

**EFFECTO DEL MÉTODO DE CONGELAMIENTO SOBRE LAS
CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y ORGANOLÉPTICAS
DE LA CARNE DE PECHUGA DE POLLO**

por

Arnaldo J. Ramos Hernández

Tesis sometida en cumplimiento parcial de los requisitos para el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS

en

INDUSTRIA PECUARIA

**UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO
RECINTO UNIVERSITARIO DE MAYAGUEZ**

2005

Autorizado por:

Edgardo Rivera Colón, DVM.
Miembro del Comité Graduado

Fecha

Ernesto Riquelme Villagrán Ph.D.
Miembro del Comité Graduado

Fecha

José R. Latorre Acevedo, Ph.D.
Presidente del Comité Graduado

Fecha

Ramón Torres López, Ph.D.
Representante de Estudios Graduados

Fecha

José R. Latorre Acevedo, Ph.D.
Director de Departamento

Fecha

Abstract

The study was conducted to determine the characteristics or attributes related to the organoleptic qualities of chicken meat produced in Puerto Rico and to compare them with those of imported chicken meat. The study was conducted on imported boned broiler breasts that were individually quick frozen and boned chicken breasts produced locally, either fresh or frozen or frozen in the traditional manner for two weeks. Comparisons were made in terms of tenderness, color, water holding capacity and water loss after cooking.

The imported boneless chicken breasts showed the best attributes of organoleptic quality, specially tenderness and water holding capacity, both in the laboratory and sensory panel analysis.

The results obtained show that value-added chicken products, as is the case of individually quick frozen chicken breasts represent a good potential for their development and utilization in Puerto Rico and that it would create new jobs in this sector and promote the consumption of locally produced chicken.

Resumen

Este estudio se realizó con el objetivo de determinar las características o atributos relacionados a la calidad organoléptica de la carne de pollo que se produce en Puerto Rico y compararlas con las de la carne importada. Para ello se utilizaron pechugas deshuesadas importadas que habían sido congeladas de manera individual y pechugas deshuesadas frescas o congeladas en la forma tradicional por dos semanas producidas localmente. Las comparaciones se hicieron en términos de terneza, color, capacidad de retención de agua y pérdida de agua por cocción.

Las pechugas importadas congeladas en forma individual fueron las que mostraron los mejores atributos de calidad organoléptica, especialmente en terneza y capacidad de retención de agua, tanto en las pruebas de laboratorio como en el análisis sensorial.

Los resultados indican que los productos de aves con valor agregado, como es el caso de las pechugas congeladas individualmente (“IQF”), representan un gran potencial para ser desarrollados en Puerto Rico, creando así nuevos empleos y promoviendo el consumo de carne de pollo local.

Dedicatoria

A mis queridos padres,

Arnaldo I. Ramos Torres e Irma I. Hernández Gierbolini

Quienes desde pequeño **siempre** me han apoyado en todas mis decisiones
y motivado para alcanzar mis metas.

Gracias por todo.

Agradecimientos

Primero que nada le quiero dar gracias a Dios porque sin El nada de esto hubiera sido posible. Al Dr. José Latorre, por haberme aceptado como su estudiante graduado, brindarme su confianza y haber estado disponible para aclarar cualquier duda. A los miembros de mi comité graduado, Dr. Edgardo Rivera y Dr. Ernesto Riquelme, por brindarme su ayuda, conocimientos, tiempo y consejos para terminar esta tesis con satisfacción. Al Dr. Raúl Macchiavelli, por su ayuda en el diseño experimental y en el análisis estadístico. Al Dr. Héctor Santiago, por su ayuda en la búsqueda de literatura y prestarme parte de los instrumentos utilizados.

Gracias a todos los miembros del Departamento de Industria Pecuaria. En especial a la Prof. Aixa Rivera y el Dr. Danilo Cianzio, por confiar en mí y siempre brindarme sus sabios consejos y palabras de apoyo. Al señor Miguel Rivera, por siempre estar disponible para ayudarme a resolver cualquier problema, brindarme sus consejos y hacer casi lo imposible a la hora de conseguir los materiales. A la Sra. Carmen Withers por siempre hacerme reír con sus comentarios y a las secretarias del departamento, Jacqueline Rivera e Ireliz Perea.

También quiero agradecer grandemente al personal del Programa de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Dra. Edna Negrón, Prof. María Plaza, Dr. Fernando Pérez Muñoz, Sr. Miguel Ruperto, Srta. Lizbeth Lebrón y Srta. Lisandy González, por permitirme llevar a cabo mi proyecto en las facilidades del programa, su ayuda a la hora de preparar y diseñar mi experimento, búsqueda de literatura y sobretodo en la

recolección de los datos. En especial quiero agradecer a la Srta. Samara Avilés, por la ayuda brindada a la hora de diseñar y preparar el panel sensorial, que de mucho me sirvió para obtener los datos deseados y por su apoyo a la hora de escribir mi tesis. Gracias también a las personas que sirvieron de panelistas, por haber aceptado mi petición.

Por último, pero no menos importante, gracias a la Agro. Jennifer Vélez, por sus consejos, la ayuda brindada en la búsqueda de literatura y en el diseño del experimento. A la Agro. Shiara L. Soto, por su ayuda en la recolección de datos, preparación de los materiales para el experimento y en la difícil tarea de transformar los datos crudos, pasarlos al programa estadístico y correr las pruebas necesarias. No puedo dejar de mencionar y dar gracias al Agro. Luis D. Hernández y la Agro. Xaymara Bayouth (mis compañeros de batalla), que más que amigos los considero mis hermanos y siempre estuvieron ahí dándome su apoyo tanto en las clases como en el proyecto. **Gracias a todos.**

Tabla de Contenido

	Página
Lista de Cuadros	ix
Lista de Apéndices	x
Introducción	1
Revisión de Literatura	4
Color	5
Terneza	11
Capacidad de Retención de Agua	17
Objetivos	22
Materiales y Métodos	23
Materiales	23
Métodos	23
Medidas de color	24
Capacidad de Retención de Agua	24
Pérdida de Agua por Cocción	25
Terneza	25
Análisis Sensorial	26
Análisis Estadístico	26
Resultados y Discusión	28
Color	28
Capacidad de Retención de Agua	30

Pérdida de Agua por Cocción	31
Terneza	33
Panel Sensorial	34
Conclusiones	38
Bibliografía	39
Apéndices	42
Apéndice A I: Cuestionario de terneza	43
Apéndice A II: Cuestionario de jugosidad	44

Lista de Cuadros

	Página
Cuadro 1. Efecto del método de congelamiento sobre la claridad (L^*) e intensidad del color rojo (a^*) y amarillo (b^*) de la carne de pechuga	28
Cuadro 2. Efecto del método de congelamiento sobre la pérdida de agua de la carne de pechuga determinada por dos metodologías.....	30
Cuadro 3. Efecto del método de congelamiento sobre la pérdida de agua de la carne de pechuga luego de la cocción.....	31
Cuadro 4. Efecto del método de congelamiento sobre la terneza de la carne de pechuga.....	32
Cuadro 5. Efecto del método de congelamiento sobre la percepción de terneza de la carne de pechuga de pollo.....	34
Cuadro 6. Efecto del método de congelamiento sobre la percepción de jugosidad de la carne de pechuga de pollo	35

Lista de Apéndices

	Página
Apéndice A I: Cuestionario de terneza	43
Apéndice A II: Cuestionario de jugosidad	44

Introducción

Durante las pasadas tres décadas, el consumo de carne de res en los Estados Unidos ha disminuido considerablemente y el consumo de carne de pollo ha exhibido un aumento significativo (Haley, 2001). Esta tendencia se ha atribuido principalmente a cambios en las preferencias del consumidor, precios de los productos que se ofrecen y al mayor conocimiento de la relación entre el consumo de grasas saturadas y la incidencia de enfermedades cardiovasculares.

A través de los años se ha establecido que existe una relación directa entre el ingreso monetario de las personas y su consumo de carne. Los consumidores en países que tienen un alto ingreso per capita utilizan una mayor proporción del dinero destinado a la compra de alimentos en la adquisición de carnes. Esta misma tendencia también se observa dentro de un mismo país, como lo es Estados Unidos (Haley, 2001).

El amplio acceso a la información y las modernas técnicas de publicidad han contribuido a que el consumidor esté conciente de la importancia de comer saludablemente. Como resultado, se ha observado un aumento súbito en el consumo de carnes blancas, como lo es la carne de pollo, en sustitución de las carnes rojas, especialmente la de res (Haley, 2001). Actualmente, en los Estados Unidos las carnes rojas comprenden un 64% del total de carnes consumidas, mientras que la carne de pollo comprende un 37%.

El aumento en el consumo de carne de pollo se considera una expresión de la preferencia del consumidor por productos cárnicos que contengan características

deseables para la salud, como bajos niveles de colesterol y grasas saturadas (Moschini and Meilke, 1989, citado por Haley, 2001). De esta manera se trata de evitar o prevenir la incidencia de enfermedades, especialmente las relacionadas con el sistema cardiovascular.

La industria de pollos parrilleros es la segunda industria agrícola de importancia en Puerto Rico. La carne de pollo compone más de un 69% de las carnes consumidas (Estadísticas Agrícolas, 2001) pero, de este consumo total, solo se produce localmente un 30% (Estadísticas Agrícolas, 2004).

Actualmente, el consumidor busca invertir la menor cantidad de tiempo posible en preparar sus alimentos. Cada día más mujeres se encuentran trabajando fuera de sus hogares y el tiempo que pueden dedicar a la confección de alimentos es más limitado. La mayoría de los platos confeccionados con carne de res requieren de largo tiempo de preparación y cocción, lo que ha contribuido al mayor consumo de carne de aves ya que su tiempo de cocción es menor. Esta tendencia ha dado como resultado una mayor oferta de productos de aves con valor agregado y la industria de pollos parrilleros en Estados Unidos está muy activa en el desarrollo de productos que requieren menor tiempo de preparación (Haley, 2001). Ejemplo de estos productos lo son las pechugas deshuesadas, cortes pre-marinados y platos para preparar en hornos de microonda.

La industria de pollos parrilleros en Puerto Rico no ofrece al consumidor todas estas alternativas, aún cuando estos productos tienen un gran potencial para ser desarrollados en nuestro país. Esto crearía nuevas industrias y nuevos empleos al promoverse el consumo de carne producida localmente.

Se han realizado varios estudios destinados a mejorar la calidad de la carne producida en Puerto Rico y de promover su consumo, pero la mayoría de éstos se han enfocado sólo a la carne de res. En este estudio se persigue determinar las características o atributos relacionados con la calidad y aceptabilidad de la carne de pollo producida localmente y comparar estas características con aquellas de la carne de pollo importada.

Revisión de Literatura

El término carne fresca es utilizado en un contexto especial para incluir productos que han pasado por los cambios químicos y físicos luego de la matanza, pero que han sido mínimamente procesados, como lo es el marinado, molido o congelado (Aberle et al., 2001). Las propiedades fisicoquímicas de la carne fresca dictan su utilidad para el comerciante, su atractivo para el comprador o consumidor y su adaptabilidad para algún procesamiento ulterior. La capacidad de retención de agua, el color, la estructura, la firmeza y la textura son propiedades de particular importancia (Aberle et al., 2001).

La mayoría de las veces los consumidores adquieren aquellos productos que les parecen más atractivos a su vista. Desde el punto de vista de aceptabilidad, la percepción que tiene el comprador en cuanto a la posible relación entre características visuales y calidad del producto tiende a ser bastante apropiada (Northcutt et al., 1997). Cuando el consumidor adquiere un producto proveniente de aves de corral, lo cocina y lo sirve a su familia, espera que dicho producto sea atractivo tanto a la vista como al sabor. Si estas características no llenan las expectativas del consumidor, éste considera que el producto es de baja calidad.

Existen varios factores que determinan los atributos de calidad de la carne de pollo desde la forma de criarlos (que determina el estado del animal a la hora de matanza) hasta el tipo de procesamiento al que ha sido sometida la carne (afecta las propiedades químicas de los constituyentes musculares). Tanto el productor como el procesador, el detallista y el consumidor, tienen expectativas específicas de los atributos relacionados

con la calidad de la carne de pollo, pero quien tiene la última palabra en la decisión de la adquisición del producto es el consumidor (Northcutt et al., 1997).

La carne debe complacer tanto el ojo como al paladar del consumidor por lo que las características de color y textura son tan importantes (Aberle et al., 2001). El aroma debe ser atractivo y la ternura, jugosidad y sabor deben cumplir con las expectativas del consumidor. Las expectativas varían entre los consumidores, dependiendo de sus experiencias pasadas y su trasfondo cultural, por lo que el procesador de alimentos debe considerarlas seriamente (Aberle et al., 2001).

Color

El color detectado por el ojo es el resultado de la combinación de varios factores (Aberle et al., 2001). Cualquier color específico tiene tres atributos conocidos como tinte (“hue”), saturación (“chroma”) y luminosidad (“value”). El tinte describe lo que normalmente se detecta como color primario (rojo, azul o amarillo), es decir, se relaciona con el largo de onda de la radiación de luz. La saturación describe la intensidad de un color primario con respecto a la cantidad de luz blanca que está mezclada con éste. La luminosidad de un color es un indicador de la claridad del color (Aberle et al., 2001).

El color es un atributo de calidad importante ya que influye la aceptabilidad o atracción de muchos productos comestibles, incluyendo la carne de pollo, por el consumidor y es ampliamente utilizado para determinar el valor económico de la comida. El color se relaciona con la elección inicial de un producto cárnico crudo por el consumidor en el supermercado y con la evaluación final del producto cocido cuando es consumido (Fletcher et al., 1999). La incidencia de ciertos defectos de color en la carne

de pollo, tanto cruda como cocida, ha sido un problema que la industria avícola ha enfrentado por muchos años (Qiao et al., 2001).

Debido a que el color de los alimentos afecta significativamente su aceptabilidad por el consumidor (Froning, 1995), en el desarrollo de muchos productos de conveniencia pre-cocidos provenientes de pollo se le ha prestado una gran importancia. Al momento de ingerir productos de pollo totalmente cocinados es de suma importancia que el producto se vea totalmente cocido y libre de colores rosados, a menos que sea un producto curado. En el caso de la carne de res el consumidor puede encontrar agradable un filete poco cocido (“rare”) pero, en la carne de pollo, esta presentación no es aceptable (Froning, 1995).

Con el aumento en la variedad de productos avícolas pre-cocinados que se ofrecen en los supermercados han surgido problemas de control de calidad en cuanto al color. Los problemas de color asociados con la carne de pollo pre-cocinada tienden a ser distintos a los encontrados con la carne de res, debido a las características intrínsecas de ambos tipos de carnes (Froning, 1995). Por esto, durante los últimos años se han realizado muchas investigaciones con el objetivo de caracterizar químicamente los pigmentos presentes en la carne de pollo y lograr un mejor entendimiento de los procesos generales y de la manifestación del color en la carne de pollo (Froning, 1995).

El sistema Hunter fue diseñado y es ampliamente utilizado en la evaluación del color en los alimentos. El procedimiento, también conocido como color uniforme, se basa en la teoría de los colores (radiación de cierta longitud de onda) opuestos a la percepción visual del color. Esta teoría supone que existe un estado de conexión-signal intermedia entre los receptores de luz en la retina y el nervio óptico que transmite las

señales de color al cerebro. Con este mecanismo de conexión, las respuestas al color rojo son comparadas con verde y resulta en una dimensión de color de rojo a verde, la cual es representada por el símbolo a^* . Las respuestas al color verde son comparadas con azul, que resulta en una dimensión de color de amarillo a azul, representada por el símbolo b^* . La tercera dimensión de color es la luminosidad, representada por L^* . Esta escala Hunter es fácil de interpretar y utiliza tres parámetros: L^* , a^* , b^* . El parámetro L^* mide las tonalidades de blanco (100) hasta negro (0), a^* mide las tonalidades de rojo (+) hasta verde (-) y b^* las de amarillo (+) hasta azul (-) (deMan, 1999, citado por Acevedo, 2004).

Los pigmentos presentes en la carne consisten principalmente de dos proteínas: la hemoglobina, que está presente en la sangre, y la mioglobina, que está asociada con el tejido muscular (Aberle et al., 2001). Existen otros pigmentos como los citocromos, pero su contribución al color es menor. En el tejido muscular de un animal bien desangrado la mioglobina constituye 80-90% del pigmento total.

La hemoglobina y la mioglobina son similares en estructura, excepto que la molécula de mioglobina es una cuarta parte el tamaño de la hemoglobina. La mioglobina consiste de una proteína globular (globina) y una porción no-proteica llamada anillo heme. La porción heme del pigmento es de interés especial debido a que el color de la carne es parcialmente dependiente del estado de oxidación del hierro que se encuentra dentro del anillo heme (Aberle et al., 2001). La mioglobina es responsable por la mayor parte del color rojo en la carne. Esta no circula en la sangre, pero se encuentra alojada en las células de los tejidos y es de color púrpura. Cuando se mezcla con oxígeno, se transforma en oximioglobina y produce un color rojo brillante. El resto del color proviene de la hemoglobina que se encuentra mayormente en la sangre en circulación, de

la cual se puede encontrar una pequeña porción residual en los tejidos luego de la matanza.

La cantidad de mioglobina presente en los músculos depende de la especie animal, edad, dieta, sexo, tipo de músculo y actividad física. Debido a sus diferencias en contenido de mioglobina, los músculos claros de la pechuga de pollo contrastan fuertemente con los músculos oscuros de la pierna y la cadera (Aberle et al., 2001). Animales de caza tienen músculos más oscuros que animales domésticos, mayormente por su mayor actividad física. Los machos enteros tienen músculos con mayor contenido de mioglobina que las hembras o machos castrados, comparados a la misma edad. Las diferencias en el contenido de mioglobina entre músculos individuales se atribuye a la proporción relativa de las fibras musculares presentes (rojas o blancas). Los músculos con alta proporción de fibras rojas (30-40%) se visualizan de color rojo oscuro (Aberle et al., 2001).

La carne de ave deshuesada mecánicamente contiene aproximadamente tres veces el contenido normal de hemoglobina de la carne deshuesada manualmente (Froning, 1995) y puede afectar el color de los productos avícolas con procesamiento ulterior. El contenido de hemoglobina en distintas fuentes de carne de ave deshuesada mecánicamente es variable, lo que puede atribuirse a la programación de la máquina deshuesadora, la razón hueso-carne, cantidad de piel y la sección anatómica del ave de donde provenga.

Durante el proceso de deshuesado mecánico, la hemoglobina presente en la carne ha sido liberada de la médula ósea (Froning, 1995). El oscurecimiento de los huesos, y de la carne adyacente a los huesos, es más notoria en carne proveniente de pollos parrilleros

jóvenes, debido a que sus huesos aún no se han calcificado o endurecido completamente y el pigmento presente en la médula ósea se esparce por los huesos y la carne a su alrededor. El contenido de mioglobina de la carne deshuesada mecánicamente es similar al de la carne deshuesada manualmente, debido a que la médula ósea sólo contiene hemoglobina (Froning, 1995).

El congelamiento también puede contribuir al oscurecimiento de la carne pero es un problema de estética más que de seguridad de alimentos. Desde el punto de vista de calidad comestible, no se espera ningún tipo de problemas si el trozo de carne se cocina hasta una temperatura interna de 71°C (160° F).

El color de la carne de pechuga, especialmente cuando se tienen valores extremos en luminosidad u oscuridad, puede ser utilizado como un posible indicador de propiedades funcionales de la carne (Qiao et al., 2001). Barbut (1993) observó que la luminosidad (L^*) tenía una alta correlación con la incidencia de la condición conocida como carne pálida, suave y exudativa (PSE). En carne molida, la capacidad de retención de agua de carne oscura fue mayor que en carnes pálidas (Qiao et al., 2001). Los filetes de pechuga, que típicamente son pálidos por tener bajo contenido de pigmentos totales y con bajo pH, exhiben un valor para luminosidad (L^*) y color amarillo (b^*) relativamente altos, y un bajo valor para rojo (a^*) (Fletcher, 1999).

Todos las etapas de manejo, desde la crianza en la finca hasta la planta de procesamiento, son críticos y pueden ser cruciales para obtener un producto de carne de ave de la mejor calidad (Froning, 1995). Diversos estudios han demostrado que es posible observar marcadas variaciones en color entre diferentes pechugas durante el procesamiento comercial (Fletcher et al., 1999). El color, conjuntamente con las

propiedades de terneza, puede verse afectado significativamente por factores como la dieta, ambiente y el manejo de las aves durante el transporte previo a la matanza (Froning, 1995).

Cuando los animales se exponen a factores estresantes se aumenta la secreción de hormonas provenientes de la corteza y médula adrenal que modifican la concentración de glucógeno muscular y hepático. La alteración del glucógeno en el músculo puede afectar el color, y otros atributos de calidad de la carne luego de la matanza, (Froning, 1995), ya que se relaciona directamente con el pH final. El color claro en la carne de pavo está asociado a un pH muscular más bajo.

Se ha observado que el estrés causado por frío induce al animal a termogénesis mecánica y química a expensas de la reserva de glucógeno muscular. La carne proveniente de la pechuga de pavos sometidos a estrés por frío tiende a ser más oscura que las provenientes de animales sometidos a estrés por calor. El estrés por frío también tiende a producir un músculo más tierno (Froning, 1995).

Otro factor que afecta la reserva de glucógeno muscular y da como resultado una carne más oscura y de pH más alto, es la práctica de someter a las aves a una condición de ayuno previo al sacrificio, con el fin de disminuir la probabilidad de contaminación de la canal con contenido intestinal (Froning, 1995).

Otras propiedades físicas de la carne fresca, como estructura, firmeza y textura, son difíciles de medir en una forma objetiva pero son igualmente importantes desde el punto de vista de la calidad organoléptica de los productos (Aberle et al., 2001). Estos atributos son generalmente evaluados por el consumidor a través de sus sentidos (visuales, táctiles y gustativos) y, tomados en forma integral, reflejan la interacción consumidor-

producto asociadas con el estado de rigor del músculo, capacidad de retención de agua, contenido de grasa intramuscular, contenido de tejido conectivo y el tamaño de las fibras musculares (Aberle et al., 2001).

Terneza

La terneza es la característica de calidad que se considera dominante en carnes cocinadas. Los métodos de cocción utilizados durante el procesamiento afectan directamente las características organolépticas de la carne de pollo y se ha indicado que, para obtener la terneza máxima en los filetes de pechuga, es necesario aumentar en 4-8 horas el periodo de enfriamiento (“chilling”) luego de la matanza. Esta espera adicional es necesaria para que se completen las reacciones bioquímicas necesarias para obtener la mayor terneza de la carne de pechuga cocinada (Lyon and Lyon, 1998).

Debido a que la primera sensación de la terneza de la carne que un consumidor percibe es al momento de morder y cortar las fibras musculares, es lógico que una metodología de evaluación objetiva de la terneza debe estar relacionada con la determinación de la fuerza necesaria para cortarlas. El método Warner-Bratzler se basa justamente en este principio y es el más utilizado para estimar la terneza de la carne.

El instrumento Warner-Bratzler fue introducido en 1932 y mide la fuerza necesaria para realizar un corte en una sección transversal a las fibras musculares, la que se correlaciona con la fuerza requerida para morder a través de la carne con los dientes. Los valores obtenidos por el instrumento Warner-Bratzler no se afecta por el peso de la muestra pero es necesario controlar la dimensión (sección transversal) de la muestra y la orientación (perpendicular a la cuchilla de corte) de las fibras (Lyon and Lyon, 1991). La

relación entre los valores de fuerza de corte que se obtienen con el instrumento y las medidas sensoriales (subjetivas) de ternura aún está siendo estudiada ya que la ternura, cuando se evalúa por métodos sensoriales, está afectada por otros factores, como jugosidad y contenido de grasa, que dan la percepción organoléptica de mayor ternura aún cuando se requiera de un mayor esfuerzo físico para cortar la carne (Lyon and Lyon, 1998).

Cuando los consumidores adquieren un producto de carne de ave, éstos tienden a relacionar su calidad con su ternura y sabor al momento de consumirlo. El que un trozo de carne de ave sea tierno depende de la intensidad y duración de los cambios químicos y físicos que ocurren en el músculo durante su conversión a carne (Northcutt, 1997). Cuando un animal muere, la sangre deja de circular y no se suplén ni oxígeno ni otros nutrientes a los músculos. Sin estos componentes, el metabolismo energético cesa y los músculos se contraen y ponen rígidos (*rigor mortis*) pero, eventualmente, esta rigidez desaparece y los músculos se tornan suaves y es el momento oportuno para que sean cocinados (Northcutt, 1997).

Cualquier factor que interfiera con la manifestación del *rigor mortis* y el proceso de suavización que le sigue, afecta la ternura. Las aves que se agitan o se exponen a una condición estresante antes o durante la matanza gastan el poco glucógeno almacenado y sus músculos se quedan sin energía más rápido, lo que acelera la presentación del *rigor mortis* (Northcutt, 1997) y afecta negativamente la ternura de la carne.

El músculo es de particular preocupación no solamente porque es el tejido de mayor valor comestible, sino porque es un tejido excitable y que interactúa con su medio ambiente (Sams, 1999). Muchas de las respuestas musculares al medio ambiente pueden

afectar la calidad de la carne y generalmente se relacionan con el metabolismo muscular posterior a la matanza y con el desarrollo simultáneo del *rigor mortis*. A pesar de que el animal muere en cuestión de minutos desde que se le cercenan los capilares del cuello, las células musculares continúan con su metabolismo mientras existan substratos residuales y la temperatura del tejido no afecte la actividad enzimática, lo que puede durar varias horas luego del cese de la respiración y la muerte cerebral. Durante estas horas, los productos derivados de esta actividad muscular pueden afectar ciertas características asociadas con la calidad de la carne, como son color y textura (Sams, 1999).

Los mayores efectos ambientales previo a la matanza se relacionan con todo lo que acontece en las 12 horas previas al sacrificio e incluyen el recogido, transporte, descarga y enganche de las aves. Se ha demostrado que el estrés por calor previo a la matanza tiende a acelerar el desarrollo del *rigor mortis*, reduce la ternura y la capacidad de retención de agua y aumenta la palidez de la carne de pollo (Northcutt, et al., 1994).

La forma de dejar inconsciente al animal previo a la matanza es otro factor que afecta el metabolismo muscular después del sacrificio y la calidad de la carne al igual que el enfriamiento de la canal que puede endurecer la carne, aún cuando le añade jugosidad. El envejecimiento o maduración previene el endurecimiento de la carne cuando se deshuesa y la estimulación eléctrica reduce la necesidad del envejecimiento de la carne al acelerar el agotamiento de las reservas de energía muscular luego de la matanza, impidiendo que el músculo se endurezca durante el deshuese (Sams, 1999).

El procedimiento más utilizado para dejar inconsciente el ave al momento del sacrificio es la aplicación de corriente eléctrica. Sin embargo, además de producir la inconsciencia de los animales, la aplicación de corriente eléctrica provoca contracciones

musculares que pueden afectar las características del músculo y, si se aplica demasiada energía eléctrica o de frecuencias bajas, puede causar hemorragias o huesos rotos (Sams, 1999).

Después del sacrificio, las canales de pollos se enfrían a una temperatura cercana a 4°C, ya sea por inmersión en agua con hielo por un período de una hora y media o por exposición a corrientes de aire frío durante dos horas y media. El enfriamiento rápido de las canales de pollo se realiza principalmente para reducir el crecimiento microbiano, pero también sirve para aumentar la firmeza del músculo y la rigidez del esqueleto, lo que facilita el deshuese y trozado mecánico (Sams, 1999). El aumento en firmeza durante el proceso de enfriamiento de la canal proviene de la pérdida de extensibilidad que acompaña al *rigor mortis* y a la solidificación de la grasa que se encuentra dentro y alrededor de los músculos (Aberle et al., 2001).

La grasa intramuscular o marmoleo contribuye a la firmeza de la carne refrigerada. Durante el enfriamiento la grasa se solidifica y favorece que los cortes de venta al detal, como filetes y chuletas, retengan un grosor uniforme y una forma característica durante el almacenamiento y presentación al consumidor (Aberle et al., 2001). El marmoleo también es un atributo de calidad ya que afecta la atractividad de los cortes y las características organolépticas al aportar jugosidad y lubricación.

La terneza de los cortes deshuesados de pollo está influenciada por el tiempo transcurrido entre la matanza y el deshuesado. Los músculos que son deshuesados rápidamente después de la matanza, aún tienen substratos energéticos disponibles para la contracción de las fibras musculares por lo que, al ser removidos de la canal, se contraen

y ponen duros. Para evitar este endurecimiento, la carne generalmente se deja envejecer por 6-24 horas previo al deshuesado (Northcutt, 1997).

La maduración o envejecimiento de la carne consiste en almacenar canales intactas, o mitades de la pechuga, por varias horas a temperaturas refrigeradas previo al deshuese para permitir el desarrollo de *rigor mortis*, ya que se ha demostrado que la carne que se procesa antes del desarrollo de *rigor mortis* tiende a ser dura (Sams, 1999). También se ha determinado que el desarrollo de *rigor mortis* comienza entre 2.5 y 4 horas luego de la matanza y que la concentración de ATP en la pechuga de pollo disminuye a un valor mínimo a las 2 horas luego de la matanza, mientras que la concentración de ácido láctico continúa aumentando por espacio de 4 a 8 horas. Si la canal es deshuesada dentro de 2 horas de la matanza, sólo un 20 a un 50% de la carne será tierna mientras que si se esperan 6 horas antes del deshuese, 70-80% de la carne será tierna (Northcutt, 1997).

La estimulación eléctrica es un procedimiento que consiste en someter a la canal, inmediatamente después del sacrificio, a una corriente eléctrica que provoca contracciones musculares generales a través de toda la canal (Sams, 1999). Cuando este procedimiento es aplicado al ave muerta, la electricidad actúa como un impulso nervioso que causa la contracción muscular agotando rápidamente las reservas energéticas y acelerando la aparición del *rigor mortis*. Si este procedimiento se aplica al ave viva, la carne resultante es dura. A pesar de que este procedimiento aún está en desarrollo, los procesadores que lo utilizan pueden deshuesar las canales tan pronto como salen de las cámaras enfriadoras (“chillers”) y así economizar tiempo, espacio y energía (Northcutt, 1997).

La terneza de la carne se asocia con la cantidad y características de sus principales componentes: tejido conectivo, fibras musculares y tejido adiposo. El tamaño de los haces de fibras musculares, así como la cantidad de tejido conectivo presente en el músculo son los factores que más afectan la terneza de la carne. La presencia de haces de fibras musculares de gran tamaño y de abundante tejido conectivo (perimisio que rodea los haces primarios y secundarios), está asociada con carne de textura dura o áspera.

La mayoría de las diferencias en terneza de la carne asociadas con la edad y sexo del animal y la localización del músculo, se deben a diferencias en la cantidad de tejido conectivo, ya que la abundancia de colágeno está directamente relacionada con la dureza de la carne.

El número de fibras musculares por unidad de área cambia a través del período de crecimiento debido a la hipertrofia normal de los músculos durante el crecimiento. Los animales que exhiben un crecimiento rápido tienen más fibras musculares y de mayor diámetro que los animales de crecimiento lento (Dransfield and Sosnicki, 1999). Los haces musculares integrados por fibras de diámetro pequeño tienen un mayor número de fibras por unidad de área, lo que aumenta la dureza de la carne por la mayor cantidad de tejido conectivo asociado con cada miofibrilla. Por otro lado, los músculos de estirpes de aves que han sido seleccionadas para una mayor tasa de crecimiento tienen un menor potencial proteolítico y esto produce una reducción en la terneza de la carne (Dransfield and Sosnicki, 1999).

En la preparación de los productos cárnicos, la temperatura de procesamiento provoca cambios en las propiedades físico-químicas de las proteínas musculares que afectan fuertemente la textura, capacidad de retención de agua y otros factores

importantes como la jugosidad, color y sabor. Las relaciones entre la temperatura de procesamiento y sus efectos sobre los factores relacionados con calidad de la carne son importantes para mejorar el diseño y la operación de procesos térmicos que se utilizan para en el desarrollo de productos comestibles (Murphy and Marks, 2000). Diversos estudios han demostrado que la cocción a temperaturas más bajas da como resultado una carne más tierna y con menores pérdidas de sustancias solubles durante la cocción.

Los cambios en textura durante el procesamiento térmico se deben a modificaciones químicas en las fibras musculares y en el tejido conectivo. El calor desnaturaliza las proteínas y afecta su solubilidad y la capacidad de retención de agua. La desnaturalización de actina y miosina tiende a aumentar la pérdida de fluido sarcoplásmico de las fibras musculares y a disminuir la capacidad de retención de agua (Murphy and Marks, 2000).

Capacidad de Retención de Agua

La capacidad de la carne para retener su contenido de agua natural, o añadida, cuando se somete a fuerzas externas (cortes, calentamiento o molido) es altamente variable (Aberle et al., 2001). Es inevitable una pequeña pérdida de humedad durante cualquier tipo de procesamiento ya que una fracción del agua presente se encuentra en forma libre y es susceptible a perderse por evaporación o en los efluentes. La importancia de la capacidad de retención de agua reside en que muchas de las propiedades físicas de la carne cocinada dependen de la humedad, al igual que las propiedades funcionales de las proteínas musculares (Aberle et al., 2001). La ganancia o pérdida de agua del músculo durante del procesamiento depende tanto de las

características del animal como del manejo al que fue sometido previo a la matanza (Northcutt et al., 1994).

El agua muscular existe de forma enlazada, inmobilizada y libre (Aberle et al., 2001). Debido a la distribución de sus electrones, las moléculas de agua no son eléctricamente neutras y se asocian con grupos reactivos (ionizados) de las proteínas musculares (Aberle et al., 2001). La mayor parte del agua en el músculo (88-95%) se mantiene de manera intracelular dentro de las miofibrillas en el espacio libre entre los filamentos finos y gruesos. Una pequeña porción del agua presente en el músculo (5-12%) está localizada extracelularmente (Northcutt et al., 1994). El contenido de agua y su distribución dentro de la carne tienen una gran influencia en su calidad y valor económico.

Varios factores afectan el número de grupos reactivos en las proteínas musculares y su capacidad para adsorber o retener agua. Estos factores dependen de la producción de ácido láctico, pérdida de ATP, desarrollo del *rigor mortis* y cambios estructurales de las células asociadas con la actividad de enzimas proteolíticas (Aberle et al., 2001). El grado de capacidad de retención de agua asociado con cada etapa de rigor, o con el índice de cambios *post-mortem*, es observable debido a sus efectos sobre la firmeza, estructura y textura. Los músculos con alta capacidad de inmobilizar agua son firmes, tienen una estructura rígida y una textura seca o pegajosa. Por el contrario, los tejidos con una baja capacidad de inmobilizar agua son suaves, tienen una estructura flácida y una consistencia húmeda (Aberle et al., 2001).

La formación de ácido láctico, y por ende la disminución en pH, durante el periodo post-matanza (*post mortem*), es responsable de la reducción general de los grupos

reactivos en las proteínas que pueden formar enlaces con agua. Este cambio resulta en cantidades variables de desnaturalización y pérdida de solubilidad en las proteínas. La reducción en el número de grupos reactivos ocurre porque el pH alcanza el punto isoeléctrico de las proteínas miofibrilares. Como consecuencia, estos grupos tienden a atraerse entre sí y solamente los que excedentes quedan disponibles para atraer el agua. Esta influencia del pH es llamada el efecto de carga neta (Aberle et al., 2001). Un pH bajo está asociado con colores más claros de la carne que se detectan por valores altos de luminosidad (L^*) y se ha demostrado que mientras más pálida sea la carne de pechuga de pollo, menor será su capacidad de retención de agua (Qiao et al., 2001). Para los valores de pH típicos de la carne (5.2-6.8), los valores más altos están asociados con mayores cargas netas en la proteína y una mayor proporción del agua presente se encuentra inmobilizada. Es importante destacar que el músculo *Pectoralis minor* o filete de pechuga es menos propenso a cambios de pH y su calidad es superior al *Pectoralis major*.

Se han desarrollado diferentes métodos, tanto directos como indirectos, para medir la capacidad de retención de agua de la carne cocinada, productos cárnicos o mezclas de carne cruda sin procesar (Northcutt et al., 1994). A pesar de que se ha tratado de estandarizar la metodología, a la fecha no existe un estándar con el que se pueda comparar la precisión de los métodos utilizados para medir capacidad de retención de agua. La selección del método a utilizar depende de la disponibilidad de tejido muscular, del costo del equipo y mano de obra, de la magnitud del entrenamiento requerido y de la disponibilidad de facilidades de laboratorio. Northcutt y colaboradores (1994) encontraron que la carne cruda proveniente de la pierna tenía una mayor capacidad de retener agua que la carne proveniente de la pechuga, pero que en carne cocinada, la carne

proveniente de la pierna tuvo menor retención de agua que la carne de la pechuga. Se determinó que la pérdida de agua de la carne de la pierna al ser sometida a cocción fue el doble de la exhibida por la carne de pechuga. Esta diferencia puede deberse a las características o propiedades intrínsecas de las fibras rojas (pierna) y fibras blancas (pechuga) y los procesos metabólicos intracelulares que ocurren durante el período pre-matanza y que se relacionan con la capacidad de retención de agua.

La capacidad de retención de agua del tejido muscular tiene un efecto directo en la merma observada en la carne durante el almacenaje (Aberle et al., 2001). Cuando los tejidos tienen una baja capacidad de retención de agua la pérdida de humedad, y por ende la pérdida de peso, durante el almacenaje es mayor. Esta pérdida de humedad ocurre principalmente por evaporación desde la superficie de canales por lo que la merma es mayor cuando se utiliza el sistema de enfriamiento basado en corrientes de aire frío que cuando se utiliza el sistema de enfriamiento por inmersión. (Young and Smith, 2004a).

Una vez que la canal es fraccionada en los cortes principales, la superficie de exposición al aire se aumenta y, como consecuencia, también se incrementa la pérdida de humedad por evaporación. Dependiendo de las condiciones ambientales, la pérdida de humedad puede ser más o menos severa pero siempre se afecta la calidad de la carne por la deshidratación superficial.

La capacidad de retención de agua es un factor crítico en ingredientes o productos cárnicos que serán procesados por calentamiento, molido u otro tipo de procesos. La merma, o pérdida de peso, durante la fabricación de productos es consecuencia directa de la evaporación de agua por lo que se ha despertado el interés por desarrollar productos de valor añadido que tiendan a disminuir la evaporación, como el marinado, por ejemplo. El

marinado al vacío tiende a aumentar la retención de humedad durante el proceso, pero el rendimiento final luego de la de cocción es similar al obtenido si el marinado se realiza a presión atmosférica lo cual anula el efecto positivo inicial al utilizar vacío (Young and Smith, 2004b).

El músculo es un tejido dinámico que cambia sus propiedades físico-químicas antes, durante y después de la muerte del animal. Esta característica tiene un gran impacto, positivo o negativo, sobre la calidad y el valor de la carne obtenida. Los esfuerzos para mejorar el crecimiento muscular en los animales destinados para consumo humano también deben considerar los efectos de este mejoramiento sobre las propiedades del músculo como carne y sobre el comportamiento de este tejido durante el procesamiento.

Objetivos

Los objetivos generales de esta investigación fueron determinar las características fisicoquímicas y organolépticas de pechugas de pollo producidas localmente y que se consumen en estado fresco, de pechugas producidas localmente pero sometidas a congelamiento y de pechugas importadas congeladas en forma individual.

Un segundo objetivo fue relacionar los resultados obtenidos mediante las pruebas de laboratorio con aquellos obtenidos a través de un panel de evaluación sensorial, especialmente los relacionados con ternura y jugosidad.

Materiales y Métodos

Materiales

Para esta investigación se utilizaron pechugas de pollo deshuesadas producidas en Puerto Rico y pechugas de importación adquiridas en un supermercado local que se caracteriza por su amplia variedad de productos y alto volumen de ventas.

Se utilizaron pechugas deshuesadas de pollo fresco del país, pechugas deshuesadas congeladas de pollo fresco del país y pechugas deshuesadas congeladas rápidamente de manera individual (“Individually Quick Frozen, IQF”) provenientes de pollo importado.

Métodos

Se compararon las características fisicoquímicas y organolépticas de las pechugas mediante pruebas de terneza, color, capacidad de retención de agua y pérdida de agua por cocción. Además, se evaluó sensorialmente para terneza y jugosidad.

Semanalmente, por un período de ocho semanas, se obtuvieron 20 pechugas deshuesadas frescas provenientes de una planta procesadora de pollos parrilleros en Puerto Rico y 10 pechugas deshuesadas ya congeladas (IQF) de importación. De las veinte pechugas del país que recolectadas semanalmente, diez fueron congeladas en la forma tradicional (- 10 °C) y conservadas de esta forma por dos semanas antes de realizar las pruebas correspondientes. Todas las pechugas congeladas, tanto las producidas

localmente como las importadas, fueron descongeladas el día en que se hicieron las pruebas de laboratorio o los análisis sensoriales.

Medidas de color

Para obtener las medidas de color se utilizó un colorímetro de refracción *Hunter Lab Mini-Scan* programado con los valores del sistema estándar de color para claridad (“lightness”) (L^*), intensidad de color rojo (“redness”) (a^*) e intensidad de color amarillo (“yellowness”) (b^*). De acuerdo a este sistema, L^* mide tonalidades de blanco a negro (100-0), a^* mide tonalidades de rojo hasta verde (+,—) y b^* mide tonalidades de amarillo hasta azul (+,—). Estas medidas se tomaron a las pechugas crudas en la superficie craneal medial, en un área libre de defectos de color. Para cada una de las muestras se realizaron tres lecturas.

Capacidad de Retención de Agua

La capacidad de retención de agua (WHC), se midió utilizando el método descrito por Pietrzak et al., 1997, el cual es una modificación del método descrito por Jauregui et al, 1981. Este consiste en añadir 8 ml de NaCl 0.6 M a 5 gramos de carne molida e incubar las muestras tratadas a 5 °C durante 30 minutos. Al término del período de incubación, las muestras fueron centrifugadas a 5,000 rpm por 15 minutos y se determinó WHCI midiendo el volumen del sobrenadante (solución de agua y NaCl) y WHCII pesando el “pellet” de carne formado en el fondo del tubo de centrífuga.

Pérdida de Agua por Cocción

La pérdida de agua por cocción (“cook loss”) fue determinada gravimétricamente cocinando una muestra de carne del tubo de la centrífuga (“pellet”) a 82 °C en Baño María hasta alcanzar una temperatura interna de 77°C. El líquido liberado por la carne fue eliminado y se pesó el pedazo de carne cocido para obtener la pérdida de agua. Paralelamente se determinó la pérdida de agua por cocción en cada mitad de las pechugas colocando la mitad de una pechuga en un recipiente cubierto con papel de aluminio y cocinadas en un horno convencional a 177 °C hasta que la carne alcanzó una temperatura interna de 77 °C. El líquido liberado se eliminó y se pesaron las muestras para determinar la pérdida de agua por cocción. Las pechugas cocinadas de esta manera se utilizaron en las pruebas de terneza.

Terneza

La terneza se evaluó aplicando el método de Warner-Bratzler a una sección de la carne cocida como se indicó en la sección anterior. La sección de carne se obtuvo cortando una franja de la pechuga cocinada de un centímetro de alto, un centímetro de ancho y tres centímetros de largo. El eje más largo de la sección fue paralelo a la fibra muscular. Las secciones de carne se colocaron perpendicularmente a la cuchilla triangular del equipo Warner-Bratzler y se determinó, por duplicado, la fuerza requerida para hacer el corte.

Análisis Sensorial

La metodología utilizada para el realizar el análisis sensorial fue la de ordenamiento de muestras pareadas con un total de doce panelistas previamente orientados sobre el proceso de evaluación. Las variables sensoriales medidas fueron jugosidad (sensación de humedad o liberación de la misma al masticar la muestra) y ternura (fuerza necesaria para masticar a través de la muestra).

Análisis Estadístico

Los resultados obtenidos en este experimento fueron evaluados mediante análisis de varianza usando un programa computacional de análisis estadístico (SAS, 2004). El análisis de varianza se realizó según el modelo para un diseño de bloques completamente aleatorizados, considerando como bloques las semanas de muestreo.

El modelo estadístico utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = variable de respuesta

μ = media general estimada

α_i = efecto del i ésimo tratamiento (3)

β_j = efecto del j ésimo bloque o semana (8)

ε_{ij} = error experimental

Las variables de respuesta consideradas fueron color, capacidad de retención de agua (WHC), pérdida de agua por cocción (CL) y terneza y las medias de tratamientos fueron comparadas entre sí mediante la prueba de comparaciones múltiples de Tukey.

Resultados y Discusión

Color

En el Cuadro 1 se presentan los promedios obtenidos con el colorímetro Hunter para las variables claridad (L^*), intensidad de rojo (a^*) e intensidad de amarillo (b^*), en las pechugas frescas (F), frescas y congeladas de manera tradicional (FC) y aquellas congeladas rápidamente de manera individual (IQF).

Se puede observar que no hubo diferencias significativas en el valor de claridad entre la carne de pechuga fresca y las congeladas rápidamente de manera individual. Sin embargo, la carne de las pechugas que fueron congeladas en la forma tradicional por espacio de dos semanas, fue significativamente más oscura ($P < 0.05$).

Cuadro 1. Efecto del método de congelamiento sobre la claridad (L^*) e intensidad del color rojo (a^*) y amarillo (b^*) de la carne de pechuga

Variable	Tratamientos			Error estándar
	F ¹	FC	IQF	
Claridad L^*	58.33a ²	56.70b	59.28a	0.34
Rojo a^*	4.98c	5.86b	6.78a	0.14
Amarillo b^*	15.70c	16.67b	17.91a	0.24

¹ F = Fresca, FC = Fresca congelada de manera tradicional, IQF = "Individually Quick Frozen"

² Medias en la misma línea seguidas por distintas letras, difieren significativamente ($P < 0.05$)

Se ha demostrado que el congelado de la carne en forma tradicional puede contribuir a su oscurecimiento (Froning, 1995). Aunque no hubo diferencias significativas en claridad entre las pechugas frescas (F) y las pechugas congeladas rápidamente de manera individual (IQF), la ligera mayor claridad de las pechugas IQF puede deberse a que, previo al congelamiento, reciben un tratamiento de glaseado con

caldo de pollo que, junto con aumentar la cantidad de humedad retenida, puede aumentar la cantidad de luz reflejada desde la superficie.

La intensidad del color rojo en la carne (a^*) difirió significativamente ($P < 0.05$) y las pechugas IQF mostraron un valor más alto que las FC y F, respectivamente. Los pigmentos en la carne son mioglobina y algo de hemoglobina remanente del sangrado (Aberle et al., 2001) por lo que la mioglobina es responsable de la mayor parte del color rojo en la carne. La cantidad de mioglobina varía con la especie, edad, dieta, sexo, tipo de músculo y actividad física del animal. En este caso, la mayor intensidad de color rojo de las pechugas IQF pudo deberse a diferencias en las estirpes de las aves, a la alimentación y al manejo previo a la matanza, Ej.(ayuno, estrés). Sin embargo, la diferencia en la intensidad del color rojo entre las pechugas F y FC se atribuyen directamente al proceso de congelamiento, ya que provinieron de animales de una misma estirpe, que fueron criados bajo condiciones similares y que recibieron un manejo idéntico durante el recogido, transporte y matanza.

Los valores de intensidad del color amarillo (b^*) siguieron la misma tendencia de la exhibida para el color rojo, siendo las pechugas IQF las que mostraron el mayor valor, seguidas de las pechugas FC y F, en el mismo orden. El mayor valor observado para las pechugas IQF puede deberse, al menos en parte, a la capa de glaseado de caldo de pollo que reciben antes de ser congeladas, ya que el caldo de pollo tiene una pigmentación amarillenta. La diferencia entre las pechugas F y FC se atribuye a diferencias en humedad superficial, ya que ésta refleja más la luz de longitud de onda relacionada con colores claros.

Las diferencias observadas en la intensidad de color de las pechugas reflejan una cierta superioridad del procesamiento IQF, lo que puede relacionarse con la atractividad del producto y preferencias de los consumidores.

Capacidad de Retención de Agua

En el Cuadro 2 se presentan los porcentajes de capacidad de retención de agua de las pechugas F, FC e IQF determinada a través del volumen de efluente (WHC I) o por pérdida de peso del trozo de carne después de la centrifugación (WHC II).

Cuadro 2. Efecto del método de congelamiento sobre la pérdida de agua de la carne de pechuga determinada por dos metodologías

Variable	Tratamientos			Error estándar
	F ¹	FC	IQF	
Vol. inicial	8.00 ml	8.00 ml	8.00 ml	
Vol. final	5.70 ml	5.40 ml	5.10 ml	
WHC I (%)	28.84c ²	32.74b	36.24a	1.02
Peso inicial	5.00 g	5.00 g	5.00 g	
Peso pellet	5.72 g	6.05 g	6.17 g	
WHC II (%)	14.30b ²	21.39a	23.40a	1.32

¹ F = Fresca, FC = Fresca congelada de manera tradicional, IQF = "Individually Quick Frozen"

² Medias en la misma línea seguidas por distintas letras, difieren significativamente (P<0.05)

Se puede observar que la carne de las pechugas F fueron las que perdieron la mayor cantidad de agua (menor capacidad de retención) lo que no concuerda con los resultados esperados ya que el congelamiento cambia las propiedades físico-químicas de la carne y reduce la proporción de agua inmobilizada (Northcutt et al., 1994). La

capacidad de ganar o perder agua del músculo también depende de cómo se trató al animal previo a la matanza y al músculo durante el procesamiento (Northcutt, et al., 1994).

Es importante mencionar que de acuerdo a los resultados, el tratamiento de glaseado con caldo de pollo (de hasta un 15%) que se aplica a las pechugas IQF contribuyó en gran forma a la retención de agua.

Pérdida de Agua por Cocción

La pérdida de agua por cocción (CL) del perdigón (“pellet”) fue determinada cocinando el pedazo de carne formado al determinar WHC II. Para fines comparativos, también se determinó la pérdida de agua por cocción en un trozo de carne intacta.

Cuadro 3. Efecto del método de congelamiento sobre la pérdida de agua de la carne de pechuga luego de la cocción

Variable	Tratamientos			Error estándar
	F ¹	FC	IQF	
Peso crudo	5.72 g	6.05 g	6.17 g	
Peso cocido	4.31 g	4.70 g	4.68 g	
Pellet (%)	24.68a ²	22.28b	24.06a,b	0.64
Peso crudo	160.79 g	137.30 g	100.44 g	
Peso cocido	129.04 g	110.11 g	73.53 g	
Carne intacta (%)	19.76b ²	19.80b	26.67a	0.93

¹ F = Fresca, FC = Fresca congelada de manera tradicional, IQF = “Individually Quick Frozen”

² Medias en la misma línea seguidas por distintas letras, difieren significativamente (P<0.05)

Los resultados obtenidos muestran que en la pérdida de agua por cocción determinada en el “pellet”, sólo se encontró diferencia significativa entre la carne proveniente de pechugas F y FC. Sin embargo, en la determinación realizada en el trozo de carne entera, la pérdida de agua por cocción de las pechugas IQF fue significativamente mayor que en las pechugas F y FC.

La mayor pérdida de agua por cocción de las pechugas IQF puede deberse a la liberación del glaseado al que fueron sometidas. Young and Smith (2004b) encontraron que, aunque el marinado tiende a aumentar la adsorción de humedad, el rendimiento posterior a la cocción no se aumenta ya que la mayor parte del marinado es del tipo de agua libre, que se pierde durante la cocción.

Las pechugas IQF se obtienen mediante un proceso conocido como “even-cook”, cuyo resultado son trozos de carne más delgados y uniformes pero con una mayor proporción de superficie expuesta por unidad de peso, lo que aumenta la pérdida de agua por evaporación. Debido a que la cocción se realizó utilizando un horno convencional hasta alcanzar una temperatura interna de 77°C , la mayor superficie expuesta por unidad de peso de las pechugas IQF pudo favorecer una mayor evaporación de agua. Además, el hecho de que fueran de un corte más delgado pudo favorecer la migración de agua interna hacia la superficie y aumentar la tasa de evaporación.

Terneza

En el Cuadro 4 se muestran los promedios del valor de la fuerza requerida para realizar el corte en trozos de carne cocinada provenientes de los distintos tipos de pechuga. Se puede observar que las pechugas IQF fueron las que requirieron menor fuerza para el corte, es decir, fueron las más tiernas. Las pechugas FC fueron más tiernas que las pechugas F pero la diferencia, aunque significativa, fue muy pequeña.

Cuadro 4. Efecto del método de congelamiento sobre la terneza de la carne de pechuga

Variable	Tratamientos			Error estándar
	F ¹	FC	IQF	
Fuerza	3.76b ²	3.16c	0.92a	0.17

¹ F = Fresca, FC = Fresca congelada de manera tradicional, IQF = "Individually Quick Frozen"

² Medias en la misma línea seguidas por distintas letras, difieren significativamente (P<0.05)

Las características organolépticas de la carne de pollo procesada están afectadas grandemente por los métodos utilizados durante su procesamiento. La terneza de los cortes deshuesados de pollo fresco está influenciada por el tiempo transcurrido entre la matanza y el deshuesado. Se recomienda esperar al menos unas 4 a 8 horas adicionales al periodo de enfriamiento luego de la matanza para obtener una carne de pechuga más tierna al ser cocinada (Lyon and Lyon, 1998). Si se esperan 6 horas antes del deshuese, 70-80% de la carne será tierna (Northcutt, 1997). También el calor, la transportación y el manejo contribuyen al estrés previo a la matanza, lo que puede alterar la terneza. La mayor terneza de las pechugas IQF también puede ser una consecuencia del proceso de marinado, que tiende a mejorar las características de la carne, como lo es la terneza.

Panel Sensorial

Los resultados de la evaluación sensorial para terneza y jugosidad (Ver apéndices AI y AII) de la carne de pechuga se presentan en los Cuadros 5 y 6, respectivamente.

Cuadro 5. Efecto del método de congelamiento sobre la percepción de terneza de la carne de pechuga de pollo

	Pares ¹					
	IQF-FC ²		IQF-F		FC-F	
	IQF	FC	IQF	F	FC	F
Respuestas de Panelistas ³	8	4	9	3	8	4
Porcentaje ⁴	67%	33%	75%	25%	67%	33%

¹ Pares de muestras posibles presentadas a los panelistas, de acuerdo a los tres tratamientos

² F = Fresca, FC = Fresca congelada de manera tradicional, IQF = “Individually Quick Frozen”

³ Número de panelistas, de un total de doce, que prefirieron el tratamiento indicado como el más tierno de acuerdo al par de muestras presentado

⁴ Porcentaje de panelistas, del total de doce, que prefirieron dicho tratamiento presentado como el más tierno

Al analizar los resultados obtenidos para la prueba sensorial, se determinó que los panelistas percibieron la carne de las pechugas IQF como más tiernas que la carne de las pechugas F y FC, siendo las pechugas F las que se percibieron como las más duras.

Sin embargo, los panelistas percibieron que la carne de las pechugas IQF eran menos jugosas que la carne de las pechugas FC y F (Cuadro 6) y, entre estas dos últimas, las pechugas F fueron percibidas como más secas.

Cuadro 6. Efecto del método de congelamiento sobre la percepción de jugosidad de la carne de pechuga de pollo

	Pares ¹					
	IQF-FC ²		IQF-F		FC-F	
	IQF	FC	IQF	F	FC	F
Respuestas de Panelistas ³	5	7	4	8	7	5
Porcentaje ⁴	42%	58%	33%	67%	58%	42%

¹ Pares de muestras posibles presentadas a los panelistas, de acuerdo a los tres tratamientos

² F = Fresca, FC = Fresca congelada de manera tradicional, IQF = "Individually Quick Frozen"

³ Número de panelistas, de un total de doce, que prefirieron el tratamiento indicado como el más jugoso de acuerdo al par de muestras presentado

⁴ Porcentaje de panelistas, del total de doce, que prefirieron dicho tratamiento presentado como el más jugoso

Al observar los resultados de terneza obtenidos con el panel sensorial y compararlos con los resultados obtenidos mediante la prueba de Warner-Bratzler se puede inferir cierta concordancia entre ambas metodologías, ya que en ambas el orden de terneza fue IQF, FC y F. De igual manera, la percepción de las pechugas IQF como las más secas concuerda con los resultados de pérdida de agua durante la cocción. Si bien es cierto que las pechugas FC perdieron más agua durante la cocción, aparentemente la pequeña diferencia, aunque significativa, no fue percibida por los panelistas en el análisis sensorial. Es probable que la pequeña diferencia pueda haber sido eliminada por la masticación y secreción salival de los panelistas durante el análisis sensorial (Meilgaard et al., 1991; Hollander, 1998).

Como se ha mencionado anteriormente, existen varios factores que se deben considerar al momento de discutir las características organolépticas de la carne e inferir cuán buenas pueden ser dichas características. Los factores involucrados incluyen todos aquellos relacionados con la fase de producción así como los relacionados con el recogido, transporte y manejo de los animales previo a la matanza y, finalmente, el tipo de procesamiento que se dé al producto hasta llegar a las manos del consumidor y servirlo en su mesa.

El consumidor puede intervenir sólo en dos fases del proceso general. Por una parte, tiene la oportunidad de seleccionar o escoger el producto basándose en atributos físicos de la carne, principalmente color, que los relaciona con atributos de calidad comestible. En segundo lugar, tiene la opción de consumirlo fresco de inmediato o conservarlo refrigerado por corto tiempo o congelarlo para un consumo posterior. De estos factores, es posible que el método de congelamiento sea el que más afecte la calidad de la carne, especialmente el color, terneza y jugosidad.

El éxito del mercadeo de nuevos productos con valor agregado está basado en el conocimiento de las preferencias y necesidades de los consumidores. El consumidor basa la adquisición de los productos y servicios basándose en sus preferencias y en los beneficios que obtienen a un costo determinado (Labajova, 2004). Debido a que la economía de Puerto Rico está abierta a las importaciones directas de alimentos, el productor local se ve obligado a ofrecer productos de producción local que sean competitivos con los importados, tanto en aspecto como en calidad y costo. La empresa de pollos parrilleros es la segunda empresa pecuaria en importancia económica en Puerto Rico y se ha demostrado que los consumidores estarían dispuestos a pagar más por el

pollo producido localmente, siempre y cuando se le asegure que es un producto de fresca, conveniencia y calidad (Labajova, 2004).

Los consumidores de pollo de Estados Unidos prefieren la carne de pechuga mientras que los rusos y los asiáticos prefieren la carne más oscura, como lo son los muslos y las caderas (Jim Perdue, comunicación personal). Esta misma tendencia se observa en Puerto Rico dando la opción de ampliar la producción de carne de pollo para proveer más pechugas para consumo local y procesar los cortes de menor demanda local para ser exportados a aquellos países que muestran una mayor predilección por ellos.

Conclusiones

Mediante este estudio, se pudieron determinar las características fisicoquímicas y organolépticas de la carne de pollo fresca y tratada ulteriormente como lo son el color, la capacidad de retención de agua, la pérdida de agua por cocción y la terneza. También, mediante las pruebas llevadas a cabo, se compararon entre sí las características obtenidas para cada tratamiento de carne de pollo analizada y se determinó cuál tratamiento es más atractivo a la vista y el paladar del consumidor de Puerto Rico.

El llevar a cabo un análisis sensorial demostró que los resultados obtenidos en el laboratorio guardan una relación directa con lo detectado por los panelistas, queriendo esto decir que el consumidor puede apreciar o diferenciar lo que es atractivo a su paladar o gusto.

Debido a la intensa demanda por parte del consumidor de productos de valor agregado, como lo es la pechuga congelada de manera individual, ya que sus características tienden a mejorar grandemente y tiene grandes beneficios desde el punto de vista de inocuidad de alimentos, es importante notar que estos productos tienen un gran potencial de desarrollo en Puerto Rico, creando así nuevos empleos y promoviendo el consumo de carne de pollo local.

Bibliografía

- Aberle E. D., J.C. Forrest, D.E. Gerrard y E.W. Mills. 2001. **Principles of meat science**. 4th ed., Kendall Hunt Publishing Co., Dubuque, Iowa. 354.
- Acevedo, M. 2004. Evaluación de los atributos principales de calidad de la carne de res de origen local e importada, según se ofrece al consumidor. Tesis de Maestría. Programa de Ciencia y Tecnología de Alimentos, CCA-RUM.
- Barbut, S., 1993. Color measurements for evaluating the pale soft exudative (PSE) occurrence in turkey meat. **Food Res. Int.** 26:39-43.
- Departamento de Agricultura de Puerto Rico. Oficina de Estadísticas Agrícolas. 2001. Informe sobre consumo de carne de aves en Puerto Rico. Santurce, P.R.
- Departamento de Agricultura de Puerto Rico. Oficina de Estadísticas Agrícolas. 2004. Informe sobre consumo de carne de aves en Puerto Rico. Santurce, P.R.
- Dransfield, E., Sosnicki, A.A. 1999. Relationship between muscle growth and poultry meat quality. **Poultry Sci.** 78: 743-746.
- Fletcher, D.L. 1999. Broiler breast meat color variation, pH, and texture. **Poultry Sci.** 78: 1323-1327.
- Froning, G.W. 1995. Color of poultry meat. **Poultry Avian Biol. Rev.** 6: 83-93.
- Haley, M. 2001. Changing consumer demand for meat: The U.S. Example, 1970-2000. **Economic Research Service, USDA.** 41-48.
- Hollander, R. 1998. **Introduction to sensory evaluation.** University of Penn State.
- Jauregui, C.A., Regenstein, J.M., Baker, R.C. 1981. A simple centrifugal method for measuring Expressible moisture, a water-binding property of muscle foods. **Journal of Food Science.** 46: 1271-1273.
- Labajova, K. 2004. Posicionamiento de productos agrícolas locales versus importados: Un estudio de los consumidores de carne de pollo, huevos y carne de cerdo del Municipio de Mayagüez, Puerto Rico. Tesis de Maestría. Departamento de Economía Agrícola. CCA-RUM.

- Lyon, C.E., Lyon, B.G. 1990. The relationship of objective shear values and sensory tests to changes in tenderness of broiler breast meat. **Poultry Sci.** 69: 1420-1427.
- Lyon, B.G., Lyon, C.E. 1991. Research Note: Shear value ranges by Instron Warner-Bratzler and Single-Blade Allo-Kramer Devices that correspond to sensory tenderness. **Poultry Sci.** 70: 188-191.
- Lyon, B.G., Lyon, C.E. 1998. Assessment of three devices used in shear tests of cooked breast meat. **Poultry Sci.** 77: 1585-1590.
- Meilgaard, M., G. V. Civile y B. T. Carr. 1991. Sensory Evaluation Techniques, 2nd Ed. CRC Press, Inc., Boca Raton, Fl. 354.
- Murphy, R.Y., Marks, B.P. 2000. Effect of meat temperature on proteins, texture and cook loss for ground chicken breast patties. **Poultry Sci.** 79: 99-104.
- Northcutt, J.K., Foegeding, E.A., Edens, F.W. 1994. Water-Holding properties of thermally preconditioned chicken breast and leg meat. **Poultry Sci.** 73: 308-316.
- Northcutt, J.K. 1997. Factors affecting poultry meat quality. **University of Georgia College of Agricultural and Environmental Sciences, Department of Poultry Science.** Bulletin 1157.
- Perdue, J. 2005. Conversación personal en instalaciones de Perdue Farms. Salisbury, Maryland.
- Pietrzak, M., Greaser, M.L., Sosnicki, A.A. 1997. Effect of rapid rigor mortis processes on protein functionality in pectoralis major muscle of domestic turkeys. **J. Anim. Sci.** 75: 2106-2116.
- Qiao, M., Fletcher, D.L., Smith, D.P., Northcutt, J.K. 2001. The effect of broiler breast meat color on pH, moisture, water-holding capacity, and emulsification capacity. **Poultry Sci.** 80: 676-680.
- Sams, A.R. 1999. Meat quality during processing. **Poultry Sci.** 78: 798-803.
- SAS. 1999. General linear models procedure, SAS Institute Inc., V8, Cary, North Carolina.
- Young, L.L., Smith, D.P. 2004a. Moisture retention by water and air-chilled chicken broilers during processing and cutup operations. **Poultry Sci.** 83: 119-122.

Young, L.L., Smith, D.P. 2004b. Effect of vacuum on moisture absorption and retention by marinated broiler fillets. **Poultry Sci.** 83: 129-131.

Apéndices

Apéndice A I: Cuestionario de terneza

Núm. de Panelista _____

Fecha _____

Prueba: Ordenamiento de muestras pareadas

Producto: Pechuga de pollo

Parámetro Sensorial: Terneza

Instrucciones:

1. Usted recibirá un plato con dos muestras enumeradas con un código de tres dígitos.
2. Pruebe las muestras de izquierda a derecha.
3. Coloque la muestra entre sus muelas. Con la primera mordida evalúe la fuerza necesaria para penetrar la muestra completamente y tome esta evaluación como su observación de la terneza de la muestra. Mastique la muestra tres veces más y evalúe la jugosidad de la misma en base a cuan húmeda se siente su boca. Enjuague su boca con agua y realice el mismo procedimiento con la otra muestra que se encuentra en el plato.
4. Indique **cual de las muestras es más tierna**, escribiendo una X con el código en el lugar correspondiente (izquierda o derecha).
5. Repita el mismo procedimiento hasta evaluar todos los pares de muestras.

# de par	Muestra izquierda	Muestra derecha	Observaciones
1	_____	_____	_____
2	_____	_____	_____
3	_____	_____	_____

** No se permiten veredictos de que no existe diferencia, escoja la muestra que mejor cumpla con el parámetro en cuestión. Cualquier comentario deberá hacerlo en el área de observaciones. Favor hacer todas las preguntas antes de comenzar, ya que una vez comenzada la prueba no se puede proveer ayuda. **Gracias por su ayuda!!**

Apéndice A II: Cuestionario de jugosidad

Núm. de Panelista _____

Fecha _____

Prueba: Ordenamiento de muestras pareadas

Producto: Pechuga de pollo

Parámetro Sensorial: Jugosidad

Instrucciones:

6. Usted recibirá un plato con dos muestras enumeradas con un código de tres dígitos.
7. Pruebe las muestras de izquierda a derecha.
8. Coloque la muestra entre sus muelas. Con la primera mordida evalúe la fuerza necesaria para penetrar la muestra completamente y tome esta evaluación como su observación de la terneza de la muestra. Mastique la muestra tres veces más y evalúe la jugosidad de la misma en base a cuan húmeda se siente su boca. Enjuague su boca con agua y realice el mismo procedimiento con la otra muestra que se encuentra en el plato.
9. Indique **cual de las muestras es más jugosa**, escribiendo una X con el código en el lugar correspondiente (izquierda o derecha).
10. Repita el mismo procedimiento hasta evaluar todos los pares de muestras.

# de par	Muestra izquierda	Muestra derecha	Observaciones
1	_____	_____	_____
2	_____	_____	_____
3	_____	_____	_____

** No se permiten veredictos de que no existe diferencia, escoja la muestra que mejor cumpla con el parámetro en cuestión. Cualquier comentario deberá hacerlo en el área de observaciones. Favor hacer todas las preguntas antes de comenzar, ya que una vez comenzada la prueba no se puede proveer ayuda. **Gracias por su ayuda!!**