±2.30 ^a	4.59±2.61 ^a	3.90±2.14 ^a
	150	5.28±2.33 ^a	5.59±2.41 ^a	5.10±1.87 ^a	5.01±0.97 ^a
	75pH7.5	4.97±1.33 ^a	4.85±1.85 ^a	4.99±3.61 ^a	5.89±1.68 ^a
	150pH7.5	5.15±1.55 ^a	4.64±1.62 ^a	6.05±2.34 ^a	5.66±2.47 ^a

¹ Los valores representan el promedio de tres repeticiones ± la desviación estándar.

²Control: Hielo sin adición de Ácido peracético; 75: Hielo 75 ppm Ácido peracético; 150: Hielo 150 ppm Ácido peracético; 75 pH 7.5: Hielo 75 ppm Ácido peracético y pH ajustado a 7.5; 150 pH 7.5: Hielo 150 ppm Ácido peracético y pH ajustado a 7.5

[&] No hay diferencias significativas entre tratamientos ($P>0.05$)

^{abc} Las medias con diferentes letras minúscula muestran diferencias significativas entre los tiempos ($P<0.05$).

El color de la carne cambia al estar expuesto con ácido peracético en la cadena polipeptídica del alimento se produce un cambio de conformación, debido a que los valores bajos de pH y varios dominios de la proteína quedan en libertad de adoptar otra configuración, es una desnaturalización que tiene efecto en las características físico-químicas de los alimentos (Martínez 2002). De acuerdo a Bauermeister (2015) en la evaluación de PAA en canales de pollo durante almacenamiento, el tratamiento con 200 ppm de PAA fue más claro en color

que el control. Sin embargo, al día 7 no hubo diferencias en luminosidad (L^*), de los niveles bajos de PAA, 100 ppm y 150 ppm, y el control.

El color de la carne está altamente correlacionado con la cantidad de compuestos que contienen hemo tales como la mioglobina, la hemoglobina y el citocromo c. La pierna y muslo de pollo tiene una alta proporción de lo que se conoce como fibras musculares rojas, mientras que la carne del pecho está compuesta casi totalmente de fibras blancas (Barbut *et al.* 2008). Las fibras rojas son altas en mioglobina en comparación con las fibras blanca que tienen más hemoglobina.

De acuerdo a Bauermeister (2015) en la evaluación de PAA en canales de pollo durante almacenamiento, el tratamiento con 200 ppm de PAA fue más claro en color que el control. Sin embargo, al día 7 no hubo diferencias en luminosidad (L^*), de los niveles bajos de PAA, 100 ppm y 150 ppm, y el control. Se observó poca diferencia en los valores de rojo (a^*) y amarillos (b^*) al día 1 y de nuevo al día 15; sin embargo, estas diferencias son pequeñas y difícil de detectar para los consumidores.

Bilgili *et al.* (1998) informaron que encontraron que al sumergir las muestras de pechugas de pollo en ácido acético al 0,5, 1,0, 2,0, 4,0 y 6,0% en condiciones simuladas de escaldo a 50 °C por 2 minutos, se observó un efecto de oscurecimiento y amarillamiento al comparar mediciones realizadas antes y después del tratamiento, esto debido a procesos térmicos aplicados. Los diferentes tratamientos ácido peracético e hidróxido de sodio en hielo indican colores claros (pálidos) entre tiempos en las pechugas de pollo en crudo, pero son pocos cambios notables en luminosidad y estos no afectan la calidad del producto.

Análisis microbiológico en las pechugas de pollo.

No se observaron diferencias estadísticas ($P>0.05$) entre los tratamientos, las diferentes concentraciones de ácido peracético con pH ajustado y sin ajustar actuaron de la misma forma en las bacterias mesófilas, *pseudomonas spp.*, y coliformes totales. Se encontraron diferencias significativas entre tiempos 0, 3, 6, y 9 h ($P<0.0001$) dentro de cada tratamiento (Cuadro 4), esto debido al tiempo de contacto con el alimento.

Tanto el control como los diferentes tratamientos de PAA inhiben el crecimiento de los microorganismos indicadores en las primeras tres horas de almacenamiento, manteniendo la concentración inicial de 3.04, 3.32, 3.02, Log UFC/ ml de enjuague en las pechugas de pollo para bacterias mesófilas aerobias, *Pseudomonas spp.*, coliformes totales respectivamente. En las bacterias mesófilas aerobias a las tres horas, en los tratamientos de PAA 75, 150 y 150pH7.5 fueron diferentes o iguales significativamente a las 0 y 6 horas. En la hora nueve tuvo diferencias significativas al resto de las horas (0, 3 y 6), se presentaron reducciones de hasta 0.9 Log UFC/ml de enjuague (Cuadro 5).

En los coliformes totales en la hora tres, el tratamiento de PAA 150 y el control fueron diferentes o iguales significativamente a las cero y seis horas en las pechugas de pollo en contacto con estos tratamientos. Se observaron diferencias significativas en los tratamientos 75pH7.5 y 150pH7.5 presentando concentraciones de 2.62 y 2.16 Log UFC/ml de enjuague (Cuadro 4). En las seis y nueve horas existieron diferencias significativas en los tratamientos de 75 y 150 PAA, se presentaron reducciones de 2.89 y 3.47 Log UFC/ml de enjuague (Cuadro 5).

Cuadro 4. Recuento de microorganismos indicadores (Log UFC/ml de enjuague) de pechugas de pollo almacenadas en hielo funcional (FICE)¹.

Indicador	Tratamiento ²	Tiempo de almacenamiento			
		0 h	3 h	6 h	9 h
Bacterias Mesófilas ^{&}	Control	2.95±1.05 ^a	2.93±1.24 ^a	3.07±1.07 ^a	2.31±1.14 ^b
	75	3.17±0.96 ^a	2.99±1.23 ^{ab}	2.82±1.05 ^{ab}	2.39±1.13 ^b
	150	2.95±0.93 ^a	2.65±1.29 ^{ab}	2.52±1.12 ^{ab}	2.22±1.04 ^b
	75pH7.5	3.11±1.02 ^a	3.00±1.33 ^a	2.33±1.00 ^{ab}	2.58±1.30 ^b
	150pH7.5	3.04±1.19 ^a	2.81±1.11 ^{ab}	2.58±1.22 ^{ab}	2.46±1.29 ^b
<i>Pseudomonas</i> <i>spp.</i> ^{&}	Control	3.37±1.07 ^a	2.96±1.25 ^{ab}	2.77±1.12 ^b	2.69±1.16 ^b
	75	3.46±1.14 ^a	2.90±1.33 ^b	2.75±0.92 ^{bc}	2.39±1.28 ^c
	150	3.28±1.34 ^a	2.84±1.47 ^{ab}	2.30±1.19 ^b	2.13±1.08 ^b
	75pH7.5	3.16±1.55 ^a	3.18±1.04 ^a	2.24±1.11 ^b	2.51±1.25 ^b
	150pH7.5	3.32±1.37 ^a	2.70±1.13 ^b	2.53±1.36 ^b	2.56±1.49 ^b
Coliformes Totales ^{&}	Control	2.87±1.10 ^a	2.64±0.89 ^{ab}	2.31±1.36 ^b	2.16±0.76 ^b
	75	3.04±1.33 ^a	2.59±1.05 ^a	2.74±1.22 ^a	2.03±0.96 ^b
	150	3.04±1.48 ^a	2.62±1.04 ^{ab}	2.47±1.36 ^b	1.77±0.99 ^c
	75pH7.5	3.21±1.52 ^a	2.62±0.97 ^b	2.18±1.03 ^b	2.08±0.74 ^b
	150pH7.5	2.93±1.36 ^a	2.16±0.87 ^b	2.30±0.95 ^b	1.80±0.96 ^b

Fuente: Elaboración propia.

¹Los resultados expresan el promedio ± Desviación estándar de tres repeticiones independientes.

²Control: Hielo sin adición de Ácido peracético; 75: Hielo 75 ppm Ácido peracético; 150: Hielo 150 ppm Ácido peracético; 75 pH 7.5: Hielo 75 ppm Ácido peracético y pH ajustado a 7.5; 150 pH 7.5: Hielo 150 ppm Ácido peracético y pH ajustado a 7.5

[&] No hay diferencias significativas entre tratamientos (P>0.05)

^{abc} Las medias con diferentes letras minúscula muestran diferencias significativas entre los tiempos (P<0.05).

La composición química del medio puede afectar significativamente la respuesta de los microorganismos al ácido peracético. Determinados componentes del alimento como proteínas o carbohidratos, pueden ejercer un efecto baroprotector en la inactivación microbiana. Un medio enriquecido es más protector porque los aminoácidos esenciales y las proteínas y las proteínas son accesibles a las células dañadas. Baroprotectores como

azúcares, sales, pH, y actividad de agua explican porque no hubo diferencias entre tratamiento pero sí en el tiempo (Santamaria 2005).

Un factor importante es la superficie de contacto, (el tamaño y forma que posee el hielo), ya que cuando el hielo se mezcla íntimamente con el producto, el tamaño de la partícula en cualquier tipo de hielo hace la diferencia en la velocidad a la que se funde o en la velocidad a la que se enfría (Graham 1992). En este estudio, el análisis microbiológico (enjuague) fue en pechuga de pollo con piel. Al no encontrar diferencias significativas entre tratamientos, de acuerdo a Bauermeister *et al.* (2008) en ácido peracético agregado en canales de aves como agente antimicrobiano, un factor que afecta la eficacia de estos compuestos es el nivel de apego bacteriano a la piel de pollos de engorde. Se ha encontrado que los ácidos a bajas concentraciones son menos efectivos cuando las bacterias se unen a la piel de pollos de engorde.

Análisis de reducción de los microorganismos indicadores.

Existió reducción en los tratamientos por hora, se observó en *Pseudomonas spp* que 150 ppm PAA redujo la carga microbiana a más de un Log (UFC/ml). En coliformes totales se observó una reducción mayor a un 1 Log (UFC/ml de enjuague) en las pechugas de pollo, en todos los tratamientos (Cuadro 5). En las bacterias mesófilas hubo una concentración menor a 1 Log en cada uno de los tratamientos, y en las bacterias ácido lácticas no hubo reducción pero sí inhibición microbiana.

En un estudio similar se utilizó hielo antimicrobiano que contenía dióxido de cloro (ClO₂) durante 120 minutos para controlar patógenos en pescado (caballa), con una reducción total de *Escherichia coli* O157: H7, *Salmonella Typhimurium* y cepas de *Listeria monocytogenes* de 4.8, 2.6 y 3.3 Log₁₀, respectivamente (Shin *et al.* 2004). En este estudio, se evaluó el efecto de un hielo antimicrobiano contra patógenos que se encuentran en la matriz del pescado. El pH del pescado es de 6.6-6.7, favoreciendo al desarrollo de microorganismos. El deterioro de los pescados es debido principalmente a la autólisis, la oxidación química de lípidos, y deterioro por los microorganismos causando olores desagradables. *Pseudomonas spp.* y *Shewanella spp.* son los agentes específicos del deterioro de pescados de agua de mar templada, mantenidos en hielo (Mossel *et al.* 2003).

En este estudio la matriz es pechuga de pollo evaluando microorganismos indicadores de calidad del alimento. La población microbiana de la canal de las aves está constituida por la microbiota natural de la piel y las plumas, la microbiota transitoria durante la faena y los contaminantes que se adquieren durante el procesamiento. La pechuga de pollo cuyo pH es de 5,7-5,9 se deteriora más lentamente que los muslos levemente más neutros (pH 6,3-6,6) Kosugi *et al.* 1986).

Cuadro 5. Reducción (Log UFC/ml) de los microorganismos indicadores de pechugas de pollo en almacenamiento de hielo funcional durante nueve horas.

Microorganismos Indicador	Tratamiento ²	Reducción \pm D.E ¹
Bacterias Mesófilas	Control	0.90 \pm 0.35
	75	0.49 \pm 0.36
	150	0.22 \pm 0.93
	75pH7.5	0.72 \pm 0.28
	150pH7.5	0.82 \pm 0.39
<i>Pseudomonas spp.</i>	Control	0.80 \pm 0.36
	75	0.81 \pm 0.32
	150	1.41 \pm 0.28
	75pH7.5	0.80 \pm 0.37
	150pH7.5	1.69 \pm 0.19
Coliformes Totales	Control	1.16 \pm 0.27
	75	1.67 \pm 0.47
	150	3.47 \pm 0.36
	75pH7.5	2.89 \pm 0.50
	150pH7.5	3.49 \pm 0.45

¹ Los valores representan el promedio de tres repeticiones \pm la desviación estándar.

²Control: Hielo sin adición de Ácido peracético; 75: Hielo 75 ppm Ácido peracético; 150: Hielo 150 ppm Ácido peracético; 75 pH 7.5: Hielo 75 ppm Ácido peracético y pH ajustado a 7.5; 150 pH 7.5: Hielo 150 ppm Ácido peracético y pH ajustado a 7.5

Análisis estadístico de bacterias ácido lácticas.

Se observaron diferencias estadísticas entre los tratamientos en las bacterias ácido lácticas ($P=0.0007$). En la hora cero no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos debido a que la carga microbiana inicial de las pechugas de pollo no estaba en contacto con los tratamientos. En la hora 9 se encontró una sobrevivencia de 2.34 ± 0.77 Log UFC/ml en BAL en el tratamiento de 75 ppm de PAA con una menor sobrevivencia de 1.55 ± 0.58 Log UFC/ml en el tratamiento de 150pH7.5 (Cuadro 6). Esto debido a que el PAA en presencia de materia orgánica y a una concentración baja de ppm de PAA su efectividad puede disminuir. No se observaron diferencias significativas entre 75 y 150 ppm PAA pH 7.5.

Se observaron diferencias significativas entre tiempo ($P<0.0001$) dentro cada tratamiento. Después de seis horas el tratamiento de 150 ppm a un pH de 7.5 tuvo una concentración mayor que los demás tratamientos, aunque a las nueve horas fue el tratamiento que tuvo la menor sobrevivencia por unidades formadoras de colonias. Esto debido a que las BAL (bacterias ácido lácticas) tienen la habilidad de crecer en altas concentraciones de sal, tolerancia a la alcalinidad y valores de pH más bajos que el resto de las bacterias (Mora y García 2007).

Cuadro 6. Recuento de Bacterias Ácido Lácticas (Log UFC/ml de enjuague) de pechugas de pollo almacenadas en hielo funcional (FICE)¹.

Indicador	Tratamiento ²	Tiempo de almacenamiento			
		0 h	3 h	6 h	9 h
Bacterias Ácido Lácticas	Control	1.99±0.81 ^{a,A}	1.90±0.27 ^{a,A}	1.77±0.63 ^{a,A}	2.26±0.66 ^{a,A}
	75	1.87±0.66 ^{a,A}	1.71±0.51 ^{ab,AB}	1.31±0.79 ^{b,AB}	2.34±0.77 ^{b,A}
	150	1.69±0.65 ^{a,A}	1.48±0.55 ^{a,AB}	1.57±0.49 ^{a,AB}	1.59±0.64 ^{a,B}
	75pH7.5	2.17±0.85 ^{a,A}	1.32±0.47 ^{ab,B}	1.26±0.47 ^{b,B}	1.82±0.42 ^{b,B}
	150pH7.5	1.91±0.54 ^{a,A}	1.22±0.67 ^{ab,B}	1.97±0.52 ^{b,B}	1.55±0.58 ^{b,B}
	CV (%)	36.45	32.37	36.80	32.11

Fuente: Elaboración propia.

¹ Los valores representan el promedio de tres repeticiones ± la desviación estándar.

²Control: Hielo sin adición de Ácido peracético; 75: Hielo 75 ppm Ácido peracético; 150: Hielo 150 ppm Ácido peracético; 75 pH 7.5: Hielo 75 ppm Ácido peracético y pH ajustado a 7.5; 150 pH 7.5: Hielo 150 ppm Ácido peracético y pH ajustado a 7.5.

^{abc} Las medias con diferentes letras minúscula muestran diferencias significativas entre los tiempos (P<0.05).

^{ABC} Las medias con diferentes letras mayúscula muestran diferencias significativas entre los tratamientos (P<0.05).

El crecimiento de las bacterias ácido lácticas en la carne, los vegetales y los productos lácteos, son aplicados para producir alimentos fermentados como el salami, el chucrut y el queso. Sin embargo, el crecimiento de estas bacterias en los mismos alimentos frescos, tales como carnes de almuerzo, ensaladas de verduras y leche fluida, constituye deterioro (Sperber y Doyle 2009). Los principales defectos de la carne son los aromas y olores desagradables pero la decoloración y la producción de gas también se producen. Las bacterias asociadas con el deterioro de los productos cárnicos refrigerados, son *Lactobacillus spp.*, *L. mesenteroides subsp. mesenteroides* y *L. citreum* (Borch *et al.* 1996).

En las bacterias ácido lácticas no se observó reducción en los tratamientos de 75, 150, 75pH7.5 y el control a las nueve horas de almacenamiento en hielo funcional. Con un crecimiento de 0.27±0.63, 0.42±0.53, 0.14±0.33 Log UFC/ml de enjuague y una inhibición de 0.09±0.47 log UFC/ml en el control para las pechuga de pollos. El tratamiento de 150pH7.5 fue el único que presentó una reducción de 0.79±0.29 log UFC/ml de enjuague de pechugas de pollo almacenado en FICE.

Del Río *et al.* 2006 evaluaron el efecto de 220 ppm de peroxiácidos (PA) en la microflora natural de piernas de pollo en inmersión (15 min, 18 ± 1° C) evaluando los días de almacenamiento (0, 1, 3 y 5), se observaron reducciones (log UFC/ durante el almacenamiento de bacterias mesófilas aerobias (0.53±0.83), *Pseudomonas spp.* (1.18±1.24), coliformes totales (0.78±1.02) y bacterias ácido lácticas (0.21±0.61). En este estudio (hielo funcional), se evaluó un tiempo de almacenamiento menor (simulando transporte) utilizando ácido peracético (PAA) a concentraciones menores de 150 ppm en pechugas de pollo.

En el estudio Borch *et al.* (1996) se fundamenta que *Lactobacillus spp.* puede crecer a temperaturas de 4 a 7 °C. En el cuadro 5 se puede observar que aunque no existió reducción de las bacterias ácidos lácticos fueron inhibidas por cuatro tratamientos de hielo funcional (FICE).

El desarrollo de este estudio determinó que los tratamientos no tuvieron efectos diferentes en las pechugas de pollo, y existió una reducción en log UFC/ml en bacterias aerobias mesófilas, *Pseudomonas spp.*, y coliformes totales. Los tratamientos de hielo funcional “FICE” tuvieron efectos en las bacterias ácido lácticas; el mejor tratamiento fue el 150ppH7.5 debido a que presentó la única reducción en log UFC/ml de enjuague en pechugas de pollo, los tratamientos de hielo funcional solo inhibieron las bacterias ácido lácticas, siendo éstas las principales deterioradoras en la carne de pollo. En base a los resultados del estudio se recomienda el tratamiento 150 ppm de ácido peracético con un pH ajustado a 7.5, debido a que presentó una reducción de 0.82, 1.69, 3.49 y 0.79 Log UFC/ml de enjuague en pechugas de pollo para BMA, *Pseudomonas spp.*, CT y BAL respectivamente. Al estar en contacto las pechugas de pollo con ácido peracético, las pechugas de pollo se vuelven un poca más claras, pero el consumidor no detecta este cambio de color, y no afecta en ningún momento la calidad de la carne de pollo. Es decir, que sí se vende un producto que ha sido almacenado con hielo funcional las características de color de un producto fresco se mantienen.

4. CONCLUSIONES

- Existió un efecto en la carga microbiana por tiempo de exposición y no por concentración de ácido peracético en pechuga de pollo en hielo funcional (FICE) manteniendo la calidad de las pechugas de pollo.
- El ácido peracético posee una efectividad antimicrobiana reduciendo el crecimiento de microorganismos indicadores de calidad en carne de pollo, durante condiciones de transporte simulado del producto a su destino.
- En las bacterias ácido lácticas existió un efecto por tiempo de exposición y por concentración de ácido peracético. El mejor tratamiento en pechuga de pollo fue hielo con 150 ppm de PAA ajustando pH a 7.5.

5. RECOMENDACIONES

- Evaluar la efectividad de ácido peracético a concentraciones más altas (200-250 ppm), ajustando pH de 7.5 para ser aplicado en carne pollo y pescado.
- Mantener el producto a un mayor tiempo de exposición (>24 hrs.) en el hielo funcional, para evaluar almacenamiento y transporte del producto.
- Utilizar otras formas de hielo como el hielo laminar (plano) para evaluar efectividad y velocidad de enfriamiento del FICE en pechugas de pollo.
- Evaluar propiedades físicas, químicas y sensoriales a las unidades experimentales cómo ser rendimientos, pH, textura y análisis sensorial que evalué apariencia, sabor, textura y jugosidad.
- Validación de la eficacia de FICE en entornos de procesamiento industrial y recopilación de información de las empresas de procesamiento.

6. LITERATURA CITADA

Aksoy B, Cullinan HT, Sammons NE, Eden MR. 2008. Identification of optimal poultry litter biorefinery location in Alabama through minimization of feedstock transportation cost. AL, USA: Auburn University; 9 p. (vol. 27).

Barbut, S., Sosnicki, A. A., Lonergan, S. M., Knapp, T., Ciobanu, D. C., Gatcliffe, L. J., Huff-Lonergan, E., Wilson, E. W. 2008. Progress in reducing the pale, soft and exudative (PSE) problem in pork and poultry meat. *Meat Science*, 46-63.

Bauermeister, L. J., J. W. J. Bowers, J. C. Townsend, and S. R. McKee. 2008. Validating the efficacy of peracetic acid mixture as an antimicrobial in poultry chillers. *J. Food Prot.* 71:119-122.

Bauermeister, L.J. 2015. Evaluation of poultry meat safety and quality using peracetic acid in poultry chiller. Ph.D. Dissertation, Auburn University, pp. 39-84; 64.

Bilgili, S. F., D. E. Conner, J. L. Pinion and K. C. Tamblyn. 1998. Broiler Skin Color as affected by Organic Acids: Influence of Concentration and Method of Application. *Poultry Sci.* 77:751-757.

Boari, R., Chuard, N., Fernández, V., y Pouiller, P. 2014. Mercado de Ganados y Carnes. Proyecciones 2023, OCDE-FAO.

Borch, E., Kant-Muemansb, M.L., Blixt, Y., 1996. Bacterial spoilage of meat products and cured meat. *Int. J. Food Microbiol.* 33, 103–120.

J. H. Chen, Y. Ren, J. Seow, T. Liu, W. S. Bang, and H. G. Yuk. 2012. Intervention Technologies for Ensuring Microbiological Safety of Meat; Current and Future Trends. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. Vol. 12. DOI: 10.1111/j. 1541-4337.2011.00177x.

Cobb, E.F., Vanderzant, C., Hanna, M.O. and YEH, C.P.S., 1976. Effect of ice storage on microbiological and chemical changes in shrimp and melting ice in a model system. *Journal of Food Science*, 41(1), pp.29-34.

Del Río E., Panizo, M., Prieto, M., Calleja, A., Capita, R. 2006. Effect of various chemical decontamination treatments on natural microflora and sensory characteristics of poultry. *International Journal of Food Microbiology*. 268-280.

Elvers B, Hawkins S. 1989. Ullman's Encyclopedia of Industrial Chemistry; 24(5). Editorial VCH; New York, USA.

FAO. 1992. La garantía de la calidad en el laboratorio microbiológico de control de los alimentos. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. Roma, ITA. ISBN 92-5-303053-4.

FDA. 2016a. 21 CFR 173.315 y CFR 173.370: Aditivos específicos de uso. Food and Drug Administration. Vol. 3: Departamento de servicios humanos y salud.

FDA. 2016b. CFR 173.370: Aditivos específicos de uso. Peroxiácidos. Food and Drug Administration. Vol. 3: Departamento de servicios humanos y salud.

FDA. 2016c. 21 CFR 178.1010: Soluciones Sanitizantes. Food and Drug Administration. Vol. 3: Departamento de servicios humanos y salud.

Graham, J., Johnston, W., Nicholson, F. 1992. Ice in fisheries. Torry Research Station. FAO Fisheries Department. 47(1). ISBN 92-5-103280-7.

Gunders, D., 2012. Wasted: How America is losing up to 40 percent of its food from farm to fork to landfill. *Natural Resources Defense Council*, pp.1-26.

Jara J. 2007. Efecto del pH Sobre la Conservación de Carne de Bovino de Corte Oscuro (DFD) Envasada al Vacío, Almacenada a 0° C. UAC. Ingeniería en ciencias de Alimentos. Valdivia, Chile.

Harvey, C., y Howarth. 2007. Patent (US20070184155 A1).

Kosugi, Y., Baba, E., Fukata, T., and Arakawa, A., (1986). Effects of cage contamination with coccidia and Salmonella on acute salmonellosis in young chickens, *Avian Disease* 30(2): 313-318.

Martínez, J. 2002. Bioquímica. Estructura y función de las proteínas. UAA. <http://libroelectronico.uaa.mx/acerca-del-autor.html>.

Mora N., García A. 2007. Susceptibilidad de Bacterias Ácido Lácticas (BAL) Frente A Diversos Antibióticos. Química en Alimentos. UAEH.

Morey, A. 2007. "Chapter 3: Application of a Rapid Cellular Fatty Acid Based Method for Tracking Bacterial Spoilage in Pink Salmon" In: Fish bacterial flora identification via rapid cellular fatty acid analysis. M.S. Thesis, University of Alaska Fairbanks, pp. 177-237.

Mossel DAA *et al.* 2003. Microbiología de los Alimentos. 2ª ed. Acribia, Zaragoza, pp. 518, 620.

National Rivers Authority. 1991. Efficacy and Environmental Effects of Peracetic Acid as a Sewage Disinfectant. Environmental Sciences Ltd. Oviedo, E. 2009. El Sistema de Producción Avícola de Carne: El Modelo Americano. Departamento de ciencia avícola. North Carolina State University, Raleigh, NC. pp. 45,46.

Rut M, Torres, E. 2002. La Neutralización Ácido-Base a Debate. Universidad de Almería. 20 (3), pp. 451-464.

Parra, G. 2007. Information regarding Peroxyacetic Acid and its efficacy to treat Citrus Canker bacteria *Xanthomonas axonopodis pv. Citri*. Treatment quality assurance unit. NC, USA.

Pooni, GS, Mead GC. 1984. Prospective use of temperature function integration for predicting the shelf-life of non-frozen poultry-meat products. Food Microbiology. 1:67-78.

Santamaria, M. 2005. Industria alimentaria: Tecnologías emergentes. UPC. Barcelona, Esp. 45 p. ISBN: 84-8301-790-3.

Shin J-H, Chang S, Kang D-H. 2004. Application of antimicrobial ice for reduction of foodborne pathogens (*Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* Typhimurium, *Listeria monocytogenes*) on the surface of fish. WA, USA: Department of Food Science and Human Nutrition. 7 p. (vol. 97).

Sperber, W., Doyle, M. 2009. Compendium of the Microbiological Spoilage of Foods and Beverages. Springer. 32p. ISBN 978-1-4419-0825-4.

7. ANEXOS

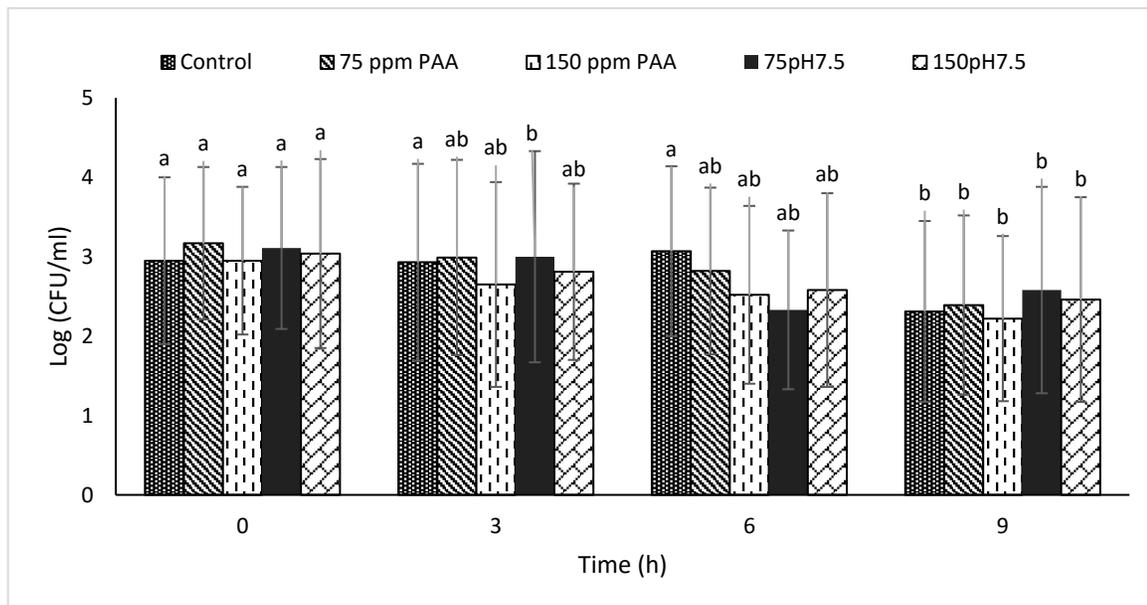
Anexo 1. Resumen de ANDEVA de los análisis microbiológicos realizados en pechuga de pollo.

Microorganismos Indicadores	Fracción	Valor F	Probabilidad	R ²	Coefficiente de variación
Bacterias mesófilas aerobias	Tratamientos	0.96	0.4324	0.74	22.29
	Tiempo	9.37	<0.0001	0.74	22.29
	Trt*Tiempo	0.73	0.72	0.74	22.29
<i>Pseudomonas</i> <i>spp.</i>	Tratamientos	2.36	0.0558	0.87	16.45
	Tiempo	34.07	<0.0001	0.87	16.45
	Trt*Tiempo	1.31	0.21	0.87	16.45
Coliformes Totales	Tratamientos	1.24	0.29	0.75	24.23
	Tiempo	23.24	<0.0001	0.75	24.23
	Trt*Tiempo	0.70	0.75	0.75	24.23
Bacterias ácido lácticas	Tratamientos	5.07	0.007	0.43	31.63
	Tiempo	10.47	<0.0001	0.43	31.63
	Trt*Tiempo	1.49	0.13	0.43	31.63

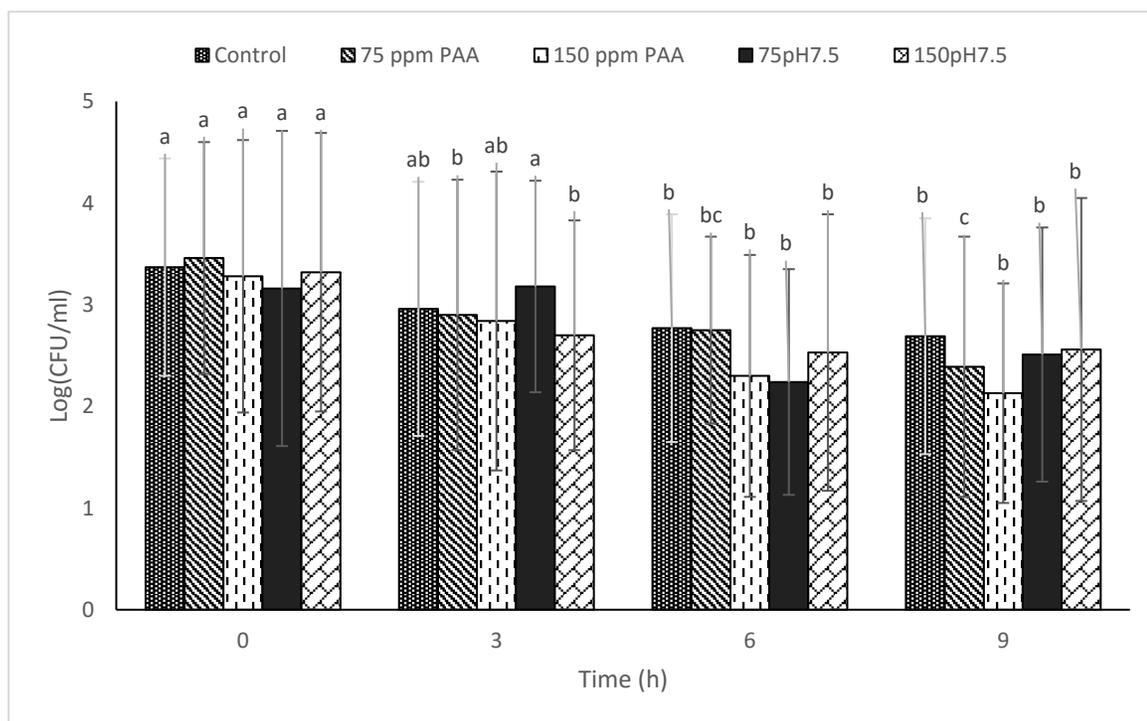
Anexo 2. Resumen de ANDEVA de los análisis de color realizado en pechuga de pollo.

Valores de color Hunter Lab	Fracción	Valor F	Probabilidad	R ²	Coefficiente de variación
L*	Tratamientos	1.14	0.3380	0.46	5.41
	Tiempo	38.13	<0.0001	0.46	5.41
	Trt*Tiempo	0.65	0.7992	0.46	5.41
a*	Tratamientos	2.38	0.0541	0.35	49.78
	Tiempo	14.71	<0.0001	0.35	49.78
	Trt*Tiempo	1.03	0.4279	0.35	49.78
b*	Tratamientos	2.10	0.0839	0.24	39.05
	Tiempo	0.71	0.5460	0.24	39.05
	Trt*Tiempo	0.72	0.7332	0.24	39.05

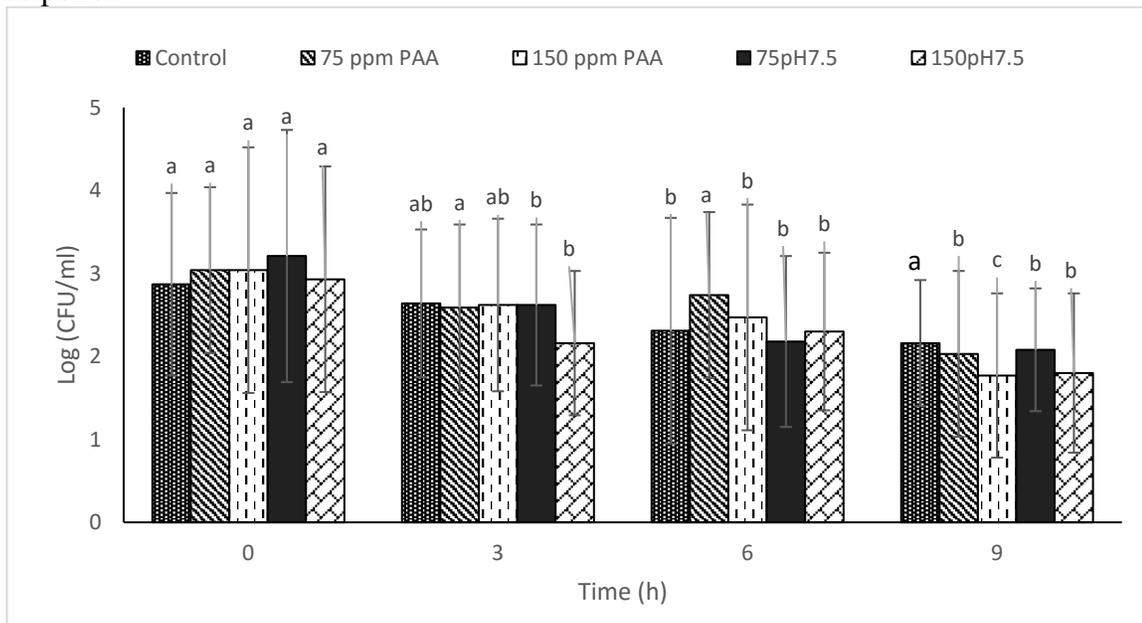
Anexo 3. Efecto de “Hielo funcional” en los recuentos de bacterias aerobias mesófilas en pechuga de pollo.



Anexo 4. Efecto de “Hielo funcional” en los recuentos de *Pseudomonas spp.* en pechuga de pollo.



Anexo 5. Efecto de “Hielo funcional” en los recuentos de “Coliformes Totales” en pechuga de pollo.



Anexo 6. Efecto de “Hielo funcional” en los recuentos de “bacterias ácido lácticas” en pechuga de pollo.

