

Efecto de la Inclusión de Inulina en Salmueras de Marinado sobre Mermas y Calidad Sensorial de Pechugas de Pollo

Effect of Inulin on Marinated Envelope Brines Including Drip and Sensory Quality of Chicken Breasts

Segundo Álvaro Muñoz Ohmen¹; Diego Alonso Restrepo Molina² y Jairo Humberto López Vargas³

Resumen. Con el objeto de determinar la naturaleza del fluido y observar el efecto sobre su viscosidad, fueron evaluadas salmueras para marinado de pollo con 4% de sólidos, compuestos por sal (constante al 2% en la salmuera), proteína de soya (PV), fosfatos e inulina (I); estos últimos, en concentraciones que variaron de 0 a 2%, dando lugar a siete tratamientos, incluyendo un testigo sin I. Todas las salmueras presentaron el comportamiento reológico de un fluido newtoniano. Las salmueras con los mayores porcentajes de proteína vegetal tuvieron mayores valores de viscosidad. La salmuera correspondiente al tratamiento 2, con I al 1%, se seleccionó como la mejor, por su viscosidad (condiciones de aplicación) y concentración de proteína y fosfatos (legislación vigente); esta salmuera fue incorporada a dieciocho pechugas de pollo en niveles de inyección de 5, 10 y 15%, para evaluar su efecto en la capacidad de retención de la misma, mediante la determinación de pérdidas por descongelación y cocción; también fue realizado un análisis sensorial para observar sus efectos en las propiedades de textura, color, aroma, sabor y calidad general. Fue posible determinar que a mayores niveles de inyección la capacidad de retención de la salmuera se incrementa, tendencia que se mantiene luego del proceso de cocción. La capacidad de retención de salmuera del tratamiento correspondiente a inyección al 5%, con y sin I, presentó diferencias significativas respecto con la del 15% con I. Las apreciaciones sensoriales de color, sabor y aroma para las pechugas de pollo en todos los tratamientos tuvieron mejores valores que los de jugosidad y dureza, lo cual indica que sería necesario influir en la activación de las proteínas cárnicas para mejorar estas propiedades mediante la variación en la formulación. Las pechugas analizadas estuvieron dentro de los parámetros microbiológicos establecidos por la legislación colombiana para este tipo de derivados cárnicos, y el marinado no determinó un comportamiento diferente al control durante el tiempo estudiado.

Palabras clave: Productos cárnicos, fructanos, prebiótico, reología.

Abstract. In order to determine the nature of the fluid and observe the effect on viscosity, were evaluated brines for chicken marinated with 4% solids, comprising salt (2% constant in the brine), soy protein (PV), phosphates and inulin (I), the latter in concentrations ranging from 0 to 2%, resulting in seven treatments, including a control sample without I. All brines showed rheological behavior of a Newtonian fluid. Brines with the highest percentages of vegetable protein had higher viscosity values. Brine 2 with I at 1% was selected as the best by their viscosity (application conditions) and protein concentration and phosphates (Legislation), the brine was applied to eighteen chicken breasts, injected at 5, 10, and 15% to evaluate their effect on retention capacity calculated by thawing and cooking losses; was also conducted sensory analysis to observe their effects on the properties of texture, color, aroma, flavor and overall quality. At a higher level of the brine injection, holding capacity also increases, and this trend is maintained after the cooking process. Retention capacity increased to high levels of injection of brine and this tendency is the same after cooking. The retention capacity of treating brine injection 5% with and without I, showed significant differences between 15% with I. Statistical analysis shows that there are significant differences between the treatment to 15% compared to injection levels to 5%, with and without inulin. Sensory analysis of color, flavor and aroma to the chicken breasts in all treatments had better values than those of juiciness and hardness, indicating it may be necessary to influence the activation of meat proteins to improve these properties by varying the formulation. The breasts were analyzed within microbiological parameters established by Colombian law for this type of meat products. The marinade did not determine a different behavior for time period studied.

Key words: Meat products, fructans, prebiotic, rheology.

La calidad de los alimentos está condicionada principalmente por las características sensoriales y las preferencias de los consumidores debidas a los niveles de conveniencia así como por su aporte a la salud (Fischer y Windhab, 2011). La ternesa y la jugosidad son atributos de la carne fresca y de los derivados cárnicos, muy importantes para su elección por parte de los consumidores (Xiong,

2005). Actualmente la industria avícola colombiana afronta el reto del Tratado de Libre Comercio con Estados Unidos de América, estimando un ingreso a Colombia de 27.040 t de cuartos traseros sin aranceles (Decreto 0730 de 13 de abril de 2012 del Ministerio de Comercio, Industria y Turismo), esto corresponde al 2,5% del total de producción del mercado nacional y al 6,7% de la producción de cuartos traseros (Moncada,

¹ Ingeniero Agroindustrial. Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín - Facultad de Ciencias Agrarias. A.A. 1779. Medellín, Colombia. <samunoz@unal.edu.co>

² Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín - Facultad de Ciencias Agrarias. A.A. 1779. Medellín, Colombia. <darestre@unal.edu.co>

³ Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá - Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos ICTA. Carrera 30 No. 45-03, Bogotá, Colombia. <jhlopezv@unal.edu.co>

Recibido: Junio 07 de 2012; aceptado: Marzo 18 de 2013.

doi: <http://dx.doi.org/10.15446/rfnam.v67n1.42651>



2012), generando una sobre-oferta e impactando negativamente la industria nacional. Desde este punto de vista se considera el marinado de pollo como una buena alternativa de competencia frente a este TLC. En la técnica de marinado una pieza cárnica puede contener una cantidad específica de salmuera compuesta por agua, sales y fosfatos, componentes funcionales o componentes que generan *flavour*, como aceites esenciales, salsa de soya, limón, vino, tenderizadores, especias y ácidos orgánicos, que consiguen ser incorporados por medio de inyección o inmersión para incrementar la humedad, la jugosidad, textura, sabor y color de la carne (Robbins *et al.*, 2002; Davis *et al.*, 2004; Xiong, 2005; Björkroth 2005; Sheard *et al.*, 2005; Smith y Young, 2007; Mielnik *et al.*, 2008; Lunde *et al.*, 2008; Browker *et al.*, 2010; Gorsuch y Alvarado, 2010). La carne también puede ser marinada con una emulsión agua-aceite-especias o solamente compuesta por aceite; la sal en estos productos es aplicada en concentraciones que van de 1,3 a 1,5% porque las pérdidas de peso durante el asado o freído, conduce a un incremento de la concentración en el producto cocido a niveles de hasta 1,8 a 2% (Phillips y Williams, 2000). NaCl y CaCl₂ han sido sustancias comúnmente aplicadas en la tecnología de carnes y marinado (Aktas, 2003), ya que estas provocan un incremento de la solubilidad de las proteínas de la carne así como de la fuerza iónica (Desmond, 2006), logrando reducir la actividad de agua, lo cual aumenta la concentración de otros componentes que mejoran el sabor (Matthews y Strong, 2005; Ruusunen y Poulanne, 2005).

La mayoría de la carne marinada es finalmente cocida, asada o tostada. La mayor parte de los marinados agua-aceite tienen un pH alrededor de 4, lo cual los hace microbiológicamente estables. En el proceso de marinado el uso de fosfatos facilita la penetración de salmueras dentro del tejido muscular siendo más rápida que cuando no los contiene (Xiong, 2005). La inulina (I) ha sido usada en derivados cárnicos y puede actuar como un reemplazante de grasa en salchichas secas fermentadas, salchichas bajas en grasa, albóndiga y mortadela (Mendoza *et al.*, 2001; Archer *et al.*, 2004; García *et al.*, 2006; Nowak *et al.*, 2007; Yilmaz y Gecgel, 2009). Este carbohidrato puede ser extraído por métodos físicos de las raíces de la achicoria (*Cichorium intybus*), y encontrada en ajo (*Allium sativum*), cebolla (*Allium cepa*), espárrago (*Asparagus officinalis*), ajoporro (*Allium porrum*), pataca (*Helianthus tuberosus*) y yacon (*Smallantus sonchifolius*), matricaria marítima (L.), *Morinda*

officinalis (Cérantola *et al.*, 2004; Chiavaro *et al.*, 2007; Zhu *et al.*, 2011). La I contiene una glucosa terminal, con uniones β (2-1)-glicosídicos no digeribles (Badui, 2006), presenta una estructura polimérica y dispersa (Madrigal y Sangronis, 2007; Dan *et al.*, 2009) predominantemente lineal, no es solo una molécula, sino una mezcla de oligo-y/o polisacáridos lineales (Blecker *et al.*, 2002; Ronkart *et al.*, 2007).

La adición de fibras dietarias (carbohidratos poliméricos con más de diez unidades, las cuales no son hidrolizados por las enzimas endógenas del intestino de los seres humanos, son obtenidos de materiales crudos por medios físicos o enzimáticos) han mostrado efectos benéficos para la salud humana (Cummings *et al.*, 2009). Estas fibras pueden modificar la viscosidad de las salmueras y algunas propiedades para facilitar su retención en la matriz cárnica o para mejorar la capacidad de retención de agua, aceites o para provocar la formación de gel y emulsión, cambiando las propiedades físicas como la textura y el *flavour* de los derivados cárnicos (Elleuch *et al.*, 2011); así podrían estar dentro de tal grupo la I, carragenina, alginato y agar (Feiner, 2006). El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto reológico y sensorial de la inclusión de I en pechugas de pollo marinado con varios niveles de inyección.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materia prima. Las pechugas de pollo utilizadas fueron de tipo comercial compradas en almacenes de cadena de la ciudad de Medellín, las cuales estaban empacadas con una película plástica y no habían recibido tratamiento de marinado.

Análisis reológico de salmueras. Se prepararon siete salmueras con niveles de I entre 0,5 y 2,0%, y evaluadas por triplicado para determinar su viscosidad y el tipo de flujo con un reómetro rotacional Brookfield® reocal, con aditamento ULA, a una velocidad de 0,01 a 200 s⁻¹ con agitación previa y con una velocidad de cizalla de 50 rpm/10 s. Para el estudio, una salmuera estándar fue formulada con base en el 100% de solución. La Tabla 1 muestra los tratamientos en composición porcentual de la salmuera, conformada por 96% de agua y 4% de sólidos totales. Los sólidos están compuestos, en base seca, por: 50% de sal (S), 25% de fosfatos (F), 15% de proteína vegetal (PV) y una variación entre 10 y 15% de I. La temperatura de la salmuera fluctuó alrededor de 0-2 °C.

Tabla 1. Formulación de las salmueras empleadas en el marinado de pechugas de pollo.

Tratamiento	Fosfatos (%)	Proteína vegetal (%)	Inulina (%)
1 Control	0,5	1,5	0
2	0,5	0,5	1
3	1	0	1
4	0,5	1	0,5
5	0	1	1
6	0	0,5	1,5
7	0	0	2

pH. Los ingredientes de las salmueras se pesaron y diluyeron en agua fría por agitación; posteriormente, el pH se midió con un potenciómetro (Hanna Instruments® 280247, calibrado con soluciones buffer a pH 4 y 7. Todas las mediciones se realizaron por triplicado.

Preparación de las pechugas. Se escogió un tratamiento, teniendo en cuenta la viscosidad y presencia de I; las pechugas se inyectaron con salmuera a niveles de 5, 10 y 15%, colocadas en bolsas plásticas que luego de selladas fueron cocidas en agua caliente en una marmita a 80 °C hasta temperatura interna de 75 °C; finalmente, se sometieron a análisis sensorial y de compresión y pruebas de relajación, para la determinación del Módulo de Young (E).

Determinación del módulo de Young (E). De cada pechuga se extrajeron muestras (utilizando un sacabocado de acero inoxidable con diámetro interno de 2 cm) con una altura de 2 cm. La prueba se realizó con un texturómetro Modelo TA-XT2i® 110v. 50/60Hz. 500 ma, comprimiendo la muestra hasta un 75%. De este análisis se obtuvo el (E) que es la relación existente entre el esfuerzo de deformación y la deformación. Los parámetros de operación fueron ajustados a las recomendadas por el Software Texture Expert Exceed, versión 1.00.

Pérdidas por descongelamiento. Las pechugas de pollo marinadas se congelaron por 24 h, en un congelador industrial Tecnifrio® de 4 tapas, y luego descongeladas en cava Tecnifrio® a 4 °C, posteriormente se determinó el peso. La pérdida de peso se estableció así:

$$Pp(\%) = \frac{Ppc - Ppd}{Ppic} \times 100$$

Donde:

Pp = Pérdida de peso
Ppc = Peso de las pechugas congeladas
Ppd = Peso de las pechugas descongeladas
Ppic = Peso de las pechugas inyectadas congeladas

Pérdidas por cocción. Las pechugas de pollo marinadas descongeladas fueron previamente pesadas y luego sometidas a cocción con agua, en una marmita industrial (TCON/98®, 50 L, 1,4-4 bar) a temperatura 80 °C, hasta alcanzar una temperatura interna de 75 °C. Seguidamente, las pechugas se colocaron en reposo en una bandeja plástica a temperatura ambiente. El porcentaje de pérdida por cocción se evaluó así:

$$Pc(\%) = \frac{Pac - Pdc}{Pac} \times 100$$

Donde:

Pc = Pérdidas por cocción
Pac = Peso antes de cocción
Pdc = Peso después de cocción

Análisis sensorial. La evaluación sensorial se realizó de acuerdo con la guía ISO 6658-1995 e ISO 6564-1985 (British Standards, 1986a, 1986b), en el laboratorio sensorial del Instituto de Ciencia y Tecnología Alimentaria INTAL, que cumple con los estándares internacionales (ASTM Intl, 1986; ISO, 1988). Para ello, se evaluaron tres muestras de pechugas de pollo marinadas en su color y aroma característico, apariencia, jugosidad, *flavour* y calidad general. Muestras cocidas (codificadas con tres dígitos aleatorios), enfriadas a temperatura ambiente y cortadas en trozos de 5 cm de diámetro, fueron evaluadas por siete panelistas. Los panelistas limpiaron su paladar entre cada análisis de muestra utilizando agua. Cada tratamiento se calificó

por triplicado en sesiones separadas, empleándose como referencia una escala de 6 puntos, donde 1 representa me disgusta mucho y 6 me gusta mucho.

Análisis microbiológico. Se realizó de acuerdo con la resolución 0402 de 2002 (Ministerio de Salud de Colombia), destacándose: NMP de coliformes fecales (NTC 4458), recuento de estafilococos coagulasa-positiva (NTC 4779), recuento Cl. sulfito reductor (NTC 4834) y Salmonella (NTC 4574).

Análisis estadístico. Se aplicó un ANAVA a los datos para determinar diferencias ($P < 0,05$). El programa estadístico utilizado fue el Sistema de Análisis Estadístico SAS versión 2009 (Cary, NC, USA).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis reológico de salmueras y pH. La Tabla 2 presenta los resultados del análisis reológico de los diferentes

tratamientos. Los datos fueron ajustados al modelo ley de potencias, mostrando un índice de flujo con un valor de uno, correspondiente a un fluido newtoniano.

Se observa que el efecto en el incremento de la viscosidad por parte de la I es bajo, aún para el tratamiento 7. De acuerdo con Phillips y Williams (2000), cuando las concentraciones exceden el 15%, la I tiene la capacidad de formar gel o crema; por debajo de esta concentración se obtienen soluciones acuosas de baja viscosidad y la capacidad de enlazar agua es menor comparada con los hidrocoloides. La I puede formar partículas de gel, mientras que el incremento de la viscosidad para muchos hidrocoloides es a través del, débil o fuerte, enlace entre cadenas. Razón que explicaría el bajo efecto de la I en los tratamientos.

De acuerdo con lo anterior, las salmueras con las mayores concentraciones de proteína vegetal y presencia de fosfatos, tuvieron los mayores valores

Tabla 2. pH y reología de pechugas de pollo marinadas con y sin adición de inulina.

Tratamiento	pH	Aproximación (%)	Índice consistencia (Viscosidad mPa.s)
T1(control)	8,02 ± 0,035 c	93,45	2,42 a
T2	8,32 ± 0,006 b	93,36	2,06 c
T3	8,71 ± 0,010 a	93,92	1,97 c
T4	8,16 ± 0,050 bc	95,82	2,29 ab
T5	6,59 ± 0,020 d	93,10	2,14 bc
T6	6,62 ± 0,050 d	95,77	2,03 c
T7	6,64 ± 0,160 d	93,74	1,93 c

Índices diferentes en las columnas indican diferencias significativas.

de viscosidad, esto indica la mayor capacidad de la proteína vegetal para enlazar agua que la que puede generar la inulina (I), actuando como ingrediente solitario. Varios autores han encontrado resultados similares (Bertram *et al.*, 2004; Yusop *et al.*, 2010; Kirmarci y Singh, 2012), asociándolo con el efecto que sobre la proteína tiene la presencia de los fosfatos, los cuales basifican el medio, mejorando la capacidad de retención de agua de estos agentes.

Selección de la salmuera. De las opciones que arroja el índice de consistencia, las salmueras correspondientes a los tratamientos T2, T3, T6 y T7,

son las que fluirían de mejor forma y permitirían una inyección con unos costos menores.

La presencia de polifosfatos en la salmuera, determina el comportamiento posterior de la misma, en términos de la retención de ésta, ya que estos compuestos están altamente cargados lo que les permite retener eficazmente el agua, porque neutralizan el entrecruzamiento entre la actina y la miosina, formado durante el rigor-mortis y ayudan a la disociación del complejo en fibras separadas (Feiner, 2006). Xiong (2005), también indica que la presencia de pirofosfato de sodio y tripolifosfato de sodio facilitan

la penetración de la salmuera. Una ausencia de fosfatos en la composición de la solución para marinar puede afectar los rendimientos de cocción, haciendo mayor el porcentaje de pérdidas (Barbanti y Pasquini, 2005; Feiner, 2006).

De acuerdo con lo anterior, y teniendo en cuenta el pH de las salmueras, las opciones se limitan a los tratamientos T2 y T3, ya que son las que mayores pH exhiben, permitiendo que el efecto sobre la CR de salmuera en el producto sea mucho mayor.

En consideración a que el T3 contiene el máximo nivel de fosfatos (1%), es posible que se presenten sabores indeseables en piezas de carnes que contengan alta cantidad de grasa (Badui, 2006), además carece de proteína vegetal, material que si bien es cierto está en bajas concentraciones en T2, puede equilibrar de mejor manera la bromatología de la pieza inyectada; efecto que subyace en la legislación colombiana (Resolución 004/002 de 10 de abril de 2002 del Ministerio de Protección Social). De esta manera, el T2 por su relativo bajo valor de viscosidad y alto de pH, sumado a las apreciaciones anteriores fue escogido para la valoración reológica, sensorial, microbiológica y física de las pechugas de pollo marinadas.

Pérdidas y modulo de Young. La Tabla 3 presenta el ANAVA de los resultados correspondientes a retención de salmuera (%), pérdidas por cocción (%), E y porcentaje de pérdidas por cocción con relación al peso inicial crudo de pechugas marinadas (inyectadas) con salmuera al 5, 10 y 15% con presencia de I, comparadas con un control, sin I.

La capacidad de retención de salmuera ha sido estudiada con el método de humedad exprimible. En la Tabla

3 se aprecia como las pechugas de pollo marinadas retuvieron un porcentaje de salmuera considerable y un poco más las que contenían I que las control, aunque solo en los niveles de inyección del 5%, control y con I tuvieron diferencias significativas con el 15% con I. También se muestra que las pérdidas por cocción estuvieron entre 11,6 y 18%, pero no fue posible apreciar el efecto de la I vinculado a las pérdidas por cocción, porque no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos. Con respecto al peso inicial, los promedios de las pérdidas oscilaron entre 7,38 y 11,39%, sin presentarse diferencias significativas entre ellas. Kirmarci y Singh (2012) indican que todos los tratamientos con carne de pechugas de pollo marinado tuvieron menor valor de humedad exprimible que las pechugas sin marinar, lo que demuestra que el agua fue retenida por la estructura de la proteína cárnica.

Teniendo en cuenta los resultados alcanzados por Volpato *et al.*, (2007), quienes con una inyección de salmuera del 12%, obtuvieron una pérdida por cocción inferior que el arrojado por una inyección del 15% de salmuera; y los reportados por Pietrasik y Shand (2004), que observaron que un aumento en la cantidad de salmuera conduce a la reducción en el rendimiento de cocción, indicando que la proteína de la matriz de la carne, no retiene el exceso de salmuera añadida, parecerían contradictorios los obtenidos en esta investigación; pero, la explicación de este comportamiento se obtiene desde la óptica de la influencia de la tecnología en este tipo de evaluaciones. Restrepo *et al.* (2001) señalan que las mermas por cocción en carnes, dependen del método de congelación, independiente del método de descongelación; mientras que Tapasco *et al.*, (2011), dan cuenta de la homogeneidad y presión en la inyección. Las pérdidas por cocción no presentaron diferencias significativas entre los

Tabla 3. Evaluación física de pechugas marinadas a 3 niveles de inyección.

Tratamientos	5% Control	5% I	10% Control	10% I	15% Control	15% I
CR Salmuera (%)	2,850 b	3,460 b	5,410 ab	6,160 ab	7,360 ab	9,360 a
Pérdidas por cocción pechuga marinada (%)	11,610±3,02 a	11,880±4,93 a	12,710±6,39 a	15,930±5,35 a	14,250±5,60 a	17,910±2,14 a
Módulo de Young (%)	0,020 a	0,016 a	0,019 a	0,014 a	0,014 a	0,018 a
Pérdidas por cocción con relación al peso inicial crudo (%)	9,12 ± 2,33 a	8,88±3,75 a	7,38±6,00 a	11,39±5,32 a	8,00±4,83 a	10,22±2,68 a

Filas con superíndices diferentes presentan diferencias significativas

diferentes tratamientos. Las muestras con mayor cantidad de líquido presentarían mayores pérdidas por la coagulación de las proteínas y la reducción de espacios para la retención.

De acuerdo con los resultados, las salmueras inyectadas a un nivel del 5 y 10% provocaron los mayores incrementos en el módulo de Young. Los resultados estadísticos con la prueba de Tukey indican que no hay diferencia significativa entre tratamientos, lo que conlleva a afirmar que el efecto de los sólidos en la salmuera, no representa ningún efecto en la dureza instrumental de las pechugas y que el efecto de la inulina en la salmuera, a los niveles ensayados, es insignificante. Resultados similares han reportado otros autores en ensayos realizados con carne de otras especies animales, en ésta y otras características reológicas (Tapasco *et al.*, 2011).

Evaluación sensorial. Los resultados de la evaluación sensorial se presentan en la Tabla 4. Características como sabor, color, aroma, dureza y jugosidad, no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos, denotando que la presencia de I en las salmueras, no modificó estos aspectos, ubicando la calificación en lugares altos, de acuerdo con la escala definida. Para las características dureza y jugosidad, tampoco se presentaron diferencias

significativas entre los diferentes tratamientos, pero si se nota una calificación muy baja, afectadas por las pérdidas por cocción. En cuanto a la calidad general, los tratamientos con el 5 y 10% de inyección, con y sin I, fueron los que con más frecuencia recibieron la calificación de alta, mientras que el tratamiento con el 15% de inyección, casi siempre fue calificado de calidad media, sin importar la presencia de I.

La jugosidad en la carne y los productos cárnicos, está asociada a la grasa por su efecto estimulador en la producción de saliva, que el mismo contenido de líquidos, más que a la presencia de humedad. En el presente estudio no fue posible observar efectos en la jugosidad de la carne. La presencia de I, podría haber favorecido esta característica, ya que son múltiples los trabajos de diversos investigadores, en donde los reemplazos de grasa por fibra en derivados cárnicos, no muestran diferencias comparados con testigos sin reemplazos (Pacheco *et al.*, 2012). No obstante este resultado, podría sugerirse la evaluación de la succulencia de las pechugas ya que la formulación control, pareciera tener mejores efectos que la salmuera que contenía I.

Análisis microbiológico. La evaluación microbiológica de las pechugas de pollo marinadas al 5, 10 y 15%

Tabla 4. Características sensoriales de pechugas de pollo marinadas con y sin inulina.

Propiedad sensorial	5% control	5% I	10% control	10% I	15% control	15% I
Sabor	5,048 a	4,952 a	4,810 a	4,619 a	4,810 a	4,810 a
Color	4,429 a	4,524 a	4,524 a	4,619 a	4,286 a	4,238 a
Aroma	4,381 a	4,381 a	4,667 a	4,286 a	4,143 a	4,286 a
Dureza	3,286 a	3,286 a	3,143 a	3,238 a	3,095 a	2,905 a
Jugosidad	3,619 a	3,857 a	4,048 a	3,571 a	3,571 a	3,619 a
Frecuencia	8 Media	9 Media	7 Media	11 Media	17 Media	17 Media
Calidad General	13 Alta 0 Baja	12 Alta 0 Baja	14 Alta 0 Baja	10 Alta 0 Baja	3 Alta 1 Baja	3 Alta 1 Baja

Filas con superíndices diferentes presentan diferencias significativas

con I y sin I, estuvieron dentro de los parámetros exigidos por la legislación colombiana (datos no presentados), sin existir diferencias entre los diversos tratamientos. Desde este punto de vista se valida el efecto que la temperatura de cocción (80 °C hasta alcanzar una temperatura interna de 75 °C acorde con la temperatura recomendada por la FDA (2013)) presentó sobre esta variable y las Buenas Prácticas de Manufactura empleadas en la manipulación del producto elaborado. Con calentamientos hasta

de 121 °C en el estudio realizado por Kong *et al.* (2008) las pérdidas por cocción alcanzaron hasta el 30,6%; en el presente estudio las pérdidas estuvieron alrededor de 17,9% posiblemente debido al tipo de cocción y la temperatura que fue mucho menor.

CONCLUSIONES

La I a concentraciones entre 0-2% en salmueras presenta un comportamiento reológico ajustado

como un fluido newtoniano con viscosidades entre 1,93 2,42 mPa.s. Las salmueras con las mayores concentraciones de PV tuvieron mayores valores de viscosidad. La salmuera (T2) con I al 1% presentó una viscosidad aceptable, con buena concentración de PV y fosfatos, adecuada para fluir por el método de marinado por inyección. A mayores niveles de inyección de salmuera con presencia de I es posible mejorar la capacidad de retención de la salmuera en la pechuga marinada, pero una vez en el proceso de cocción, las pérdidas parecen ser directamente proporcionales con el nivel de inyección. La inyección al 5% con y sin I presentó diferencias significativas con el tratamiento con inyección del 15% con I en la capacidad de retención de salmuera, lo que muestra que las pechugas de pollo tienden a retener la salmuera a medida que incrementa el nivel de inyección y un poco más con las que contienen I. La salmuera con I al 1% escogida para los análisis sensoriales y a los niveles de inyección de 5, 10 y 15% no tuvo diferencias significativas entre los controles y los tratamientos en lo correspondiente a las propiedades sensoriales de pechugas de pollo, indicando una valoración general buena con alta frecuencia. Las apreciaciones sensoriales de color, sabor y aroma para las pechugas de pollo en todos los tratamientos tuvieron mejores valores que los de jugosidad y dureza, lo cual indica que si se tienen en cuenta las conclusiones de Somboonpanyakul *et al.* (2007), sería necesario influir en la activación de las proteínas cárnicas para mejorar estas propiedades mediante una variación en la formulación de la concentración de sal. Las pechugas analizadas estuvieron dentro de los parámetros microbiológicos establecidos por la legislación colombiana para este tipo de derivados cárnicos, sin presentar un comportamiento diferente al control (sin marinar), durante el tiempo estudiado, esto fue debido fundamentalmente a la calidad microbiológica de los ingredientes que conforman la salmuera y a las BPM empleadas durante su elaboración.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a Tecnas S.A, por el apoyo brindado para la realización de la presente investigación, representada en materia prima, insumos, instalaciones para la elaboración de los productos y análisis sensoriales y microbiológicos.

BIBLIOGRAFÍA

Afifi, A.A. and S.P. Azen. 1979. Statistical analysis. A computer oriented approach. Second edition. Academic Press. Missouri. 442 p.

Aktas, N. 2003. The effects of pH, NaCl and CaCl₂ on thermal denaturation characteristics of intramuscular connective tissue. *Thermochimica Acta* 407(1-2): 5105-112.

Archer, B.J., S.K. Johnson, H.M. Devereux and A.L. Baxter. 2004. Effect of fat replacement by inulin or lupin-kernel fibre on sausage patty acceptability, post-meal perceptions of satiety and food intake in men. *British Journal of Nutrition* 91(4): 591-599.

ASTM (1986). Physical requirements. Guidelines for sensory evaluation laboratories, STP 913 Philadelphia, Pa: American Society for Testing and Materials.

Badui, S. 2006. Química de los alimentos, cuarta edición, Editorial Pearson, México. 738 p.

Barbanti, D. and M. Pasquini. 2005. Influence of cooking conditions on cooking loss and tenderness of raw and marinated chicken breast meat. *LWT – Food Science and Technology* 38(8): 895–901.

Bertram, H.C., M. Kristensen and H.J. Andersen. 2004. Functionality of myofibrillar proteins as affected by pH, ionic strength and heat treatment—a low-field NMR study. *Meat Science* 68(2): 249–256.

Blecker, C., C. Fougnyes, J.C. Van Herck, J.P. Chevalier and M. Paquot. 2002. Kinetic study of the acid hydrolysis of various oligofructose samples. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50(6): 1602–1607.

Björkroth, J. 2005. Microbiological ecology of marinated meat products. *Meat Science* 70(3): 477-480.

Browker, B.C., J.A. Callahan and M.B. Solomon. 2010. Effects of hydrodynamic pressure processing on the marination and meat quality of turkey breast. *Poultry Science* 89(8): 1744-1749.

British Standards BS 5929: Part 4. (1986a). British standard methods for sensory analysis of foods. Part 4. Flavour profile methods. British Standards Institution, London. 10 p.

British Standards BS 5929: Part 1. (1986b). British standard methods for sensory analysis of foods. Part 1. General guide to methodology. British Standards Institution, London. 12 p.

- Cérantola, S., N. Kervarec, R. Pichon, C. Magné, M.A. Bessieres and E. Deslandes. 2004. NMR characterisation of inulin-type fructooligosaccharides as the major water-soluble carbohydrates from *Matriacaria maritima* (L). Carbohydrate Research 399(14): 2445-2449.
- Chiavaro, E., E. Vittadini and C. Corradini. 2007. Physicochemical characterization and stability of inulin gels. Europe Food Research Technology 225: 85-94.
- Cummings, J.H., Mann, J.I., Nishida, C. y Voster, H.H. 2009. Dietary fibre: an agreed definition. The Lancet 373(9661): 365-366.
- Dan, A., S. Ghosh and S.P. Moulik. 2009. Physicochemical studies on the biopolymer inulin: A critical evaluation of its self-aggregation, aggregate-morphology, interaction with water and thermal stability. Biopolymers 91(9): 687-699.
- Davis, K.J., J.G. Sebranek, E. Huff-Lonergan and S.M. Lonergan. 2004. The effects of aging on moisture-enhanced pork loins. Meat Science 66(3): 519-524.
- Desmond, E. 2006. Reducing salt: A challenge for the meat industry. Meat Science 74(1): 188-196.
- Elleuch, M., D. Bedigian, O. Roiseux, S. Besbes, C. Blecker and H. Attia. 2011. Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications. Food Chemistry 124(2): 411-421.
- FDA, 2013. Manipulación segura de los alimentos: lo que usted debe saber. En: FDA, U.S. Food and Drug Administration, <http://www.fda.gov/downloads/Food/ResourcesForYou/Consumers/UCM260653.pdf>. 2 p.; consulta: marzo 2013.
- Feiner, G. 2006. Meat Products Handbook, Practical Science and Technology. Woodhead Publishing Limited, Cambridge, England. 648 p.
- Fischer, P. and E. Windhab. 2011. Rheology of food materials. Current Opinion in Colloid and Interface Science 16(1): 36-40.
- García, M.L., E. Cáceres and M.D. Selgas. 2006. Effect of inulin on the textural and sensory properties of mortadella, a spanish cooked meat product. International Journal of Food Science and Technology 41(10): 1207-1215.
- Gorsuch, V. and C.Z. Alvarado. 2010. Post-rigor tumble marination strategies for improving color and water-holding capacity in normal and pale broiler breast fillets. Poultry Science 89(5): 1002-1008.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). 2007. Norma Técnica Colombiana. NTC 4458. Microbiología de alimentos y de alimentos para animales. Método horizontal para el recuento de coliformes o *Escherichia coli* o ambos. Técnica de recuento de colonias utilizando medios fluorogénicos o cromogénicos. Bogotá. 12 p.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). 2007. Norma Técnica Colombiana. NTC 4779. Microbiología de alimentos y de alimentos para animales. Método horizontal para el recuento de estafilococos coagulasa positiva (*Staphylococcus aureus* y otras especies). Técnica de recuento de colonias. Icontec, Bogotá. 25 p.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). 2007. Norma Técnica Colombiana. NTC 4834. Microbiología de alimentos y de alimentos para animales. Método horizontal para el recuento de *Clostridium* sulfito reductores e identificación de *Clostridium perfringens*-Técnica de recuento de colonias. Icontec, Bogotá. 15 p.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). 2007. Norma Técnica Colombiana. NTC 4474. Microbiología de alimentos y de alimentos para animales. Método horizontal para la detección de *Salmonella spp*. Icontec, Bogotá. 32 p.
- ISO, 1985b. Sensory analysis-methodology-general guidance. Primera edición 6658. International Organization for Standardization, Geneva.
- ISO, 1988. International Standard 8589. Sensory analysis general guidance for the design of test rooms. Ref. ISO 8589: 1988 (E) International Organization for Standardization, Genevé.
- Kirmarci, B. and R.K. Singh. 2012. Quality of chicken breast meat cooked in a pilot-scale radio frequency oven. Innovative Food Science and Emerging Technologies 14: 77-84.

- Kong, F., J. Tang, M. Lin and B. Rasco. 2008. Thermal effects on chicken and salmon muscles: Tenderness, cook loss, area shrinkage, collagen solubility and microstructure. *LWT – Food Science and Technology* 41(7): 1210-1222.
- Lunde, K., B. Egelanddal, J. Choinski, M. Mielnik, A. Flatten and E. Kubberod. 2008. Marinating as a technology to shift sensory thresholds in ready to eat entire male pork meat. *Meat Science* 80(4): 1264-1272.
- Madrigal, L y E. Sangronis. 2007. La inulina y derivados como ingredientes claves en alimentos funcionales. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición, Órgano Oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición* 57(4): 387-396.
- Matthews, K. and K. Strong. 2005. Salt-its role in meat products and the industry's action plan to reduce it. *Nutrition Bulletin* 30(1): 55-61.
- Mendoza, E., M.L. García, C. Casas and M.D. Selgas. 2001. Inulin as fat substitute in low fat, dry fermented sausages. *Meat Science* 57(4): 387-393.
- Mielnik, M.B., S. Sem, B. Egelanddal and G. Skrede. 2008. By-products from herbs essential oil production as ingredient in marinade for turkey thighs. *LWT – Food Science and Technology* 41(1): 93-100.
- Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. Decreto 0730 del 13 de abril de 2012. <http://wsp.presidencia.gov.co/Normativa/Decretos/2012/Documents/Abril/13/dec73013042012.pdf> 106 p.; consulta: mayo 2012.
- Ministerio de Salud, República de Colombia. Resolución 0402 de 2002. Por la cual se establecen los requisitos para la comercialización de aves beneficiadas enteras, despresadas y/o deshuesadas que se someten a la técnica de marinado. <http://rosdary.files.wordpress.com/2008/03/resolucion-402-de-2002.pdf>. 4 p.; consulta: mayo 2012.
- Moncada 2012. Industria avícola frente TIC. En: www.semana.com/multimedia-economia/retos-industria-avicola-frente-tlc/5086.aspx; consulta: mayo 2012.
- Nowak, B., T. Von-Mueffling, J. Grotheer, G. Kein and B.M. Watkinson. 2007. Energy content, sensory properties and microbiological shelf life of German Bologna-Type sausage produced with citrate of phosphate and with inulin as fat replacer. *Journal of Science* 72(9): 629-638.
- Pacheco, W.A., C.E. Arias y D.A. Restrepo. 2012. Efecto de la reducción de cloruro de sodio sobre las características de calidad de una salchicha tipo seleccionada. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín* 65(2): 6785-6793.
- Phillips, G.O. and P.A. Williams. 2000. *Handbook of hydrocolloids*, First edition. Woodhead Publishing Limited, England. 442 p.
- Pietrasik, Z. and P.J. Shand. 2004. Effect of blade tenderization and tumbling time on the processing characteristics and tenderness of injected cooked roast beef. *Meat Science* 66(4): 871-879.
- Restrepo, D.A., C.M. Arango, A. Amézquita y R.A. Restrepo. 2001. *Industria de carnes*. Universidad Nacional de Colombia, Medellín. 275 p.
- Robbins, K., J. Jensen, K.J. Ryan, C. Homco-Ryan, F.K. McKeith and M.S. Brewer. 2002. Enhancement effects on sensory and retail display characteristics of beef rounds. *Journal of Muscle Foods* 13(4): 279-288.
- Ronkart, S.N., C. Deroanne, M. Paquot, C. Fougnyes, J.C. Lambrechts and C.S. Blecker. 2007. Characterization of the physical state of spray-dried inulin. *Food Biophysics* 2(2-3): 83-92.
- Ruusunen, M. and E. Puolanne. 2005. Reducing sodium intake from meat products. *Meat Science* 70(3): 531-541.
- Sheard, P.R., G.R. Nute, R.I. Richardson and J.D. Wood. 2005. Effects of breed and marination on the sensory attributes of pork from large white and Hampshire-sired pigs. *Meat Science* 70(4): 699-707.
- Smith, D.P. and L.L. Young. 2007. Marination pressure and phosphate effects on broiler breast fillet yield, tenderness, and color. *Poultry Science* 86(12): 2666-2670.
- Somboonpanyakul, P., S. Barbut, P. Jantawat and N. Chinprahast. 2007. Textural and sensory quality of poultry meat batter containing malva nut gum, salt and phosphate. *LWT - Food Science and Technology* 40(3): 498-505.

Tapasco, Y., D. Restrepo y H. Suárez. 2011. Efecto reológico de hidrocoloides sobre la salmuera de marinado de carne bovina. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* 9(2): 119-125.

Volpato, G., E.M. Michielin, S.R. Ferreira and J.C. Petrus. 2007. Kinetics of the diffusion of sodium chloride in chicken breast (*Pectoralis major*) during curing. *Journal of Food Engineering* 79(3): 779-785.

Xiong, Y.L. 2005. Role of myofibrillar proteins in water-binding in brine-enhanced meats. *Food Research International* 38(3): 281-287.

Yilmaz, I. and U. Gecgel. 2009. Effect of inulin on physico-chemical and sensory characteristics of meatballs. *Journal of Food Science Technology* 46(5): 473-476.

Yosup, S.M., M.G. O'Sullivan, J.F. Kerry and J.P. Kerry. 2010. Effect of marinating time and low pH on marinade performance and sensory acceptability of poultry meat. *Meat Science* 85(4): 657-663.

Zhu, M., C. Wang, X. Wang, S. Chen, H. Zhu and H. Zhu. 2011. Extraction of polysaccharides from *Morinda officinalis* by response surface methodology and effect of the polysaccharides on bone-related genes. *Carbohydrate Polymers* 85(1): 23-28.