

**Efecto del almidón de maíz nativo y
modificado en las propiedades funcionales de
carne de pollo (*Musculus pectoralis major*) con
miodegeneración**

Eswin Aroldo Ariza Perdomo

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano

Honduras

Noviembre, 2018

ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

**Efecto del almidón de maíz nativo y
modificado en las propiedades funcionales de
carne de pollo (*Musculus pectoralis major*) con
miodegeneración**

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

Presentado por

Eswin Aroldo Ariza Perdomo

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2018

Efecto del almidón de maíz nativo y modificado en las propiedades funcionales de carne de pollo (*Musculus pectoralis major*) con miodegeneración

Eswin Aroldo Ariza Perdomo

Resumen. El incremento de carne considerada anómala por la miodegeneración del *Musculus pectoralis major* ha conllevado a la investigación de alternativas que puedan mejorar sus características funcionales. El objetivo fue evaluar el efecto de adicionar almidón de maíz nativo y modificado en carne molida. Se evaluaron 5 tratamientos, almidón nativo al 1 y 2%, almidón modificado al 1 y 2% más un tratamiento control (sin ningún tipo de almidón). Se determinó la composición proximal de la carne (grasa, humedad, proteína), la pérdida por cocción y color en los días 1, 3, 5, 7 y 9 mientras que el recuento de bacterias mesófilas aerobias (BMA) y el perfil de textura se determinó en los días 2, 4, 6, 8 y 10 de los tres experimentos individuales. Se realizó un análisis de varianza y una prueba de medias Tukey con una probabilidad $P < 0.05$. No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos en el recuento de mesófilos aerobios, todos presentando niveles superiores al límite recomendado a partir del día 7 de evaluación. Se logró una reducción significativa de la pérdida de humedad por cocción con la adición de almidón nativo y modificado al 2%. Se mejoró el perfil de textura logrando una reducción en la dureza, elasticidad y masticabilidad de la carne con la adición de almidón modificado al 2%. Los valores de L (brillo) y a^* (rojo) se incrementaron con la adición de almidón nativo y modificado al 2% y no existió una influencia relevante en la composición proximal de la matriz.

Palabras clave: Carne molida, color, composición proximal, pechuga leñosa, perfil de textura.

Abstract. The increase of anomalous meat caused by the myodegeneration of *Musculus pectoralis major* has implied the investigation of alternatives that can improve its functional characteristics. The objective was evaluated the effect of addition native and modified cornstarch on ground meat. Five treatments were evaluated, native starch at 1% and 2%, modified starch at 1 and 2% and without any type of starch. The proximal composition of the meat (fat, ash, moisture, and protein), the cooking loss and the color were determined on days 1,3,5,7 and 9 while the aerobic count of bacteria and the texture profile were performed on days 2,4,6,8 and 10 of the three individual experiments, an analysis of variance and a test of tukey means with a probability $P < 0.05$ was performed. No significant differences were found between the treatments in the aerobic mesophilic count, however the quality of the meat was affected from day 7 of evaluation, a significant reduction of the moisture loss by cooking with the addition of starch was achieved native and modified to 2%. The texture profile was improved, achieving a reduction in the hardness, springiness and chewiness of the meat with the addition of 2% modified starch. The values of L (brightness) and a^* (red) were improved with the addition of native and modified starch to 2% and there was no relevant influence on the proximal composition of the matrix.

Key words: Color, Ground meat, proximate composition, texture profile, woody breast.

CONTENIDO

Portadilla	i
Página de firmas.....	ii
Resumen.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de Cuadros, Figuras y Anexos	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	7
4. CONCLUSIONES	18
5. RECOMENDACIONES	19
6. LITERATURA CITADA.....	20
7. ANEXOS	20

ÍNDICE DE CUADROS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Diseño experimental utilizado para evaluar el efecto de almidón de maíz (nativo y modificado) en carne molida de pechuga de pollo anómala.	3
2. Recuento de bacterias mesófilas aerobias (Log UFC/g) en carne molida de pechugas de pollo con condición leñosa y almacenada durante 9 días ¹	7
3. Valores de pérdida por cocción (%) en carne molida de pechugas de pollo con condición leñosa almacenadas durante nueve días ¹	9
4. Valores de dureza (N), elasticidad (adimensional) y masticabilidad (N) en carne molida de pechugas de pollo con condición leñosa cocinada y almacenada durante nueve días ¹	13
5. Valores de color en unidades L, a, b en carne molida de pechugas de pollo con condición leñosa almacenadas durante nueve días ¹	15
6. Porcentaje de grasa, humedad y proteína en carne molida de pechugas de pollo con condición leñosa cocinada y almacenada durante nueve días ¹	17

Anexos	Página
1. Correlación de variables para carne de pollo molida con condición leñosa y 1% de almidón modificado.	24
2. Correlación de variables para carne de pollo molida con condición leñosa y 2% de almidón modificado.	25
3. Correlación de variables para carne de pollo molida con condición leñosa y 1% de almidón nativo.	26
4. Correlación de variables para carne de pollo molida con condición leñosa y 2% de almidón nativo.	27
5. Correlación de variables para carne de pollo molida con condición leñosa.....	28

1. INTRODUCCIÓN

El consumo de carne de aves de corral ha aumentado durante las últimas décadas. Desde 1970, el consumo per cápita de pollo en los Estados Unidos ha aumentado de 18 a 38.5 kg (40 a 85 libras), que es más que el de la carne de vacuno y porcino (Kuttappan *et al.* 2012). En respuesta al incremento de la demanda se han logrado mejorar las tasas de crecimiento y rendimiento de pechugas, lo cual aumentó drásticamente la producción comercial de carne. No obstante, estos avances están asociados con varias implicaciones importantes en la calidad de la carne obtenida. Todos estos cambios han contribuido a la aparición de diferentes anormalidades metabólicas y estructurales dentro del músculo que generalmente van acompañadas de miodegeneración y posterior regeneración. Esta miodegeneración se puede explicar por la mayor tasa de crecimiento de los músculos, que excede la tasa de crecimiento fisiológicamente sostenible, lo que lleva al daño muscular (Dransfield y Sosnicki 1999; Barbut *et al.* 2008; Petracci y Cavani 2012; Mudalal *et al.* 2015.).

Una de las anormalidades musculares que se ha observado en la carne blanca es llamada "pechuga leñosa". Esta condición muscular ha sido recientemente relacionada con aves más pesadas, se caracteriza por una zona macroscópicamente visible, abultada y pálida en la parte caudal del filete de pechuga así como por dureza anormal con diferentes grados de severidad (Sihvo *et al.* 2014; Kuttappan *et al.* 2017) . Por otra parte, el efecto de pechuga leñosa exhibe cambios histológicos que consisten en una miodegeneración polifásica de moderada a grave con regeneración, así como cantidades variables de acumulación de tejido conectivo intersticial o fibrosis (Sihvo *et al.* 2014)

El efecto de estas anormalidades musculares no se limita a los cambios histológicos, ya que las características estéticas también se ven afectadas. Como resultado, estos cambios de fibra pueden influir en los rasgos de calidad como el pH, el color, la capacidad de retención de agua y la textura (Kuttappan *et al.* 2012). La condición de pechuga leñosa también cambia algunas de las propiedades funcionales de la carne con un aumento en el contenido de grasa y tejido conectivo y una disminución en el contenido de proteína muscular del tejido (Petracci *et al.* 2013; Mazzoni *et al.* 2015). La carne de pechuga leñosa se ha vuelto prevalente recientemente en la industria de pollos de engorde tanto en los Estados Unidos como en la Unión Europea. A partir de 2016, la industria de pollos de engorde en los Estados Unidos informó una incidencia entre 30 y 50% de carne con condición leñosa severa en pollos de engorde que se cultivan durante ocho semanas hasta un peso vivo superior a 4.2 kg antes del sacrificio (Cai *et al.* 2018). Además, los mecanismos que controlan la incidencia y la gravedad siguen siendo desconocidos (Kuttappan *et al.* 2012; Petracci *et al.* 2013).

La industria avícola ha destinado esta carne defectuosa para fabricar productos procesados. Aunque su inclusión en los productos procesados como los medallones de carne elimina el problema de los defectos estéticos, algunos estudios han demostrado que tiene propiedades tecnológicas inferiores, como la retención de agua reducida, la capacidad de unión y la textura deficiente (Lee *et al.* 2014; Tijare *et al.* 2016; Crews 2016).

En la industria de la carne procesada, los almidones se utilizan por sus características de espesamiento, gelificación, retención de agua y mejora de la textura (Alcázar-Alay y Meireles 2015). Desde un punto de vista general, los almidones son polisacáridos que están formados por diferentes proporciones de amilosa y amilopectina. La amilosa es principalmente responsable de la firmeza o resistencia del gel y del proceso de retrogradación, consistiendo este último en la precipitación de las moléculas de agua que fueron absorbidas, esto debido a que las cadenas de amilosa se orientan paralelamente y accionan entre sí por puentes de hidrógeno a través de sus múltiples hidroxilos, mientras que la amilopectina es responsable de la elasticidad y la viscosidad (Zhang *et al.* 2007; Álvarez 2012).

Los almidones nativos o no modificados se obtienen a partir de la forma original del material que contiene almidón. Estos generalmente muestran una resistencia limitada a valores bajos de pH, impacto de calor y cizallamiento durante el procesamiento y rendimiento pobre con respecto a la estabilidad de congelación-descongelación, su principal ventaja es que al utilizarlos en productos cárnicos no se declaran como aditivos alimentarios. El almidón modificado es almidón ordinario o nativo, alterado física o químicamente para modificar sus propiedades funcionales, tales como el espesamiento o la gelificación. Los almidones modificados a menudo se usan en aplicaciones cárnicas porque ofrecen una alternativa económica válida con respecto a sus contrapartes nativas con un comportamiento tecnológico interesante como una mayor resistencia a las condiciones de procesamiento y retrogradación, sin embargo, estos almidones sí deben declararse como aditivos alimentarios y no permiten tener una etiqueta limpia en los productos (Khalil *et al.* 2010).

La presente investigación contribuirá a conocer si la adición de almidón de maíz nativo y modificado tiene un efecto positivo en las propiedades funcionales de la carne anómala de pollo. Los objetivos de la investigación fueron:

- Determinar los cambios microbiológicos en la vida de anaquel de la carne de pechuga leñosa molida tratada con almidón de maíz nativo y modificado.
- Investigar diferencias en el perfil de textura en la carne de pechuga leñosa molida tratada con almidón de maíz nativo y modificado.
- Estudiar el efecto del almidón de maíz nativo y modificado en la calidad de la carne de pechuga leñosa molida durante almacenamiento.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del estudio.

Esta investigación se llevó a cabo en los laboratorios de química y microbiología de los departamentos de Ciencia Avícola y Ciencia animal de la Universidad de Auburn, ubicada en Auburn, Estado de Alabama, Estados Unidos.

Diseño experimental.

Se realizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con mediciones repetidas en el tiempo (Cuadro 1). Se evaluaron dos tipos de almidón de maíz (nativo y modificado), a dos concentraciones distintas (1 y 2%), más un tratamiento control. Se realizaron tres ensayos por separado con un total de 375 unidades experimentales. Con cada unidad experimental se determinó el conteo de mesófilos aerobios, la composición proximal, la pérdida por cocción, el perfil de textura y el color.

Cuadro 1. Diseño experimental utilizado para evaluar el efecto de almidón de maíz (nativo y modificado) en carne molida de pechuga de pollo anómala.

Tratamiento ¹	Días de evaluación				
	1	3	5	7	9
Control	5	5	5	5	5
1 Mod	5	5	5	5	5
2 Mod	5	5	5	5	5
1 Nat	5	5	5	5	5
2 Nat	5	5	5	5	5

¹ Control: Carne molida sin adición de ningún tipo de almidón; 1 Mod: Carne molida con 1% de almidón de maíz modificado; 2 Mod: Carne molida con 2% de almidón de maíz modificado; 1 Nat: Carne molida con 1% de almidón de maíz nativo; 2 Nat: Carne molida con 2% de almidón de maíz nativo.

Filetes de pechuga de pollo.

Todos los filetes de pechuga de pollo con condición leñosa, deshuesados, sin piel y sin congelar se obtuvieron de la planta Wayne Farms ubicada en Union Springs, Alabama. Dentro de la planta estos son sometidos a una evaluación de “palpación” por parte del personal capacitado para detectar la condición leñosa y el grado de severidad.

La condición leñosa no es detectable a simple vista sino hasta que el filete de pechuga ha sido cocinado y tampoco existe tecnología que identifique esta condición en pechugas crudas, por lo cual, la capacidad del personal de identificar filetes con esta miopatía se basa únicamente en experiencia de palpación.

La capacitación del personal consiste en palpar pechugas en el área caudal y partes aledañas a esta y definirla dentro del rango de severidad:

- Grado 1. No tiene condición leñosa.
- Grado 2. Condición leñosa moderada.
- Grado 3. Condición leñosa severa.

Los filetes después de clasificados son cocinados y sometidos a un análisis de textura (dureza) para corroborar que el grado de severidad designado por el personal este de acuerdo a los parámetros de dureza que clasifican a las pechugas con condición leñosa, los parámetros de dureza son propios de cada empresa y son información reservada. La experiencia del personal que palpa las pechugas crudas está basada y corroborada en este proceso de capacitación. Las pechugas utilizadas para esta evaluación fueron consideradas con condición leñosa grado tres (nivel más alto de dureza).

Preparación de tratamientos.

Se utilizó un molino-mezclador Biro AFMG-24 para mezclar los filetes de pechuga de pollo con condición leñosa por cinco minutos, posteriormente se procedió a molerlos. La carne molida fue separada en cinco grupos de 14.54 kg (32 lb) para cada tratamiento.

El almidón fue pesado de acuerdo al contenido de carne y al porcentaje correspondiente de cada tratamiento. Los 14.54 kg de carne del control fueron mezcladas por cinco minutos para posteriormente ser molidas por segunda vez. Para los cuatro tratamientos restantes los 14.54 kg de carne de cada uno fueron mezcladas por separado durante cinco minutos con el tipo y porcentaje de almidón correspondiente.

Preparación de las muestras.

Se colocó 0.45 kg (1 lb) de carne molida de cada tratamiento por separado en bandejas de poliestireno con almohadillas absorbentes en la parte inferior, las muestras fueron empacadas con una capa de cloruro de polivinilo y etiquetadas indicando el tipo de tratamiento, la fecha de elaboración y el responsable de la investigación. Finalmente, las muestras de cada tratamiento se colocaron en bandejas de acero inoxidable por separado, las cuales fueron distribuidas en distintas partes del cuarto de refrigeración donde se almacenaron hasta el momento de su uso, algunas por uno, tres, cinco, siete o nueve días siempre a una temperatura de 4 °C.

Recolección de datos.

Los días uno, tres, cinco, siete y nueve de cada ensayo se realizaron análisis microbiológicos, de pérdida por cocción, de composición proximal y color; mientras que

en los días dos, cuatro, seis, ocho y 10 se evaluó el perfil de textura. Cada día de evaluación se seleccionaron cinco muestras por tratamiento para un total de 25 muestras por día y la selección de estas se hizo de forma aleatoria para poder tomar muestras de diferentes partes del cuarto de refrigeración de los distintos tratamientos.

Bacterias mesófilas aerobias.

De cada una las 25 muestras diarias (bandejas de 0.45 kg) se tomó una submuestra de 30 gramos de carne y se colocaron por separado en bolsas filtro, a cada bolsa se adicionó 60 ml de agua de peptona tamponada. Todas las muestras fueron homogenizadas en un stomacher 400° circulator durante 60 segundos a 230 revoluciones por minuto (rpm). Después de homogeneizar, se realizaron diluciones en serie $10^0, 10^{-1}, 10^{-2}, 10^{-3}, 10^{-4}$ (1mL) en tubos de ensayo con agua de peptona tamponada (9 ml), para posteriormente extender por superficie 0.1 ml de cada dilución en placas petri (por duplicado) con agar para bacterias mesófilas aerobias (AMB) (método agar estándar). Todas las muestras fueron incubadas a 37 °C durante 24 horas.

Color.

Un equipo minolta colorimeter CR-300/DP301 se utilizó para determinar el color de cada muestra, el cual se calibró para evitar efectos de variación en los resultados. Se realizaron tres mediciones por muestra en diferentes puntos, haciendo el colorímetro un promedio automático para obtener los valores L *, a * y b *.

Composición proximal.

Un FoodScan se utilizó para determinar la composición proximal (grasa, humedad, cenizas y proteína), de cada muestra se colocaron 250 gramos de carne en un plato petri para realizar el análisis. El equipo se calibró para evitar variaciones en los resultados.

Pérdida por cocción.

Dos submuestras de 30 gramos se tomaron de cada muestra y se colocaron en una bandeja de acero inoxidable previamente asperjada con aceite vegetal. Todas las muestras fueron introducidas en un horno de convección (Vulcan, HEC5D, Troy, Ohio 45374 U.S.A.) precalentado a 177 °C. Las muestras se cocinaron a una temperatura interna de 74 °C, esto se midió con un termómetro digital de acero inoxidable. Después de la cocción, las muestras se enfriaron a temperatura ambiente (22 ± 2 °C) y se pesaron nuevamente. La pérdida de cocción se calculó restando el peso de la muestra cocinada del peso inicial de la muestra. Todas las muestras después de la cocción fueron almacenadas por 24 horas a 4 °C para su posterior análisis de textura.

Textura.

El Texture analyzer TA XT Plus fue utilizado para determinar el perfil de textura (dureza, elasticidad y masticabilidad) de cada muestra. Para esto, se utilizaron las muestras cocinadas un día antes y almacenadas a 4 °C, por lo cual las muestras se colocaron a

temperatura ambiente por 60 minutos antes de realizar el análisis de textura. El equipo fue calibrado en fuerza 2000 g y altura 40 mm previo a la evaluación para evitar variaciones en los resultados.

Análisis estadísticos.

Todos los experimentos se evaluaron en diferentes días. Los conteos microbiológicos se transformaron a Log UFC. Se realizó un análisis de varianza y una separación de medias Tukey utilizando el Sistema de Análisis Estadístico (SAS 9.4) con un nivel de significancia $p < 0.05$

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Mesófilos aerobios.

Los resultados del recuento de bacterias mesófilas aerobias (Log UFC/g de carne) no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos y tampoco entre los días. Esto indica que la adición de cualquier tipo de almidón de maíz (nativo y modificado) y en concentración de 1 y 2% no afecta positivamente (reduciendo el crecimiento) ni negativamente (incrementando el crecimiento) la población de mesófilos aerobios (Cuadro 2). Sin embargo, se desconoce si es el mismo comportamiento para otros microorganismos.

Todos los tratamientos presentaron la misma tendencia de aumento de la población de microorganismos mesófilos aerobios durante los días de evaluación.

Cuadro 2. Recuento de bacterias mesófilas aerobias (Log UFC/g) en carne molida de pechugas de pollo con condición leñosa y almacenada durante 9 días¹.

Tratamiento ²	Días de evaluación ^{NS}				
	1	3	5	7	9
Control	2.61 ± 0.35	3.14 ± 0.34	4.22 ± 0.76	5.65 ± 0.68	6.82 ± 0.94
1 Mod	2.70 ± 0.16	3.17 ± 0.18	4.26 ± 0.58	5.65 ± 0.55	6.59 ± 0.60
2 Mod	2.54 ± 0.19	3.14 ± 0.44	4.58 ± 0.41	6.01 ± 0.78	6.68 ± 0.43
1 Nat	2.47 ± 0.16	3.09 ± 0.35	4.70 ± 0.80	5.95 ± 0.69	6.87 ± 0.43
2 Nat	2.48 ± 0.12	3.21 ± 0.51	4.52 ± 0.81	5.61 ± 0.99	6.52 ± 0.60
CV(%)	7.61	9.93	12.39	8.31	8.61

¹ Los resultados expresan el promedio ± la desviación estándar de las cinco repeticiones por día de los 3 ensayos independientes.

² Control: Carne molida sin adición de ningún tipo de almidón; 1 Mod: Carne molida con 1% de almidón de maíz modificado; 2 Mod: Carne molida con 2% de almidón de maíz modificado; 1 Nat: Carne molida con 1% de almidón de maíz nativo; 2 Nat: Carne molida con 2% de almidón de maíz nativo.

^{NS} No hay diferencias significativas (P>0.05)

El recuento de microorganismos mesófilos aerobios incluye a todas las bacterias, hongos y levaduras que en aerobiosis muestran capacidad para formar colonias visibles, a temperatura de 30 °C. La mayoría de los alimentos industrializados y/o listos para el consumo (excepto, por ejemplo, los productos fermentados) deben ser considerados como inaceptables cuando presentan un recuento elevado, aun cuando estos microorganismos no

sean conocidos como patógenos y no hayan alterado de forma apreciable los caracteres organolépticos del alimento. Este recuento es utilizado como indicador de la vida útil del producto (Luque *et al.* 2012).

La calidad de los productos cárnicos se considera inaceptable cuando la población de mesófilos aerobios se encuentra en un valor mayor o igual a 10^6 UFC/g (Pérez 2015). Por lo cual, aunque de los tratamientos evaluados únicamente el de 2% de almidón modificado alcanzó esa condición en el día 7, los valores de los demás tratamientos se encuentran relativamente cerca, lo que permite decir que la carne molida con condición leñosa y adición de almidón bajo las condiciones evaluadas pierde su calidad higiénica y sanitaria a partir del día 7.

No existió mayor influencia por ningún tipo de almidón (nativo y modificado) ni por ninguna concentración (1 y 2%). Según Durango *et al.* (2011) esto se debe a que los almidones no tienen propiedades antimicrobianas, y aunque con la reducción de agua podrían regular el crecimiento de la población, su efecto no tiene una alta relevancia.

Pérdida por cocción.

Los resultados de pérdida por cocción (gramos) presentaron diferencias significativas en todos los días de evaluación. El tratamiento con 2% de almidón nativo presentó los menores valores de pérdida en todos los días evaluados, seguido por el tratamiento con 2% de almidón modificado (cuadro 3).

La pérdida de cocción presentó la misma tendencia para todos los tratamientos, los valores disminuyen del día 1 al 5, pero vuelven a incrementarse a partir del día 7 hasta el último día de evaluación.

La pérdida por cocción está íntimamente ligada al resto de variables evaluadas, como la textura y el color, por lo que las pérdidas de humedad durante la cocción de los alimentos, afecta negativamente el resto de características de la matriz. Esta variable en esta investigación también está influenciada por el efecto del almidón añadido, es decir, cuánto mejora la capacidad de la matriz para no perder peso durante la cocción al tener almidón.

Aunque los valores de pérdida por cocción fueron menores para el tratamiento con 2% de almidón nativo (cuadro 3) los valores del perfil de textura (dureza, elasticidad, masticabilidad) y color (L, a y b) (Cuadro 5) son mejores para el tratamiento con 2% de almidón modificado, lo cual se debe a que el almidón nativo durante su proceso de gelatinización logra una mayor absorción pero su capacidad de gelificar es baja y la de retrogradarse es alta, por lo cual aunque la matriz con este almidón tiene menores valores de pérdida no tiene las mejores características. Lo contrario sucede con el almidón modificado, su capacidad para gelificar es alta y para retrogradarse es baja, lo que lo hace más útil al mejorar el resto de características de la matriz (Petracci y Bianchi 2012).

Cuadro 3. Valores de pérdida por cocción (%) en carne molida de pechugas de pollo con condición leñosa almacenadas durante nueve días¹.

Tratamiento ²	Días de evaluación				
	1	3	5	7	9
Control	8.33 ± 0.8 ^{ba}	9.01 ± 1.0 ^{cAB}	8.52 ± 1.6 ^{cA}	9.87 ± 0.6 ^{dB}	8.84 ± 1.0 ^{ba}
1 Mod	7.72 ± 0.4 ^{abA}	8.55 ± 0.5 ^{cBC}	7.86 ± 1.7 ^{cAB}	9.22 ± 0.5 ^{cC}	8.82 ± 0.4 ^{bBC}
2 Mod	7.72 ± 0.6 ^{abAB}	7.61 ± 0.6 ^{bAB}	7.14 ± 1.9 ^{ba}	8.18 ± 0.5 ^{bB}	8.28 ± 0.8 ^{abB}
1 Nat	7.75 ± 0.8 ^{abB}	7.47 ± 0.3 ^{bAB}	6.71 ± 1.4 ^{ba}	8.19 ± 0.5 ^{ba}	7.68 ± 0.7 ^{aB}
2 Nat	7.10 ± 1.3 ^{aBC}	6.68 ± 0.7 ^{aB}	5.86 ± 1.2 ^{aA}	7.32 ± 0.3 ^{aBC}	7.65 ± 0.8 ^{aC}
CV (%)	9.33	6.34	8.48	5.93	8.4

¹ Los resultados expresan el promedio ± la desviación estándar de las cinco repeticiones por día de los tres ensayos independientes.

² Control: Carne molida sin adición de ningún tipo de almidón; 1 Mod: Carne molida con 1% de almidón de maíz modificado; 2 Mod: Carne molida con 2% de almidón de maíz modificado; 1 Nat: Carne molida con 1% de almidón de maíz nativo; 2 Nat: Carne molida con 2% de almidón de maíz nativo.

^{a-c} Las medias con diferentes letras minúsculas en la misma columna muestran diferencias significativas entre los tratamientos en los diferentes días (P<0.05).

^{A-C} Las medias con diferentes letras mayúsculas en la misma fila, muestran diferencias significativas en el tiempo (P<0.05).

La carne de pechuga de pollo con condición leñosa tiene una tasa alta de pérdida de humedad por cocción lo que reduce su calidad, por lo cual es necesario evaluar diferentes hidratos de carbono a diferentes concentraciones que ayuden a reducir este problema. El almidón de maíz nativo tiene una mayor proporción de amilosa que de amilopectina y la amilosa es la responsable de dar firmeza a la matriz a la que se añade el almidón, sin embargo, es esta también la más susceptible a la retrogradación (Álvarez 2012). El almidón de maíz modificado muestra mejor claridad de pastas, mejor estabilidad, incrementada resistencia a retrogradación e incrementa la estabilidad al ciclo congelamiento-descongelamiento (Petracci y Bianchi 2012). Esto sustenta lo dicho anteriormente del porque, aunque el tratamiento con 2% de almidón nativo presentó menores pérdidas por cocción las características de la matriz fueron mejores para el tratamiento con 2% de almidón modificado.

Estos resultados concuerdan parcialmente con los presentados por Zhang y Barbut (2005) en los que se logró una reducción del 5% de la pérdida por cocción en carne de pollo PSE (pálida, suave y exudativa), normal y DFD (dura, firme y seca) con la adición de almidones y también con los resultados presentados por Mbougoung *et al.* (2015) donde se adicionó almidón a tortas de carne para reducir la pérdida de peso por cocción. Sin embargo, para ambos casos la adición de almidón modificado presentó mejores resultados. Por otro lado, es importante mencionar que la identificación de pechugas leñosas es un proceso de palpación por personas entrenadas, no hay parámetros específicos (cantidad de colágeno, conductividad eléctrica, dureza) que permita separarlas en su estado crudo, tampoco se definió el contenido de humedad de los filetes antes de iniciar la evaluación, por lo tanto, estos factores pudieron presentar influencia en los resultados.

Perfil de textura.

Dureza. Los resultados de dureza (Newton) no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos los días 1 y 3, pero sí se mostraron diferencias significativas en los días 5, 7 y 9. El tratamiento con 2% de almidón modificado presentó una reducción en la dureza comparado con el control a partir del día 5, tendencia que se mantuvo en los días 7 y 9, lo cual indica que el tiempo afectó la interacción entre el almidón y la carne (cuadro 4).

La dureza se definió como la fuerza pico durante el primer ciclo de compresión, y se interpreta como la fuerza necesaria para lograr una deformación determinada. Este es uno de los parámetros más influyentes en la aceptabilidad general de los productos cárnicos (Torres 2014).

De acuerdo a Kuttapan *et al.* (2017), las pechugas leñosas son característicamente más duras, para el autor esto se debe a la mejora genética que ha tenido como objetivo aves de mayor peso en el menor tiempo posible, lo cual ha causado que la tasa de crecimiento de los músculos (número de fibras, tipo y diámetro de estas) sea mayor que la tasa de crecimiento fisiológicamente sostenible, aunado al elevado contenido de colágeno que también caracteriza este tipo de pechugas (Stickland 1995; Barbut *et al.* 2008). Esta condición de dureza no cambia aun cuando la carne sea molida porque el cambio en el número y tipo de fibras de la matriz y el aumento del contenido de colágeno van a reducir su capacidad de retener agua cuando la carne se cocine y por lo cual la dureza siempre será mayor a lo normal.

Estudios realizados con White Leghorns sugieren que el aumento del crecimiento y la masa muscular en las líneas modernas de crecimiento rápido podrían estar ampliamente regulados por un catabolismo proteico reducido (falta de cistatinas y calpastatina) lo que ha llevado a una reducción en el ablandamiento de la carne (Dransfield y Sosnicki 1999).

Sin embargo, el uso de almidón para mejorar las propiedades de textura es ampliamente conocido, por sus propiedades espesantes y gelificantes (Pietrasik *et al.* 2012). El tratamiento de almidón de maíz modificado al 2% logró reducir la dureza de la carne de pechugas leñosas lo cual se debe a que la modificación permite al almidón mantener su apariencia y textura deseables a pesar de las tensiones durante el procesamiento de alimentos y su distribución, lo que permite expandir su rango de utilidad en alimentos (Bemiller y Whistler 2009). Estas ventajas son perceptibles a partir del día 5 lo cual es resultado de que la retrogradación del almidón modificado es más tardada, por lo cual el endurecimiento de la matriz que lo contiene tarda más tiempo (Seo *et al.* 2015). Esto comparado con el almidón nativo y la carne de pechuga leñosa sin ningún aditivo. Estos resultados concuerdan con los presentados por Anil *et al.* (2017), en los cuales el almidón modificado se utilizó como aglutinantes para mantener la jugosidad y la ternura en los productos cárnicos obteniendo reducción en la dureza de la carne.

Es importante que la reducción significativa de la dureza de la carne se logró con una concentración de 2% de almidón modificado mientras que con 1% no se tienen las mismas ventajas.

Elasticidad. La elasticidad es definida como la capacidad que tiene una muestra deformada para recuperar su forma o longitud inicial después de que la fuerza ha impactado en ella (Torres 2014). Los resultados de elasticidad (adimensional) presentaron diferencias significativas en todos los días de evaluación, en los días 1 y 3 los tratamientos con 1 y 2% de almidón modificado junto con el tratamiento con 2% de almidón nativo presentaron los menores valores, mientras que a partir del día 5 hasta el último día de evaluación el tratamiento con 2% de almidón modificado presentó los menores valores lo cual se debe a la relación que existe entre esta variable y la dureza, ya que ambas variables presentaron comportamientos similares (cuadro 4).

De acuerdo a Hleap y Velasco (2010) mientras más alto sea el valor de la dureza más alta será la capacidad del alimento de regresar a su forma original por lo cual llevará más trabajo la trituración de la matriz. Mudalal *et al.* (2015) indica que las pechugas leñosas de pollo tienen una mayor elasticidad debido al alto contenido de colágeno causado por la miodegeneración del musculo. Los resultados mostrados en el cuadro 4 concuerdan con los presentados por Aguirre (2016) donde los valores de elasticidad para pechugas con condición leñosa disminuyen y/o aumentan en función de la dureza que presente la carne.

Sin embargo, la adición de almidón modificado al 2% logra una reducción de la elasticidad porque también provocó una disminución en la dureza de la carne, lo cual es muy similar a lo presentado por Anil *et al.* (2017), investigación en la que la adición de almidón modificado mejora la jugosidad y la ternura de la carne por la mayor capacidad de gelificación que este compuesto tiene, es decir al ligar mayor contenido de agua, menor será la capacidad del alimento de regresar a su condición original y por lo tanto el posterior triturado no requerirá un mayor esfuerzo.

Masticabilidad. Los resultados de masticabilidad (fuerza de corte, medida en Newtons) mostrados en el Cuadro 4, presentaron diferencias significativas para todos los días evaluados. Los tratamientos con 1 y 2% de almidón modificado lograron una mayor reducción en el día 1, mientras que en los días 3, 5 y 7 los tratamientos con 2% de almidón nativo y modificado presentaron los valores más bajos, finalmente en el día únicamente el tratamiento con 2% de almidón modificado presentó los mejores valores (cuadro 4).

La masticabilidad se define como la fuerza necesaria para masticar un alimento sólido hasta un estado tal que permita su ingesta (Torres 2014). Esta variable está íntimamente asociada con el contenido de agua, la dureza y la elasticidad. Según Mbougoung *et al.* (2015), a niveles más altos de agua, las proteínas musculares interactúan con el agua en lugar de formar puentes cruzados que aumentarían la dureza de la carne, lo que tendría como resultado menores valores de dureza, elasticidad y masticabilidad. De acuerdo a Lee *et al.*

(2014), la carne de pechuga de pollo con condición leñosa blanca tiene propiedades tecnológicas inferiores, como la retención de agua reducida, la capacidad de unión y la textura (dureza, elasticidad, cohesividad, masticabilidad, fracturabilidad).

Aleson-Carbonell *et al.* (2005) sugirieron que las propiedades de textura de un producto cárnico están determinadas por la capacidad de su matriz proteica para retener agua y unir grasa. En la industria de la carne procesada, los almidones cumplen esta función, se utilizan por sus características de espesamiento, gelificación, retención de agua y mejora de la textura (Petracci y Bianchi 2012). Por lo cual, todos los almidones tuvieron un efecto positivo, sin embargo, el tratamiento con 2% de almidón modificado tiene mayor capacidad de retener agua lo que reduce la dureza de la carne, la elasticidad y por ende la fuerza necesaria para masticar un alimento hasta un estado que permita su ingesta. Estos resultados concuerdan con los presentados por Anil *et al.* (2017) en los que la adición de almidón modificado mejoró el perfil de las emulsiones de carne reduciendo los valores de masticabilidad.

Cuadro 4. Valores de dureza (N), elasticidad (adimensional) y masticabilidad (N) en carne molida de pechugas de pollo con condición leñosa cocinada y almacenada durante nueve días¹.

Indicador	Tratamiento ²	Días de evaluación				
		1	3	5	7	9
Dureza	Control	3474.93 ± 906 ^{aA}	3702.08 ± 616 ^{aAB}	3488.35 ± 790 ^{bA}	4376.35 ± 1065 ^{bB}	4059.60 ± 804 ^{bAB}
	1 Mod	2953.94 ± 395 ^{aA}	3322.69 ± 423 ^{aAB}	2989.18 ± 571 ^{abA}	3875.64 ± 634 ^{abB}	3821.39 ± 804 ^{abB}
	2 Mod	3083.25 ± 223 ^{aAB}	2921.04 ± 996 ^{aAB}	2783.38 ± 413 ^{aA}	3347.62 ± 639 ^{aB}	3380.51 ± 819 ^{aB}
	1 Nat	3524.65 ± 703 ^{aAB}	3635.41 ± 327 ^{aAB}	3203.85 ± 709 ^{abA}	4153.09 ± 539 ^{bB}	4078.29 ± 367 ^{bB}
	2 Nat	3544.60 ± 501 ^{aBC}	3294.88 ± 437 ^{aAB}	3022.91 ± 442 ^{abA}	3523.24 ± 559 ^{aAB}	3839.39 ± 327 ^{abB}
	CV (%)		17.87	12.96	13.25	11.68
Elasticidad	Control	77.99 ± 2.19 ^{bAB}	75.53 ± 3.52 ^{bA}	75.71 ± 2.83 ^{bA}	79.04 ± 2.22 ^{cB}	79.75 ± 3.09 ^{bB}
	1 Mod	72.40 ± 5.05 ^{aA}	71.33 ± 8.58 ^{aA}	74.78 ± 3.10 ^{bAB}	74.88 ± 2.79 ^{abAB}	78.52 ± 3.14 ^{abB}
	2 Mod	72.02 ± 4.62 ^{aA}	72.64 ± 1.48 ^{aA}	71.77 ± 1.79 ^{aA}	73.28 ± 4.30 ^{aA}	77.50 ± 3.06 ^{aB}
	1 Nat	77.26 ± 2.20 ^{bCD}	75.02 ± 1.83 ^{bAB}	74.06 ± 2.01 ^{abA}	76.88 ± 1.55 ^{bcBC}	78.97 ± 1.36 ^{abD}
	2 Nat	72.56 ± 2.58 ^{aAB}	71.47 ± 2.93 ^{aA}	73.51 ± 2.05 ^{abAB}	74.47 ± 1.84 ^{abB}	78.61 ± 2.43 ^{abC}
	CV (%)		4.93	6.49	4.16	2.23
Masticabilidad	Control	1412.41 ± 454 ^{bAB}	1384.77 ± 313 ^{bAB}	1304.83 ± 366 ^{bA}	1781.89 ± 549 ^{bB}	1752.10 ± 489 ^{bB}
	1 Mod	999.77 ± 237 ^{aA}	1172.87 ± 226 ^{abAB}	1077.62 ± 262 ^{abAB}	1352.60 ± 322 ^{abBC}	1502.56 ± 446 ^{abC}
	2 Mod	993.80 ± 145 ^{aAB}	1043.00 ± 194 ^{aAB}	904.69 ± 164 ^{aA}	1087.42 ± 275 ^{aB}	1297.88 ± 380 ^{aD}
	1 Nat	1358.79 ± 333 ^{cBC}	1291.15 ± 134 ^{bAB}	1087.71 ± 257 ^{abA}	1565.12 ± 184 ^{abCD}	1664.51 ± 204 ^{bD}
	2 Nat	1157.91 ± 219 ^{abB}	1040.94 ± 140 ^{aAB}	996.49 ± 182 ^{aA}	1204.90 ± 187 ^{aB}	1521.31 ± 185 ^{abC}
	CV (%)		23.39	17	16.78	16.54

¹ Los resultados expresan el promedio ± la desviación estándar de las cinco repeticiones por día de los tres ensayos independientes.

² Control: Carne molida sin almidón; 1 Mod: Carne molida con 1% almidón de maíz modificado; 2 Mod: Carne molida con 2% almidón de maíz modificado; 1 Nat: Carne molida con 1% almidón de maíz nativo; 2 Nat: Carne molida con 2% almidón de maíz nativo.

^{a-c} Las medias con diferente letra minúscula en la misma columna, muestran diferencias significativas entre los tratamientos (P<0.05).

^{A-C} Las medias con diferentes letras mayúsculas en la misma fila, muestran diferencias significativas en el tiempo (P<0.05).

Color.

Los resultados de L presentan diferencias estadísticas en todos los días de evaluación. En los días uno, tres, siete y nueve el tratamiento con 2% de almidón modificado presentó los valores más altos, mientras que en el día 5 todos los tratamientos distintos al control presentaron el mismo comportamiento (cuadro 5).

Para todos los tratamientos fue la misma tendencia, el valor de L incrementa del día 1 al día 3 siendo este donde se alcanzaron los valores más altos, a partir del día 5 los valores inician a decrecer obteniendo los valores más bajos en el día 9 (cuadro 5).

Los valores de L son interpretados como el grado de aclaramiento u oscurecimiento del producto (Totosaus 2009), por lo cual, por los resultados obtenidos la adición del almidón modificado incrementa el aclaramiento de la carne, aunque a partir del día 5 los valores disminuyen indicando un oscurecimiento de esta; los valores L de las matrices con 2% de modificado siguen siendo mayores. Estos resultados concuerdan con los presentados por Prestes *et al.* (2015) quienes evaluaron el efecto del almidón de maíz en mortadela baja en grasa obteniendo mayores valores de L, y los presentados por Mbougoung *et al.* (2015) quienes evaluaron el efecto del almidón de maíz en empanadas de carne, confirmando que la adición de almidón de maíz mejora el brillo de la matriz.

Los resultados de color, en la escala b, presentan diferencias significativas para todos los días de evaluación. En el día 1 el tratamiento con 2% de almidón nativo presentó los mayores valores, mientras que para el resto de días cualquier tratamiento diferente al control presentó mayores valores significativos (cuadro 5).

La misma tendencia se muestra para todos los tratamientos, el valor de b* aumenta del día 1 al día 3, pero disminuye a partir del día 5 hasta el último de evaluación (cuadro 5). El valor de b* entre más alto sea la matriz presentará un color más amarillo mientras que entre más bajo sea se presentará un color azul (Aguirre 2016).

Cuadro 5. Valores de color en unidades L, a, b en carne molida de pechugas de pollo con condición leñosa almacenadas durante nueve días¹.

Color	Trt ²	Días de evaluación				
		1	3	5	7	9
L	Control	63.24 ± 2.48 ^c	63.89 ± 3.12 ^c	62.18 ± 2.25 ^b	59.82 ± 2.89 ^c	61.32 ± 1.83 ^b
	1 Mod	64.60 ± 1.62 ^{ab}	66.93 ± 4.29 ^{ab}	65.74 ± 3.22 ^a	64.15 ± 2.49 ^{ab}	62.31 ± 1.85 ^b
	2 Mod	65.99 ± 2.45 ^a	68.18 ± 3.79 ^a	67.61 ± 2.31 ^a	64.80 ± 2.95 ^a	64.80 ± 1.51 ^a
	1 Nat	63.97 ± 2.12 ^{bc}	65.84 ± 2.88 ^{bc}	66.59 ± 2.58 ^a	62.40 ± 2.11 ^b	62.25 ± 1.61 ^b
	2 Nat	65.55 ± 1.54 ^{ab}	67.75 ± 2.71 ^{ab}	66.84 ± 3.78 ^a	64.45 ± 1.61 ^{ab}	64.30 ± 1.34 ^{ab}
	CV(%)	2.64	2.90	3.16	2.91	2.42
a	Control	2.84 ± 0.96 ^a	2.37±0.65 ^b	2.07±0.53 ^b	2.85 ± 1.04 ^b	2.98 ± 1.18 ^b
	1 Mod	2.82 ± 0.45 ^a	2.69±0.94 ^{ab}	2.20±0.33 ^b	3.14 ± 0.71 ^a	3.20 ± 0.49 ^{ab}
	2 Mod	2.85 ± 0.61 ^a	2.65±0.49 ^{ab}	2.77±0.46 ^a	3.27 ± 0.40 ^a	3.50 ± 0.38 ^a
	1 Nat	2.80 ± 0.31 ^a	2.87±0.58 ^{ab}	2.86±0.53 ^a	3.31 ± 0.48 ^a	3.68 ± 0.76 ^a
	2 Nat	3.21 ± 0.55 ^a	3.11±0.44 ^a	3.01±0.79 ^a	3.28 ± 0.70 ^a	3.80 ± 0.95 ^a
	CV(%)	13.11	16.03	16.65	17.18	16.06
b	Control	13.26 ± 1.07 ^c	13.33±1.41 ^b	12.98±0.95 ^b	12.75 ± 1.53 ^b	12.43 ± 3.42 ^b
	1 Mod	13.81 ± 0.63 ^{bc}	14.88±1.36 ^a	14.49±1.32 ^{ab}	14.91 ± 1.30 ^a	13.46 ± 1.61 ^{ab}
	2 Mod	14.50 ± 0.65 ^{ab}	15.51±1.07 ^a	15.47±1.66 ^a	14.92 ± 1.31 ^a	14.25 ± 1.01 ^{ab}
	1 Nat	14.31 ± 0.85 ^b	15.64±1.07 ^a	15.90±0.94 ^a	14.61 ± 1.12 ^a	14.14 ± 0.83 ^{ab}
	2 Nat	15.26 ± 0.87 ^a	16.17±1.37 ^a	15.70±1.82 ^a	15.24 ± 1.04 ^a	15.14 ± 0.95 ^a
	CV(%)	5.70	8.43	9.22	7.46	8.10

¹ Los resultados expresan el promedio ± la desviación estándar de las cinco repeticiones por día de los tres ensayos independientes.

² Control: Carne molida sin adición de ningún tipo de almidón; 1 Mod: Carne molida con 1% de almidón de maíz modificado; 2 Mod: Carne molida con 2% de almidón de maíz modificado; 1 Nat: Carne molida con 1% de almidón de maíz nativo; 2 Nat: Carne molida con 2% de almidón de maíz nativo.

^{a-c} Las medias con diferentes letras minúsculas muestran diferencias significativas entre los tratamientos en los diferentes días (P<0.05).

Los resultados de a* no presentaron diferencias significativas en el día 1, pero sí en el resto de días de evaluación. En el día 3 el tratamiento con 2% de almidón nativo presentó los valores más altos mientras que a partir del día 5 hasta el día 9 los tratamientos con 1 y 2% de almidón nativo y 2% de almidón modificado presentaron los mayores valores (Cuadro 6). Para todos los tratamientos se tiene la misma tendencia, el valor de a* disminuye del día 1 al día 5, aumentado los valores en los últimos dos días de evaluación (Cuadro 6).

Entre más alto es el valor de a* más rojo es el color de la matriz, mientras que entre más bajo sea este más verde (Aguirre 2016). De acuerdo a Zhang *et al.* (2010) la disminución en valores de a* se debe a la desnaturalización de la mioglobina proteína responsable de la coloración de los músculos, como también a la vida de anaquel del producto cárnico. La mioglobina está altamente asociada a las moléculas de agua, por lo cual esta proteína se pierde conjuntamente con las pérdidas de agua (Petracci *et al.* 2004).

Los valores de humedad presentados en el Cuadro 6 muestran la misma tendencia de disminución y aumento en los mismos días presentados por el valor a* por lo cual el cambio

en la coloración rojiza está ligada al contenido de agua, siendo los tratamientos con 2% de almidón nativo y modificado los que muestran mejor coloración rojiza por el contenido de humedad.

Composición proximal.

Los resultados de la composición proximal (grasa, humedad y proteína) de las matrices de los diferentes tratamientos se presentan en el cuadro 6, donde se puede observar los cambios entre los diferentes días.

En las tres variables evaluadas el tratamiento control presentó el mejor comportamiento porque, presentó el mayor contenido de grasa, de humedad y proteína. Esto no significa que con la adición de almidón ya sea nativo o modificado la composición de la carne se ve afectada negativamente, que proporcionalmente el contenido de los otros macronutrientes se ve reducido por la adición de un nuevo ingrediente a la mezcla, y es en lo cual radica la diferencia significativa. La concentración de almidón también afecta la proporción de los macronutrientes, por lo tanto, las matrices con 1 y 2% tenderán a contener diferente contenido de grasa, proteína y humedad, y es por ello que los tratamientos con 2% de almidón nativo y modificado presentaron los menores resultados en la composición proximal de la muestra.

La comparación debe realizarse entre matrices que hayan sido sometidas a la misma concentración de almidón para que la proporción de macronutrientes, sea representativa al momento de evaluar las diferencias estadísticas. De esta forma, con los resultados presentados en el cuadro 6 para grasa no hay diferencias entre tratamientos en ninguna de las dos concentraciones. En el caso de humedad en la concentración de almidón de 1% no hay diferencias relevantes entre el almidón nativo y modificado, mientras que a una concentración del 2% el almidón modificado presentó mejores resultados en todos los días de evaluación, mostrando mayor contenido de humedad en la matriz. Finalmente, en cuanto al contenido de proteína en ambas concentraciones de almidón nativo (1 y 2%) se obtuvieron mejores resultados.

Cuadro 6. Porcentaje de grasa, humedad y proteína en carne molida de pechugas de pollo con condición leñosa cocinada y almacenada durante nueve días¹.

Indicador	Tratamiento ²	Días de evaluación				
		1	3	5	7	9
Grasa	Control	3.20 ± 0.16 ^{a,AB}	3.15 ± 0.14 ^{b,B}	3.17 ± 0.17 ^{a,B}	3.22 ± 0.15 ^{ab,AB}	3.29 ± 0.23 ^{a,A}
	1 Mod	3.04 ± 0.17 ^{a,A}	3.05 ± 0.10 ^{a,A}	3.06 ± 0.11 ^{a,A}	3.02 ± 0.13 ^{c,A}	3.07 ± 0.11 ^{bc,A}
	2 Mod	3.06 ± 0.26 ^{a,A}	3.11 ± 0.21 ^{a,A}	3.09 ± 0.24 ^{a,A}	3.07 ± 0.21 ^{bc,A}	3.10 ± 0.20 ^{ab,A}
	1 Nat	3.06 ± 0.08 ^{a,AB}	3.02 ± 0.18 ^{a,AB}	3.04 ± 0.16 ^{a,AB}	3.10 ± 0.12 ^{bc,A}	2.97 ± 0.06 ^{c,B}
	2 Nat	3.15 ± 0.07 ^{a,AB}	3.13 ± 0.11 ^{a,B}	3.20 ± 0.16 ^{a,AB}	3.30 ± 0.08 ^{a,A}	3.22 ± 0.18 ^{ab,AB}
	CV ³ (%)		5.05	4.59	4.95	4.51
Humedad	Control	75.90 ± 0.49 ^{a,A}	76.09 ± 0.58 ^{a,A}	75.99 ± 0.61 ^{a,A}	75.90 ± 0.41 ^{a,A}	75.66 ± 0.58 ^{ab,B}
	1 Mod	75.80 ± 0.40 ^{a,A}	75.74 ± 0.46 ^{b,AB}	75.78 ± 0.32 ^{ab,AB}	75.70 ± 0.43 ^{ab,AB}	75.56 ± 0.27 ^{ab,B}
	2 Mod	75.85 ± 0.62 ^{a,A}	75.67 ± 0.58 ^{b,AB}	75.73 ± 0.65 ^{ab,AB}	75.52 ± 0.53 ^{b,B}	75.86 ± 0.46 ^{a,A}
	1 Nat	75.59 ± 0.25 ^{ab,A}	75.56 ± 0.29 ^{bc,A}	75.47 ± 0.17 ^{bc,A}	75.50 ± 0.30 ^{bc,A}	75.48 ± 0.35 ^{ab,A}
	2 Nat	75.38 ± 0.36 ^{b,A}	75.35 ± 0.36 ^{c,A}	75.18 ± 0.27 ^{c,A}	75.20 ± 0.24 ^{c,A}	75.24 ± 0.47 ^{b,A}
	CV(%)		0.50	0.44	0.50	0.48%
Proteína	Control	19.75 ± 0.65 ^{a,A}	19.55 ± 0.69 ^{ab,C}	19.58 ± 0.59 ^{ab,BC}	19.69 ± 0.68 ^{ab,AB}	19.63 ± 0.58 ^{b,BC}
	1 Mod	19.63 ± 0.28 ^{ab,A}	19.58 ± 0.31 ^{ab,A}	19.52 ± 0.24 ^{b,A}	19.61 ± 0.36 ^{ab,A}	19.60 ± 0.30 ^{b,A}
	2 Mod	19.10 ± 0.50 ^{c,A}	19.14 ± 0.50 ^{c,A}	18.98 ± 0.45 ^{c,B}	19.12 ± 0.48 ^{c,A}	19.11 ± 0.45 ^{c,A}
	1 Nat	19.84 ± 0.26 ^{a,A}	19.81 ± 0.22 ^{a,A}	19.85 ± 0.18 ^{a,A}	19.88 ± 0.31 ^{a,A}	19.92 ± 0.32 ^{a,A}
	2 Nat	19.50 ± 0.32 ^{b,AB}	19.44 ± 0.30 ^{bc,B}	19.55 ± 0.29 ^{b,AB}	19.54 ± 0.39 ^{b,AB}	19.59 ± 0.39 ^{b,A}
	CV(%)		1.37	1.52	1.31	1.30

¹ los resultados expresan el ± la desviación estándar de las cinco repeticiones por día de los tres ensayos independientes.

² control: carne molida sin adición de ningún tipo de almidón; 1 mod: carne molida con 1% de almidón de maíz modificado; 2 mod: carne molida con 2% de almidón de maíz modificado; 1 nat: carne molida con 1% de almidón de maíz nativo; 2 nat: carne molida con 2% de almidón de maíz nativo.

^{A-c} las medias con diferentes letras minúsculas muestran diferencias significativas entre los tratamientos en los diferentes días (p<0.05).

^{A-C} las medias con diferentes letras mayúsculas en la misma fila, muestran diferencias significativas en el tiempo (p<0.05).

³Coeficientes de variación

4. CONCLUSIONES

- La adición de almidón de maíz nativo y modificado a 1 y 2% no provoca cambios microbiológicos significativos en las matrices de carne de pollo con condición leñosa, manteniendo la calidad microbiológica aceptable hasta el día 7, donde alcanzó el límite de mesófilos aerobios aceptado para productos cárnicos.
- El uso de almidón modificado al 2% mejora significativamente el perfil de textura de la carne con condición leñosa, reduciendo la fuerza necesaria para lograr deformación, la capacidad de regresar a la forma original y la fuerza de masticación.
- Las características físicas de color y pérdida por cocción se mejoraron con la adición de almidón modificado y nativo al 2% logrando mayor color rojizo, brillo y reduciendo la pérdida de humedad por cocción.

5. RECOMENDACIONES

- Evaluar el efecto de otro tipo de almidones en las propiedades funcionales de carne con condición leñosa y compararlos entre sí para determinar con cual se obtienen mejores resultados.
- Utilizar diferentes concentraciones de almidón para determinar si los efectos positivos de estos hidratos de carbono son directamente proporcionales a la concentración de los mismos.
- Realizar análisis sensoriales para determinar si la adición de los almidones no afecta en la aceptación de los consumidores.
- Hacer un análisis financiero para determinar si la adición de almidón se justifica económicamente.

6. LITERATURA CITADA

Aguirre M. 2016. Descriptive sensory and texture profile analysis of woody breast in marinated chicken [Tesis]. Texas A&M University–United States. 93 p.

Akoy E. 2014. Effect of drying temperature on some quality attributes of mangos lices. *International Journal of Innovation and Scientific research*. 4(2):91–99.

Alcázar-Alay S, Meireles M. 2015. Physicochemical properties, modifications and applications of starches from different botanical sources. *Food Sci. Technol (Campinas)*. 35(2):215–236. doi:10.1590/1678-457X.6749.

Aleson-Carbonell, L, Fernandez J, Perez J, Kuri V. 2005. Characteristics of beef burger as influenced by various types of lemon albedo. *Innov Food Sci Emerg*. 6(1):247-255.

Álvarez Y. 2012. Evaluación de las propiedades fisicoquímicas y funcionales de almidones de fuentes no tradicionales [Tesis]. Universidad de la Habana–Cuba. 74p.

Anil M, Gençcelep H, Saricaoğlu F, Açar B. 2017. The effects of different modified starches on some physical and texture properties of meat emulsion. *GIDA*. 4(1):773–786. DOI: 10.15237/gida.GD17038.

Barbut S, Sosnicki A, Lonergan S, Knapp T, Ciobanu D, Gatcliffe L. 2008. Progress in reducing the pale, soft and exudative (PSE) problem in pork and poultry meat. *Meat science* 79(1):46–63. DOI: 10.1016/j.meatsci.2007.07.031.

Barbut S, Sosnicki A, Lonergan S, Knapp T, Ciobanu D, Gatcliffe L. 2008. Progress in reducing the pale, soft and exudative (PSE) problem in pork and poultry meat. *Meat science* 79(1):46–63. DOI: 10.1016/j.meatsci.2007.07.031.

Bemiller J, Whistler R. 2009. *Starch: Chemistry and Technology*. 3rd edition. United States. AcademicPress. Elsevier.

Cai K, Shao W, Chen X, Campbell Y, Nair M, Suman S. 2018. Meat quality traits and proteome profile of woody broiler breast (pectoralis major) meat. *Poultry Science* 97(1):337–346. doi:10.3382/ps/pex284

Crews J. 2016. Sanderson addresses woody breast challenges [Internet]. United States:USPoultry; [Consultado 2018 feb 21]. http://www.meatpoultry.com/articles/news_home/Business/2016/08/Sanderson_addresseswoody_brea.aspx?ID=%7B215346A4-7ADF

Dransfield E, Sosnicki A. 1999. Relationship between muscle growth and poultry meat quality. *Poultry Science* 78(5):743–746. doi:10.1093/ps/78.5.743

Durango M, Soares N, Arteaga R. 2011. Filmes y revestimientos como empaques activos y biodegradables en la conservación de alimentos. *Biotechnología en el sector agropecuario y agroindustrial*. 9(1):112–118.

Hleap T, Velasco V. 2010. Análisis de las propiedades de textura durante el almacenamiento de salchichas elaboradas a partir de tilapia roja (*Oreochromis sp.*). [Tesis]. Universidad Nacional de Colombia–Colombia. 46p.

Khalil S, Meor A, Abbas K. 2010. Modified starches and their usages in selected food products. *Journal of agriculture science*. 2(2):90–100.

Kuttappan V, Lee Y, Erf G, Meullenet J, McKee S, Owens C. 2012. Consumer acceptance of visual appearance of broiler breast meat with varying degrees of white striping. *Poultry science* 91(5):1240–1247. DOI:10.3382/ps.2011-01947.

Kuttappan VA, Owens CM, Coon C, Hargis BM, Vazquez-Añón M. 2017. Incidence of broiler breast myopathies at 2 different ages and its impact on selected raw meat quality parameters. *Poult Sci*. 96(8):3005–3009. eng. doi:10.3382/ps/pex072.

Lee Y, Xiong R, Chang YH, Owens CM, Meullenet J-F. 2014. Effects of Cooking Methods on Textural Properties and Water-Holding Capacity of Broiler Breast Meat Deboned at Various Postmortem Times. *J Texture Stud*. 45(5):377–386. doi:10.1111/jtxs.12088.

Luque I, Molero G, Huerta B, Cardoso F, Montiel M, Tarradas C. 2012. Evaluación de la calidad microbiológica de canales de pollo. *Real academia de ciencias veterinarias de andalucía*. 25:173–189.

Mazzoni M, Petracci M, Meluzzi A, Cavani C, Clavenzani P, Sirri F. 2015. Relationship between pectoralis major muscle histology and quality traits of chicken meat. *Poultry Science*. 94(1):123-130. doi:10.3382/ps/peu043

Mbougueng P, Tenin D, Tchigang C, Scher J. 2015. Effect of starch type on the physicochemical and textural properties of beef patties formulated with local spices. *American Journal of Food Science and Technology* 3(2):33–39. DOI: 10.12691/ajfst-3-2-2.

Mudalal S, Lorenzi M, Soglia F, Cavani C, Petracci M. 2015. Implications of white striping and wooden breast abnormalities on quality traits of raw and marinated chicken meat. *Animal: an international journal of animal bioscience* 9(4):728–734. DOI: 10.1017/S175173111400295X.

Pérez A. 2015. Calidad y seguridad microbiológica de la carne de pollo: con especial referencia a la incidencia de *Salmonella*, *Campylobacter* y *Listeria monocytogenes* en las distintas etapas de la producción y procesado [Tesis]. España: Universidad de la Rioja. 89 p.

Petracci M, Betti M, Bianchi M, Cavani C. 2004. Color variation and characterization of broiler breast meat during processing in Italy. *Poult Sci.* 83(12):2086–2092. eng. doi:10.1093/ps/83.12.2086.

Petracci M, Binachi M, 2012. Functional ingredients for poultry meat products. *Trends in Food Science and Technology* 33(1):27-39. 10.1016/j.tifs.2013.06.004

Petracci M, Cavani C. 2012. Muscle growth and poultry meat quality issues. *Nutrients* 4(1):1–12. DOI:10.3390/nu4010001.

Petracci M, Mudalal S, Bonfiglio A, Cavani C. 2013. Occurrence of white striping under commercial conditions and its impact on breast meat quality in broiler chickens. *Poultry science* 92(6):1670–1675. DOI:10.3382/ps.2012-03001.

Petracci M, Mudalal S, Soglia F, Cavani C. 2015. Meat quality in fast-growing broiler chickens. *Worlds Poult. Sci. J.* 71(02):363–374. doi:10.1017/S0043933915000367.

Pietrasik Z, Pierce D, Janz J. 2012. The Effect of Selected Starches on Hydration, Textural and Sensory Characteristics of Restructured Beef Products. *J Food Qual* 35(6):411–418. DOI: 10.1111/jfq.12000.

Prestes R, Silva L, Torri A, Kubota E, Rosa C, Roman S, Kempka A, Demiate I. 2015. Sensory and physicochemical evaluation of low-fat chicken mortadella with added native and modified starches. *J Food Sci Technol.* 52(7):4360–4368. eng. doi:10.1007/s13197-014-1496-2.

Sihvo H, Immonen K, Puolanne E. 2014. Myodegeneration with fibrosis and regeneration in the pectoralis major muscle of broilers. *Veterinary pathology* 51(3):619–623. DOI: 10.1177/0300985813497488.

Seo H, Kang G, Cho S, Seong P. 2015. Quality properties of sausages made with replacement of pork with corn starch, chicken breast and surimi during refrigerated storage. *Korean J Food Sci An,* 3(5):638-645. doi:10.5851/kosfa.2015.35.5.638

Stickland N. 1995. Microstructural aspects of skeletal muscle growth. Pages 1–9 in: 2nd Dummerdorf Muscle Workshop Muscle Growth and Meat Quality. Rostock, Germany.

Tijare V, Yang F, Kuttappan V, Alvarado C, Coon C, Owens C. 2016. Meat quality of broiler breast fillets with white striping and woody breast muscle myopathies. *Poultry Science* 95(9):2167–2173. doi:10.3382/ps/pew129

Torres J. 2014. Análisis del perfil de textura en frutas, productos cárnicos y quesos. [Tesis] Universidad de Cartagena–Colombia. 16p.

Totosaus A. 2009. The use of Potato Starch in Meat products. *Food Global Science Books*. 3:102–108.

Sweedman MC, Tizzotti MJ, Schäfer C, Gilbert RG. 2013. Structure and physicochemical properties of octenyl succinic anhydride modified starches: A review. *Carbohydr polym*. 92(1):905–920. eng. doi:10.1016/j.carbpol.2012.09.040.

Zhang L, Barbut S. 2005. Effects of regular and modified starches on cooked pale, soft, and exudative, normal and dry, firm, and dark breast meat batters. *Poultry science* 84(5):789–796. DOI: 10.1093/ps/84.5.789.

Zhang S-D, Zhang Y-R, Zhu J, Wang X-L, Yang K-K, Wang Y-Z. 2007. Modified Corn Starches with Improved Comprehensive Properties for Preparing Thermoplastics. *Starch - Stärke*. 59(6):258–268. doi:10.1002/star.200600598.

7. ANEXOS

Anexo 1. Correlación de variables para carne de pollo molida con condición leñosa y 1% de almidón modificado.

	Log	L	a	b	Pérdida por cocción	Dureza	Elasticidad	Masticabilidad
Log	1	-0.35407 0.0069	0.3548 0.0068		0.34554 0.0085	0.5035 <.0001	0.43911 0.0006	0.5244 <.0001
L	-0.35407 0.0069	1		0.6339 <.0001				
A	0.35477 0.0068		1			0.5025 <.0001	0.52394 <.0001	0.55565 <.0001
B		0.63389 <.0001		1				
Pérdida por cocción	0.34554 0.0085				1	0.5601 <.0001		0.46453 0.0003
Dureza	0.5035 <.0001		0.5025 <.0001		0.56008 <.0001	1	0.50896 <.0001	0.94258 <.0001
Elasticidad	0.43911 0.0006		0.5239 <.0001			0.509 <.0001	1	0.68427 <.0001
Masticabilidad	0.5244 <.0001		0.5557 <.0001		0.46453 0.0003	0.9426 <.0001	0.68427 <.0001	1
Grasa						0.3903 0.0027	0.41946 0.0012	0.49645 <.0001
Humedad		0.40404 0.0018						
Proteína		-0.46359 0.0003						
Cenizas	0.40253 0.0019							

Anexo 2. Correlación de variables para carne de pollo molida con condición leñosa y 2% de almidón modificado.

	Log	L	a	b	Pérdida por cocción	Dureza	Elasticidad	Masticabilidad
Log	1	-0.36823	0.467				0.41185	0.31877
		0.0038	0.0002				0.0011	0.0131
L	-0.36823	1		0.55936			-0.29068	
	0.0038			<.0001			0.0243	
a	0.46695		1			0.46538	0.40553	0.51056
	0.0002					0.0002	0.0013	<.0001
b		0.55936		1		-0.31944		-0.36168
		<.0001				0.0129		0.0045
Pérdida por cocción					1			
Dureza			0.4654	-0.31944		1	0.36688	0.88993
			0.0002	0.0129			0.0039	<.0001
Elasticidad	0.41185	-0.29068	0.4055				1	0.67931
	0.0011	0.0243	0.0013					<.0001
Masticabilidad	0.31877		0.5106	-0.36168		0.88993	0.67931	1
	0.0131		<.0001	0.0045		<.0001	<.0001	
Grasa		-0.3207			-0.43063		0.50024	0.35024
		0.0125			0.0006		<.0001	0.0061
Humedad		0.29912			0.5002	-0.33214	-0.38891	-0.41296
		0.0203			<.0001	0.0095	0.0021	0.001
Proteína					-0.46507	0.52996	0.5106	0.60906
					0.0002	<.0001	<.0001	<.0001
Cenizas	0.33616			0.28358		-0.44749		-0.41736
	0.0086			0.0281		0.0003		0.0009

Anexo 3. Correlación de variables para carne de pollo molida con condición leñosa y 1% de almidón nativo.

	Log	L	a	b	Pérdida por cocción	Dureza	Elasticidad	Masticabilidad
Log	1	-0.36988 0.0036	0.48414 <.0001			0.34451 0.007	0.32827 0.0104	0.40649 0.0013
L	-0.36988 0.0036	1		0.66018 <.0001		-0.46569 0.0002	-0.57053 <.0001	-0.61373 <.0001
a	0.48414 <.0001		1				0.28432 0.0277	
b		0.66018 <.0001		1	-0.33637 0.0086	-0.44518 0.0004	-0.46728 0.0002	-0.57203 <.0001
Pérdida por cocción				-0.33637 0.0086	1	0.67423 <.0001	0.29344 0.0229	0.61668 <.0001
Dureza	0.34451 0.007	-0.46569 0.0002		-0.44518 0.0004	0.67423 <.0001	1	0.30127 0.0193	0.92976 <.0001
Elasticidad	0.32827 0.0104	-0.57053 <.0001	0.28432 0.0277	-0.46728 0.0002	0.29344 0.0229	0.30127 0.0193	1	0.5695 <.0001
Masticabilidad	0.40649 0.0013	-0.61373 <.0001		-0.57203 <.0001	0.61668 <.0001	0.92976 <.0001	0.5695 <.0001	1
Grasa								
Humedad		0.4016 0.0015	0.35294 0.0057					
Proteína		-0.52431 <.0001	-0.43215 0.0006				0.27123 0.0361	0.33275 0.0094
Cenizas	0.5792 <.0001		0.41864 0.0009				0.26955 0.0373	

Anexo 4. Correlación de variables para carne de pollo molida con condición leñosa y 2% de almidón nativo.

	Log	L	a	b	Pérdida por cocción	Dureza	Elasticidad	Masticabilidad
Log	1	-0.28257 0.0316	0.545 <.0001			0.302 0.0212	0.54119 <.0001	0.51348 <.0001
L	-0.28257 0.0316	1		0.59906 <.0001			-0.32178 0.0138	
a	0.54496 <.0001		1			0.3143 0.0163	0.26102 0.0478	0.40403 0.0017
b		0.59906 <.0001		1				
Pérdida por cocción					1	0.5447 <.0001	0.32921 0.0116	0.57871 <.0001
Dureza	0.30202 0.0212		0.3143 0.0163		0.54473 <.0001	1		0.86392 <.0001
Elasticidad	0.54119 <.0001	-0.32178 0.0138	0.261 0.0478		0.32921 0.0116		1	0.62471 <.0001
Masticabilidad	0.51348 <.0001		0.404 0.0017		0.57871 <.0001	0.8639 <.0001	0.62471 <.0001	1
Grasa	0.26605 0.0435	-0.31339 0.0166		-0.26012 0.0486				
Humedad		0.35205 0.0067			0.40423 0.0016	0.2999 0.0222		
Proteína	0.29869 0.0228	-0.39296 0.0023	0.4427 0.0005		-0.52537 <.0001			
Cenizas	0.33275 0.0107				0.41931 0.0011		0.3759 0.0036	

Anexo 5. Correlación de variables para carne de pollo molida con condición leñosa.

	Log	L	a	b	Pérdida por cocción	Dureza	Elasticidad	Masticabilidad
Log	1	-0.43335 0.0002	0.42166 0.0004			0.3771 0.0017	0.40608 0.0007	0.43287 0.0003
L	-0.43335 0.0002	1		0.2515 0.0401				-0.24383 0.0468
a	0.42166 0.0004		1		-0.29941 0.0138	0.44415 0.0002	0.68841 <.0001	0.55051 <.0001
b		0.25152 0.0401		1				
Pérdida por cocción			-0.29941 0.0138		1	0.36624 0.0023		0.29531 0.0153
Dureza	0.3771 0.0017		0.44415 0.0002		0.36624 0.0023	1	0.60608 <.0001	0.96882 <.0001
Elasticidad	0.40608 0.0007		0.68841 <.0001			0.60608 <.0001	1	0.73068 <.0001
Masticabilidad	0.43287 0.0003	-0.24383 0.0468	0.55051 <.0001		0.29531 0.0153	0.96882 <.0001	0.73068 <.0001	1
Grasa	0.2449 0.0458		0.45726 0.0001				0.29454 0.0155	
Humedad	-0.3557 0.0031		-0.55633 <.0001		0.53681 <.0001	-0.38193 0.0014	-0.4398 0.0002	-0.45245 0.0001
Proteína			0.38916 0.0011		-0.45651 0.0001	0.38302 0.0014	0.32642 0.007	0.42677 0.0003
Cenizas			-0.28216 0.0207		0.51628 <.0001			