



Nacameh

Vocablo náhuatl para “carnes”

Volumen 5, Suplemento 1, Julio 2011

Difusión vía Red de Computo semestral sobre Avances
en Ciencia y Tecnología de la Carne

Derechos Reservados[©] MMXI

ISSN: 2007-0373

<http://cbs.izt.uam.mx/nacameh/>



Factores involucrados en la calidad de la carne de pollo* **Factors involved in poultry quality**

María del Pilar Castañeda✉

*Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola
FMVZ, UNAM. ✉ pilarcs@servidor.unam.mx*

Introducción

La calidad ha sido definida como todas aquellas características deseables para los consumidores y por las cuales los productores y procesadores enfocan su atención en satisfacerlas. Entre los productos de mayor demanda en nuestro país se encuentra la carne de pollo, dado que los consumidores buscan alimentos nutritivos y de fácil preparación.

La industria avícola se ha mantenido competitiva debido a su habilidad de cambiar y evolucionar continuamente de acuerdo a los cambios en las necesidades de los consumidores. Sin embargo la demanda de calidad en la carne de pollo abarca tanto las características deseables en canales completas, así como en partes o carne deshuesada. Las características de calidad en canales completas comprenden la pigmentación, apariencia, tamaño y peso. Mientras que la carne deshuesada es la base en la manufactura de productos con valor agregado, los cuales representan un cambio en la presentación tradicional de la carne de pollo, debido a la demanda del consumidor por productos que representen mayor comodidad y por la variedad en productos cárnicos. Sin embargo en el cambio de canales completas a productos con valor agregado los procesadores han enfrentado diversos problemas en cuanto a calidad de la carne, estos problemas están relacionados con características de suavidad, color, capacidad de retener agua y capacidad de cohesión, las cuales han sido reportadas en carne de

* Basado en la conferencia "Factores involucrados en la calidad de la carne de pollo", por la Dra. Pilar Castañeda, durante el Coloquio Nacional de Ciencia y Tecnología de la Carne, celebrado del 13 al 15 de julio del 2011, en el Auditorio Arq. Pedro Ramírez Vázquez de la Rectoría de la UAM, Ciudad de México, México.

pollo y pavo. Estas características están relacionadas con carne pálida, suave y exudativa (PSE), la cual es caracterizada por presentar un color pálido, textura suave y baja capacidad de retener agua, siendo asociada con factores de estrés antemortem y postmortem.

Apariencia y manejo antemortem.

La apariencia de las canales de pollo así como la pigmentación cutánea son los indicadores de calidad más utilizados comúnmente por los consumidores, siendo lo más deseado por estos, una piel uniforme con ausencia de hemorragias o laceraciones y con una pigmentación de acuerdo a la zona geográfica en la cual se comercializa la canal (Ingalls y Ortiz, 2007).

Las consecuencias del manejo antemortem de las aves incluyen una pérdida del rendimiento de la canal, así como la depreciación del valor de las piezas dado por la presencia de hemorragias, hematomas, rasguños, huesos dislocados o rotos en las aves, un color no deseado, así como una modificación en las características bioquímicas de la carne, sin embargo los efectos del periodo de la captura al procesamiento es la que causa mayor incidencia de estos defectos.

Las aves se retiran de la granja alrededor de las 7 semanas de edad y en México esta captura se realiza manualmente, sujetando a las aves por las patas y los miembros de la flotilla de captura pueden sujetar hasta cinco aves por cada mano, sujetando a cada una por una pata, esto puede variar de acuerdo al tipo de pollo que se captura. Por ello las posibilidades de ocasionar traumatismos son considerables, en particular se puede causar la dislocación del fémur en la articulación coxo-femoral. Luego de ser capturadas, las aves son colocadas en jaulas plásticas o metálicas (modulares) y son apiladas en un vehículo para su transporte a la planta de procesamiento.

El diseño de las jaulas no permite un acceso fácil ni un movimiento libre de las aves dentro de estas, la ventilación es pasiva y queda dificultada por el apilamiento apretado las jaulas. Las aves que quedan en el centro de la carga pueden sufrir hipertermia, mientras que las que permanecen hacia fuera pueden experimentar hipotermia.

Los problemas de calidad de la canal y de la carne se asocian con las condiciones que son estresantes para las aves vivas como son: la captura, el enjaulado, el tiempo de transporte y el manejo en la planta de procesamiento. La importancia de reducir los traumatismos se basa en que el 35% de la mortalidad de las aves durante el transporte es debido a estos.

Además los hematomas y las hemorragias no se detecta en el ave viva y se hacen visibles sólo durante las primeras fases del procesamiento después del desplumado y estos se producen principalmente en la pechuga, seguida de las patas y las alas, luego del dorso y los muslos y esto hace disminuir el rendimiento de la canal debido al recorte de las piezas o al decomiso parcial de estas porciones.

Debido a la alta incidencia de estos defectos causados por la captura tradicional del pollo de engorda se han sugerido diversas alternativas que van desde la captura mecánica para reducir las jornadas laborales y menor contacto con el pollo hasta el sistema brasileño que toma ave por ave más cuidadosamente.(7,8) Este último tiene por objetivo capturar a las aves individualmente, realizando la sujeción de las mismas en ambos lados (de ahí que en campo se le conoce como captura “en bola” debido a la similitud en sujetar una pelota o bola). Reportes de campo indican que el sistema brasileño disminuye la incidencia de hemorragias, rasguños, huesos rotos y dislocados en las parvadas de pollo, sin embargo no es utilizado extensivamente debido a que se reporta que es necesario aumentar el número de trabajadores de la flotilla, así como el tiempo que se emplea en la captura de la parvada. Sin embargo en pruebas de campo ha demostrado ser un sistema eficaz en disminuir la incidencia de la enfermedad del músculo verde o miopatía pectoral profunda.

Pigmentación

La pigmentación de las canales de pollo de engorda es un atributo importante en algunos países ya que representa un aspecto económico de relevancia para la industria avícola, debido a los altos costos de pigmentación aunado a las perdidas en el valor de las canales cuando se presenta una mala pigmentación.

El color de los alimentos es uno de las características más importantes que determina la selección por parte del consumidor antes de la compra del mismo. En algunos países latinoamericanos así como en algunas regiones de los Estados Unidos es deseable una coloración de la piel dorada o amarilla la cual repercutirá en el precio. Las canales que no logran la coloración demandada reciben un menor valor comercial. El color actual o grado de pigmentación de la piel del pollo de engorda está basado en preferencias o tradiciones locales, por ejemplo en México los consumidores consideran la coloración de la piel como indicador de salud y frescura, así como de crianza en condiciones tradicionales.

Los pigmentos o carotenoides son sintetizados únicamente por las plantas, mientras que los presentes en los animales provienen de su dieta. Las xantofilas son un grupo de compuestos que pertenecen a los carotenoides. Los términos “carotenoides o xantofilas” se usan como sinónimos en la literatura del área avícola, los cuales se refieren a los pigmentos solubles en grasas que se encuentran en los productos avícolas. Por lo tanto los carotenoides son los responsables de la coloración dorada de la piel de las canales de pollo de engorda, sin embargo la dieta utilizada en estas aves no provee la cantidad suficiente de xantofilas que se requiere para producir el color que se demanda por los consumidores por lo tanto para alcanzar esta pigmentación objetivo es necesario suplementar productos ricos en xantofilas a la dieta.

Debido a que la suplementación de pigmentos en la dieta representa un alto costo existe un impacto económico en la parvada cuando esta no alcanza la pigmentación deseada, causando un decremento en su valor económico. Debido a que los suplementos ricos en xantofilas son costosos la industria avícola esta constantemente buscando métodos para suplementar los pigmentos necesarios en la dieta para lograr una máxima pigmentación al mínimo costo, así como el estudio de los factores que mejoren la utilización de estos. Lo cual ha inducido a la investigación a identificar y controlar los factores que afectan la pigmentación cutánea del pollo de engorda con el objetivo de incrementar la eficiencia de los suplementos utilizados en la industria avícola. Entre los factores reportados que afectan la pigmentación se encuentra la habilidad genética de las aves, la salud de la parvada, las fuentes utilizadas en las raciones y otros factores relacionados con dieta, condiciones de crianza así como el procesamiento.

Deposición de los pigmentos

De acuerdo con Fletcher (1982) la utilización de pigmento se refiere a la cantidad de pigmento depositado en relación a la cantidad de pigmento en el alimento. Los carotenoides suministrados en la dieta son depositados en varios tejidos a diferentes tasas. Heath (1972) reportó una diferencia importante cuando la membrana plantar y tarsos fueron comparados con la piel de la pechuga y de la espalda, sin embargo pequeñas diferencias fueron encontradas cuando la membrana plantar fue comparada con los tarsos y la piel de la pechuga comparada con la piel de la espalda. La eficiencia pigmentante de los carotenoides está basada en la retención de los carotenoides primeramente en el tejido “blanco”. Basado en los

requerimientos del consumidor, los “blancos” que tienen que ser pigmentados son la yema de huevo, la piel y la grasa subcutánea del pollo de engorda.

Carne Pálida, Suave y Exudativa

Las características de carne pálida, suave y exudativa fueron reconocidas hace décadas en cerdos, siendo asociadas con factores genéticos, estrés antes del sacrificio y métodos de sacrificio (Barbut, 1993). Recientemente la aparición de carne pálida proveniente de filetes de pechuga de pollo y pavo fue observada después del enfriamiento de la carne en la planta de procesamiento y en la venta al menudeo en supermercados. Algunos procesadores separan los filetes pálidos de la carne destinada para productos con valor agregado debido a su pobre funcionalidad lo que causa variaciones en la calidad del producto (Sams 2000). En un principio fue descrita como carne con presentación de un color claro amarillo-blanco, que puede virar hasta un color gris durante el almacenamiento y distribución, sin crecimiento bacteriano excesivo (Boulianne and King, 1995). La incidencia de esta presentación en el procesamiento avícola ha provocado un gran desarrollo de investigación en este problema. McCurdy y col. (1996) estimó una incidencia de carne PSE entre 5 y 30% en parvadas comerciales de pavos. Barbut (1996) utilizó el valor de luminosidad (L^*) del sistema CIELab para determinar la prevalencia de la carne pálida suave y exudativa en pavos. De este estudio determinó que entre un 18 y 34% de aves provenientes de 8 parvadas tienen valores de L^* mayores de 50 y muestran características de carne pálida, suave y exudativa. Mientras que en pollo de engorda se reporta una incidencia que varía entre 2 y 20%, la cual puede variar de las condiciones ambientales (Barbut, 1998). Sin embargo Woelfel y col. (2002) reportaron una incidencia de 47% de carne pálida tomando como referencia valores de luminosidad mayores de 54 y con características de pobre capacidad de retener agua.

En adición al tamaño, el color es un aspecto de la uniformidad que preocupa a los procesadores (Sams, 2000), debido a que es un factor importante en la calidad de la carne. Diversos componentes juegan un rol en el desarrollo del color, entre los que se encuentran concentración de mioglobina, estado oxidativo del hierro dentro de la mioglobina, así como el pH muscular (Fletcher, 1999). Entre estos el último se considera el más importante, debido a que bajo pH muscular, causa una reducción en el tamaño de las

miofibrillas provocando un incremento en la dispersión de la luz en la superficie miofibrilar (Foegeding y col., 1996), este efecto aumenta debido a que la desnaturalización de proteínas causa también dispersión de la luz (Bendall, 1973). Además la capacidad de ligar agua esta relacionada con el color de la carne y con el pH muscular, debido a que bajo condiciones de bajo pH en la carne, existe menor habilidad de ligar agua y por lo tanto más agua en el espacio extracelular resultando en reflexión de la luz mas que absorción (Hamm, 1960; Lawrie, 1998). La combinación de efecto de bajo pH, la desnaturalización de proteínas y la presencia de mayor cantidad de agua en espacio extracelular causa palidez en la carne. Van Laack y col., (2000) reportó las características de la carne PSE en pollo de engorda, determinando pH menor, valores mayores de luminosidad (L^*), menores de enrojecimiento (a^*), mayor pérdida por goteo y menor humedad comparados con filetes de pechuga normales. Observando una alta correlación parejas de variables como son pH y valor de luminosidad, pH y retención de humedad, pH y rendimiento al cocimiento, así mismo entre valor de luminosidad con retención de humedad, rendimiento al cocimiento y solubilidad de proteínas, por lo tanto los principales determinantes de capacidad de retener agua en la carne son pH y solubilidad de proteínas. Pietrzack y col. (1997) en un estudio bioquímico extensivo mostró que la insolubilidad irreversible de la miosina es un factor decisivo en el temprano desarrollo del rigor mortis asociado con carne PSE en pavos.

Carne PSE y su relación con el estrés

Seyle (1950) reportó que animales expuestos a factores estresantes, tales como fatiga, frío, inanición reaccionan con un incremento en la secreción de hormonas de la médula y corteza adrenal. Un efecto de estas hormonas es la alteración en los niveles de glucógeno hepático y muscular, por lo tanto cambios en el último son particularmente importantes en la calidad de la carne. El problema de carne pálida suave y exudativa es causado por la combinación de factores genéticos como desarrollo muscular extremo, gran tamaño y metabolismo predominantemente anaeróbico de los músculos de la pechuga, así mismo una pobre respuesta al estrés antemortem (estrés por temperatura ambiental, transportación, practicas de manejo antes del sacrificio, métodos de insensibilización) causando un rápido descenso del pH y una abrupta llegada al rigor mortis cuando la temperatura del músculo es todavía alta ($> 35\text{ }^{\circ}\text{C}$) (Warris y col, 1999).

Genética

En cerdos la selección genética para mayores pesos y animales magros han resultado en animales susceptibles genéticamente a estresantes antemortem y post-mortem, los cuales inducen a cambios fisiológicos y bioquímicos en el músculo que resulta en el desarrollo de características de carne PSE (Cassens y col. 1975). Esta susceptibilidad genética ha sido probada a través de comprobar que existe una mutación en el receptor rianodina, el cual es un canal liberador de calcio en el músculo. Durante la contracción muscular un defecto en el receptor rianodina causa que el canal permanezca abierto, permitiendo un gran influjo de calcio dentro del sarcoplasma. Debido a que el canal está bloqueado es difícil que el calcio sea removido del sarcoplasma para permitir la relajación del músculo. Por lo cual el músculo permanece en continua contracción lo que resulta en un incremento del metabolismo muscular.

El gen responsable por el defecto en el receptor rianodina es conocido como el gen halotano debido a que en cerdos ha sido probado sensible también al gas halotano (Fuji y col., 1991). Gracias a esta asociación de la sensibilidad al halotano con el desarrollo de carne PSE, el uso de este gas ha sido una herramienta útil para detectar cerdos susceptibles a desarrollar carne PSE (Houde, y col., 1993). Owens y col. (2000b) utilizó dos líneas genéticas en pavos, una de ellas fue seleccionada para rápido crecimiento corporal y la otra para mayor rendimiento de pechuga para identificar aves susceptibles a desarrollar carne pálida suave y exudativa siendo 10% aves susceptibles en ambas líneas genéticas al ser expuestas a 3% de halotano por 5 minutos entre las 2 y 4 semanas de edad.

Transportación

Ha sido mostrado que la transportación de animales es estresante debido al incremento en los niveles de β -endorphin, corticosterona, cortisol y creatina fosfoquinasa (Freeman y col., 1984). Owens y col. (2000a) detectó pavos positivos y negativos a la prueba del halotano y fueron transportados en jaulas durante 2 horas antes de ser sacrificados. Se observó que los pavos positivos mostraron filetes de pechuga con valores mayores a 51 comparado con animales negativos, sin mostrar características de baja capacidad de retener agua.

Sosnicki (1993) sugirió que la exposición a estrés antemortem por frío o por calor o ya sea estrés asociado con transporte, podría causar isquemia local en el músculo de la pechuga, promoviendo así un metabolismo glicolítico y

rápida caída del pH. Aves sacrificadas en granja, que no fueron sujetas a estrés por transporte, mostraron un alto pH muscular comparado con aves transportadas por 12 horas a la planta de procesamiento.

Temperatura ambiental

Diversos estudios del efecto de condiciones antes del sacrificio (especialmente estrés calórico) en la carne de pavo se han relacionado con color pálido, bajo pH, dureza y pobre capacidad de retener agua en algunas aves. Durante las épocas de verano, la industria del pavo reporta pérdidas substanciales en rendimiento debido a carne con pobre capacidad de ligar agua, textura pobre y color pálido. McKee y Sams (1997) reportaron que pavos mantenidos bajo condiciones de estrés calórico (32-38 °C) por un período de 3 días mostraron un rápido descenso del pH, altos valores de R, color pálido y mayores pérdidas en pérdida por goteo y por cocimiento. En otro estudio, muestras de pavos fueron positivas y negativas al halotano y sometidas a condiciones de estrés calórico, mostraron que la susceptibilidad al estrés calórico y al halotano está asociados a edad temprana, desarrollando al sacrificio carne pálida suave y exudativa (Owens y col., 2000b). Por otro lado Holm y Fletcher (1997) reportaron que pollo de engorda bajo condiciones de alta temperatura (29 °C) antes del procesamiento puede afectar negativamente las mermas en aves vivas así como las características de calidad de la carne principalmente perdida al cocimiento. Estrés por frío también se ha relacionado en la presentación de carne pálida, suave y exudativa, Fronning y col. (1978) sugirió que estrés por frío o calor aparentemente afectan la calidad de la carne en diferentes modos. Word y Richards (1975) reportaron que temperaturas de 2 °C antes del sacrificio en pollos de engorda, aceleró la glicólisis postmortem, lo cual puede repercutir en la calidad de la carne.

Condiciones de procesamiento

El procesamiento es la última etapa en la producción de pollo de engorda que tiene una gran importancia ya que depende de esta que se mantenga la calidad de las aves obtenidas de la granja o se afecte de manera que causa pérdidas económicas al procesador. Condiciones de enfriamiento afectan la calidad de la carne, Lesiak y col. (1997) mostraron que incrementar el periodo de tiempo antes del enfriamiento de canales de pollo incrementa las pérdidas por goteo, así mismo afecta también las pérdidas en cocimiento. Por otro lado Molette y col. (2003) reportaron que filetes de pavo mantenidos a temperaturas de 40 °C durante 6 horas, mostraron valores

altos de luminosidad, así como valores altos de pérdida por goteo y baja extracción de proteínas miofibrilares, características similares a carne PSE.

Conclusión

El manejo antemortem el cual inicia con los programas de ayuno pueden ser factores fundamentales en la calidad de la canal y de la carne de pollo. Sin embargo dentro de estos manejos la captura es uno de los factores que mayor influencia tienen en la calidad de la canal, dada la apariencia de estas. Así mismo temperaturas ambientales, transportación, prácticas de manejo antes del sacrificio, métodos de sacrificio, así como prácticas postmortem en la planta de procesamiento como son los regimenes de enfriamiento pueden contribuir al desarrollo de carne pálida suave y exudativa por el incremento en el metabolismo muscular.

La pigmentación de la canal es una característica de calidad que posee un valor comercial muy alta, siendo influenciada por factores desde la producción viva, hasta condiciones de procesamiento.

Por lo tanto es fundamental la supervisión de condiciones tanto de manejo antemortem, hasta las que predominan en la planta de procesamiento para incrementar la disminución de fallas en la apariencia de las canales, en la pigmentación, así como en la presentación de carne pálida, suave y exudativa, debido al efecto negativo en la calidad de la carne y en los productos de procesamiento ulterior, reflejándose en pérdidas económica para los procesadores.

Referencias

- BARBUT S. (1996). Estimates and detection of the PSE problem in young turkey breast meat. *Canadian Journal of Animal Science* 76: 455-457.
- BARBUT S. (1998). Estimating the magnitude of PSE problem in poultry. *Journal of Muscle Foods* 9: 35-49.
- BARBUT S. (1993) Colour measurements for evaluating the pale, soft and exudative (PSE) occurrence en turkey meat. *Food Research International* 26: 39-43.
- BOULIANNE M., A.J. KING (1995). Biochemical and color characteristics of skin boneless pale chicken breast. *Poultry Science* 74: 1693-1698.
- CASSENS R.G., D.N. MARPLE, G. EIKELNBOOM (1975). Animal physiology and meat quality. *Advances in Food Research* 21: 71-155.

- FEDDES J.J.R., E.J. EMMANUEL, M.J. ZUIDHOF (2002). Broiler performance, body weight variance, feed and water intake, and carcass quality at different stocking densities. *Poultry Science* 81: 774-779.
- FLETCHER D.L. (1977a). Factors affecting the measurement and utilization of xanthophylls in the egg yolk and broiler skin. Dissertation. University of Florida, Gainesville.
- FLETCHER D.L. (1977b). The influence of light in broiler pigmentation. *Poultry Science* 56: 953-956.
- FLETCHER D.L. (1982). Current research in the evaluation of pigment sources for poultry. *Proceedings Maryland Nutrition Conference for Feed Manufacturers*. pp. 21-26.
- FLETCHER D.L., C.M. PAPA, F.X. TIRADO (1986). The effect of saponification on the broiler coloring capability of marigold extracts. *Poultry Science* 65: 1708-1714.
- FLETCHER D.L. (1992). Methodology for achieving pigment specifications. *Poultry Science* 71: 733-743.
- FREEMAN B.M., P.J. KETTLEWELL, A.C.C. MANNING, P.S. BERRY (1984). Stress of transportation for broilers. *Vet. Rec.* 114:286-287
- FRONNING G.W., A.S. BABJI, F.B. MATHER (1978). The effect of preslaughter temperature, stress, struggle and anesthetization on color and textural characteristics of turkey muscle. *Poultry Science* 57: 630-633.
- FUJII J., K. OTSU, F. ZORATO, S. DELEON, V.K. KHANNA, J. WEILER, P.J. O'BRIEN, D.H. MACLENNAN (1991). Identification of a mutation in the porcine ryanodine receptor that is associated with malignant hyperthermia. *Science* 253: 448-451.
- HEATH J.L. (1972). Pigmentation losses during processing. *Proceedings Maryland Nutrition Conference for Feed Manufacturers*. pp. 41-47.
- HOLM C.G.P., D.L. FLETCHER (1997). Antemortem holding temperatures and broiler breast meat quality. *Journal of Applied Poultry Research* 6: 180-184.
- HOUDE A., S.A. POMMIER, R. ROY (1993). Detection of rianodina receptor mutation associated with malignant hyperthermia in purebred swine populations. *Journal of Animal Science* 71: 1414-1418.
- INGALLS H.F., M.A. ORTIZ (2007). Relación mortalidad-rentabilidad en la producción de carne de pollo. *Memorias de XXXII Convención Anual*

- ANECA. Asociación Nacional de Especialistas de Ciencias Avícolas. México.
- JAMES C., C. VINCENT, T.I. DE ANDRADE-LIMA, S.J. JAMES (2006). The primary chilling of poultry carcasses. A review. *International Journal of Refrigeration* 29: 847-862.
- KANNAN G., J.L. HEATH, C.J. WABECK, M.C.P. SOUZA, J.C. HOWE, J.A. MENCH (1997). Effects of Crating and Transport on Stress and Meat Quality Characteristics in Broilers. *Poultry Science* 76: 523-529.
- LESLIAK M.T., D.G. OLSON, C.A. LESIAK, D.U. AHN (1997). Effects of post-mortem time before chilling and chilling temperatures on water holding capacity and texture of turkey breast muscle. *Poultry Science* 76: 552-556.
- MCCURDY R., S. BARBUT, M. QUINTON (1996). Seasonal effects on PSE in young turkey breast meat. *Food Research International* 29: 363-366.
- MCKEE S.R., A.R. SAMS (1997). The effect of seasonal heat stress on rigor development and the incidence of pale, exudative turkey meat. *Poultry Science* 76: 1616-1620.
- OWENS CM, NS MATTHEWS, AR SAMS (2000a). The use of halothane gas to identify turkeys prone to developing pale, exudative meat when transported before slaughter. *Poultry Science* 79: 789-795.
- OWENS C.M., S.R. MCKEE, N.S. MATTHEWS, A.R. SAMS (2000b). The development of pale, exudative meat in two genetic lines of turkeys subjected to heat stress and its prediction by halothane screening. *Poultry Science* 79: 430-435.
- PIETRZAK M., M.L. GREASER, A.A. SOSNICKI (1997). Effect of rapid rigor mortis processes on protein functionality in *Pectoralis major* muscle of domestic turkeys. *Journal of Animal Science* 75: 2106-2116.
- SAMS R.A. (2000). Second processing: parts, deboning and portion control in Poultry Meat Processing. Capitulo 4. Edited by Sams, A.R. C.R.C. Press.
- SELYE H. (1950). The physiology and pathology of exposure to stress. Acta Inc., Montreal.
- SOSNICKI A.A. (1993). PSE in turkey. *Meat Focus International*, February, p.p. 75-78.

- VAN LAACK R.L.J.M., C.H. LIU, M.O. SMITH, H.D. LOVEDAY (2000). Characteristics of pale, soft, exudative broiler breast meat. *Poultry Science* 79: 1057-1061.
- WARRIS P.D., L.J. WILKINS, T.G. KNOWLES (1999). The influence of ante-mortem handling on poultry meat quality in *Poultry Meat Science*. Capitulo 9. Edited by Richardson, R.I. and Mead G.C. CABI Publishing. London.
- WOELFEL R.L., C.M. OWENS, E.M. HIRSCHLER, R. MARTINEZ-DAWSON, A.R. SAMS (2002). The characterization and incidence of pale, soft and exudative broiler meat in a commercial processing plant. *Poultry Science* 81: 579-584.
- WOOD D.F., J.F. RICHARDS (1975). Effect of some antemortem stressors on post-mortem aspects of chicken broiler *Pectoralis muscle*. *Poultry Science* 54: 528-531.