

Evaluación de la calidad de la carne de pollo en el mercado minorista: efectos del tipo y origen de las canales

Evaluation of the broiler meat quality in the retail market: Effects of type and source of carcasses

Youssef A. Attia^a, Mohammed A. Al-Harathi^a, Mohamed A. Korishab,
Mohamed M. Shiboob^c

RESUMEN

El objetivo fue documentar la variabilidad en la calidad y contenido de nutrientes de la carne de pollo en el mercado de la ciudad de Jeddah (Arabia Saudita) proveniente de dos tipos de canales de pollos de engorda: congelados y frescos. También hay tres orígenes dentro de cada tipo (A, B, C) y (D, E y F), respectivamente. Estos fueron evaluados usando 45 canales de cada tipo, es decir, 15 canales de cada origen, seleccionadas durante tres meses. Los tipos de carne (congelada o fresca) y los orígenes dentro de cada tipo tuvieron una influencia significativa ($P<0.05$) en la apariencia y defectos de las canales, incluyendo peso de la piel y características de pechuga y pierna. Además, las cualidades físicas (pH, pérdida por goteo, ligereza y color amarillo) y la composición química (materia seca, proteína cruda, contenido de Ca, P, Na y K) fueron significativamente afectadas por cada tipo de carne y origen dentro de los tipos. La calidad de la carne de pollo en el mercado minorista mostró ser significativamente diferente en cuanto a selección del cliente para cumplir con su ingesta diaria recomendada. Esta diferencia en la calidad de la carne demostró potencial para impulsar su calidad nutritiva. Esto sugiere que los consumidores de carne pueden aumentar su ingesta de nutrientes a través de ser cuidadosos con sus compras. Además, dicha variación muestra la necesidad de la práctica constante en la cría y producción, en cuanto a la aplicación de normas y aspectos de nuevos controles de calidad. Basándose en el contenido nutricional declarado por las autoridades del mercado, esto puede impactar en el bienestar de los consumidores.

PALABRAS CLAVE: Calidad carne, Perfil nutrientes, Mercado minorista, Pollo.

ABSTRACT

The aim of this work was to document the variability in the quality and nutrient content of broiler meat in the retail market of Jeddah city (Saudi Arabia) come from two types of broiler carcasses: frozen and fresh. There are also three sources within each type (A, B, C) and (D, E and F), respectively. These were evaluated using 45 carcasses from each type, i.e. 15 carcasses from each source, collected over three months. The meat types (frozen/fresh) and the sources within each type had a significant influence ($P<0.05$) on carcasses appearances and defects, including skin weight, and breast and leg parameters. In addition, physical qualities (pH, drip loss, lightness and yellowness) and chemical composition (dry matter, crude protein, Ca, P, Na and K content) were significantly affected by each type of meat and sources within the types. The quality of broiler meat in the retail market was shown to be significantly different in terms of customer selection to fulfil their recommended daily allowance. This difference in meat quality showed potential for the nutritious quality to be boosted. This suggests that consumers of meat can enhance their nutrient intake through

instant practice within quality-controls. Based on the nutritional contents as stated by the market authorities, this may impact on consumers' wellbeing.

KEY WORDS: Meat quality, Nutrient profiles, Retail market, Broilers.

Recibido el 26 de mayo de 2015. Aceptado el 27 de octubre de 2015.

a Arid Land Agriculture Department, Faculty of Meteorology, Environment and Arid Land Agriculture, King Abdulaziz University, P.O. Box 80208, Jeddah 21589, Saudi Arabia, Tel:+966568575961, yaattia@kau.edu.sa. Correspondencia al primer autor.

b Department of Food and Dairy Science &Technology, Faculty of Agriculture, Damanhour University. Egypt.

c Environmental Department, Faculty of Meteorology, Environment and Arid Land Agriculture, King Abdulaziz University. Saudi Arabia.

Funding agent: The Deanship of Scientific Research (DSR) at King Abdulaziz University, Jeddah, under grant no. 155-313-D1435.

INTRODUCCIÓN

La carne de ave es una de las principales proteínas de origen animal para el consumo humano. Las compras de carne de pollo no solo se basan totalmente en precio sino también en características como la comodidad, la frescura y el origen de la producción⁽¹⁾. La carne de pollo es deliciosa, fácil de digerir y contiene nutrientes que cumplen las necesidades diarias recomendadas para la alimentación humana⁽²⁾. Se encuentra en diferentes formas en todas las mesas de comida y es más barata que otros tipos de carne.

La calidad de la carne de ave es un asunto particularmente complejo que puede ser evaluado desde varios puntos de vista; desde una perspectiva del consumidor y mercadeo, rendimientos en canal, clasificación adecuada de la canal, buena apariencia, parámetros nutricionales y sensoriales, son todos rasgos deseables. En general, la carne de pollo es un origen importante de nutrientes como proteínas, lípidos, vitaminas y minerales. También tiene un contenido de grasas relativamente bajo⁽³⁾; en este sentido, la composición química del tejido muscular es un componente esencial de su calidad^(4,5), la cual depende de varios factores biológicos que incluyen: genotipo, sexo y edad^(3,6,7). Entre los factores que afectan los rasgos de calidad está la composición de la dieta de las aves^(3,8,9). Con respecto a los perfiles y la ingesta de nutrientes, el tipo de alimentación puede influir en cierta medida sobre la composición química de la carne^(10,11,12). Además, prácticas de crianza, sanidad, condiciones ambientales, prácticas de sacrificio, almacenamiento y manipulación de la carne son de gran importancia^(13,14), así como la diferencia entre carne fresca y congelada^(15,16). Últimamente el sistema de cría de pollos de engorda ha cobrado importancia, debido a que el mercado moderno es totalmente dictado por el precio y la calidad de la carne⁽¹⁷⁻²⁰⁾.

La composición química de los productos de aves de corral es un componente importante

INTRODUCTION

Poultry meat is one of the principle animal protein supplies for human consumption. Purchases of poultry meat are not totally based on price but also non-price characteristics such as convenience, freshness and origin of the product⁽¹⁾. Poultry meat is delicious, easy to digest, and contain nutrients that meet the recommended daily allowances for human⁽²⁾. It is found in different forms on all food tables and is cheaper than other meat sources.

The quality of poultry meat is a particularly complex issue that may be evaluated from various standpoints. From a consumer and marketing perspective, carcass yields, appropriate carcass scores, good aesthetics, sensory and nutritional parameters are all desirable traits. In general, poultry meat is a considerable source of nutrients such as proteins, lipids, vitamins and minerals. It also has a relatively low fat content⁽³⁾. In this respect, the chemical composition of muscle tissue is an essential constituent of the quality of poultry meat^(4,5); which depends on a number of biological factors including: genotype, sex and age^(3,6,7). Among the environmental factors that affect meat quality traits there is dietary composition of poultry^(3,8,9). Regarding the profiles and intake of nutrients, feed type can to some extent influence the chemical composition of meat^(10,11,12). In addition, rearing practice, health of broilers, environmental conditions, slaughter practices, storage and handling of meat are of importance^(13,14), as well as the difference between fresh and frozen meat^(15,16). Lately, the broiler husbandry system has been significant due to the fact that the modern market is totally dictated by the price and quality of broiler meat⁽¹⁷⁻²⁰⁾.

The chemical composition of poultry products is an important constituent in terms of consumption and from a wellbeing perspective of human. Therefore chemical composition has considerable influence on the consumption of meat and its health consequences⁽²¹⁾. Meat

en términos de consumo, y desde una perspectiva de bienestar del ser humano. Por lo tanto la composición química tiene una influencia considerable en el consumo de carne y sus consecuencias en la salud⁽²¹⁾. La proteína de la carne, lípidos y minerales (Ca, P, K, Na y Fe) son críticos en la nutrición de los seres humanos y pollos; por consiguiente, los minerales generalmente se añaden a las dietas de las aves de corral⁽²²⁾. En este sentido, los niveles y orígenes de minerales dietéticos tienen efecto fuerte en cuanto a su acumulación en los tejidos animales y productos, así como la excreción y la consiguiente acumulación en el medio ambiente^(21,23). Hoy en día existe un creciente interés en la mejora de la carne con varios nutrientes que tienen beneficios en la salud humana^(24,25). Por lo tanto, documentar la calidad de la carne es esencial para tener en cuenta su variabilidad real en términos de perfiles externos e internos, tales como proteínas, lípidos, minerales Ca, P, Na, K y Fe, con el fin de monitorear esta calidad en el mercado y ayudar a desarrollar pautas de control de calidad.

MATERIAL Y MÉTODOS

Origen de la carne

Un total de 90 canales enteras de pollos de engorda se recolectaron al azar de seis orígenes, nombradas A, B, C, D, E y F, elegidas de un gran mercado, en Jeddah, Arabia Saudita durante abril a junio de 2014. La muestra representa dos tipos de canales: importadas congeladas (A, B y C) y frescas (frías) (D, E y F) de producción local. Las canales congeladas fueron una de Francia y dos de Brasil. El tamaño muestral fue de cinco canales por origen, replicado tres veces, resultando en 15 canales por origen. Las canales eran de grado A, de 1 kg de peso y tenían producción y fechas de caducidad similares. Sin embargo, los detalles de la práctica de crianza no estuvieron disponibles en las empresas productoras.

La cría, salud y alimentación se llevaron de acuerdo a la guía de manejo de pollos de

protein, lipids and minerals (Ca, P, K, Na and Fe) are critical in the nutrition of both humans and chickens. Accordingly, minerals are usually added to poultry diets⁽²²⁾. In this regard, levels and sources of dietary minerals have strong effect in terms of their accumulation in animal tissues and products, as well as excretion and resulting build-up in the environment^(21,23). Nowadays there is an increasing interest in enhancing meat with several nutrients which have human health benefits^(24,25). Therefore, documentation of broiler meat quality essentially needs to take into account the variability in the actual meat quality in terms of external and internal nutrient profiles such as protein, lipids, Ca, P, Na, K and Fe minerals, in order to monitor the quality of broiler meat in the retail market and help to develop quality control guidelines.

MATERIAL AND METHODS

Meat source

A total of 90 whole broiler chicken carcasses were randomly collected from six sources named A, B, C, D, E and F, chosen from a big retail market, in Jeddah, Saudi Arabia during April-June 2014. The sample represented two types of broiler chickens carcasses: imported frozen (A, B and C) and locally produced fresh (cold) carcasses (D, E, and F). The frozen carcasses were one from France and two from Brazil. The sample size was five carcasses per source, replicated three times, resulting in 15 broiler carcasses per source. The carcasses were from the A grade and 1 kg weight classes, and had similar production and expire dates. However, the details of husbandry practice were not available from the producing companies. The rearing, husbandry and feeding practice were according to broilers management guide. It is well known that broilers are fed commercial diets that meet the requirements for dietary nutrients and were supplied with feed and fresh water *ad libitum*. Broilers were slaughtered in automatic slaughter houses according to the Islamic method.

engorda; es bien sabido que pollos que se alimentan con raciones comerciales cumplen con los requisitos de nutrientes, y además se proveyeron de alimento y agua fresca *ad libitum*. Los pollos se sacrificaron en rastros automatizados según el método islámico.

Apariencia de la canal y presencia de defectos

El aspecto de la canal y la presencia de defectos se evaluaron utilizando una escala de 5, donde 5= excelente. Esto se realizó con canales completas y partes con toda la piel. Una puntuación de 5 significaba que la piel estaba libre de rasgaduras, la carne estaba libre de desecación, había una perfecta cobertura de grasa bajo la piel, y por último sin defectos tales como contusiones, coloración inusual, plumas, vísceras y huesos rotos; además, todas las partes del pollo totalmente carnosas. Escala 4= bueno, lo que significa canales libres de la mayoría de los defectos mencionados y tenían un único defecto. Escala 3= canales de feria, lo que significa que tenían dos o tres de los defectos mencionados. Escala 2= canales pobres, lo que significa que tenían de cuatro a cinco defectos. Por último 1= malo, donde las canales tenían un aspecto inaceptable y la mayoría de los defectos mencionados estaban presentes.

Rendimiento de la carne

Las canales se cortaron en diferentes partes como la pechuga y las piernas, para obtener pesos absolutos y relativos (respecto al peso de la canal). El peso absoluto y relativo del rendimiento de carne y hueso se realizaron utilizando el método de deshuesado. La grasa abdominal se separó y se calcularon sus pesos absolutos y relativos en relación con el peso de la canal. Además, se deshuesaron las canales y se calculó el peso absoluto y relativo de carne y hueso, grasa abdominal, pecho y piernas.

Características físicas de la carne

La pérdida por descongelación de las canales se determinó según la pérdida de peso de la

Carcass appearance and presence of defects

Carcass appearance and presences of defects were evaluated using a scale of five where 5= excellent. This was conducted using complete carcasses and parts with the whole skin on. A score of 5 signified the following: the skin was free from tears; the flesh was free from drying-out; there was a perfect covering of fat under the skin; and lastly there were no defects such as contusions, unusual colouration, feathers, broken bones and viscera. In addition, complete broilers and parts of broilers were totally fleshed and meaty. Scale 4= good, signifying that carcasses were free of most of the above-mentioned defects and had only one defect. Scale 3= fair, signifying carcasses that had two or three above-mentioned defects. Scale 2= poor, signifying carcasses which had four to five defects. Lastly 1= bad, where carcasses had an unacceptable appearance and most of the defects listed above were in evidence.

Meat yield

Carcasses were cut into different parts such as breast and legs to obtain absolute and relative weights (as relative to the carcass weight). Absolute and relative weights of meat and bone yield were done using the deboning method to obtain the meat and bone of breast and leg parts. Abdominal fat was separated and absolute and relative weights of abdominal fat were calculated relative to the carcass weight. In addition, the carcasses were deboned and absolute and relative weight of meat and bone, abdominal fat, breast and legs were calculated.

Meat physical characteristics

Thaw loss of the frozen carcasses was determined according to loss in carcass weight after keeping the carcass at room temperature for 12 h. Carcasses were cut into two halves, and the right side of the carcasses was skinned and deboned and meat was minced using a meat mincer (Moulinex-HV8, France). Water retention capacity (WRC) was determined according to Hamm⁽²⁶⁾ and adapted by Garcia *et al*⁽²⁷⁾.

canal después de mantenerla a temperatura ambiente durante 12 h. Las canales se cortaron en dos mitades; la parte derecha se peló y deshuesó, y la carne se picó con una máquina de picar carne (HV8 Moulinex, Francia). La capacidad de retención de agua (CRA) se determinó de acuerdo con Hamm⁽²⁶⁾, adaptado por Garcia *et al*⁽²⁷⁾.

Se midió el pH de la carne con un InoLab digital pH 720 (Alemania) después de la homogeneización de 1 g de músculos crudos durante 30 seg en 10 ml de agua destilada⁽²⁸⁾. El color de la superficie del músculo del pecho se midió según Combes *et al*⁽²⁹⁾ usando un colorímetro (modelo CR-300, Minolta, Co., Ltd., Osaka, Japón) y expresado como valores Hunter: L* (luminosidad), a* (enrojecimiento) y b* (amarillamiento). El contenido de mioglobina se determinó según Chaijan *et al*⁽³⁰⁾. La pérdida a la cocción se determinó mediante la medición de las diferencias en el peso de la pierna antes y después de su cocción en agua hervida por 30 min⁽³¹⁾ como sigue: Pérdida= (pierna después de cocida – pierna antes de cocida)/ pierna antes de cocinar × 100.

Se aplicó un análisis con papel filtro para determinar la pérdida por goteo⁽³²⁾. Una sección de 10 g de filete de pechuga se mantuvo bajo condiciones que simulan ventas al por menor. Las muestras se colocaron en charolas de poliestireno cubiertas con película plástica permeable, y almacenadas a 4 ± 1 °C durante 24 h. La pérdida por goteo se calculó por la diferencia entre el peso inicial y final, sobre el informe del peso inicial y multiplicado por 100.

Composición química de la carne

El contenido de materia seca, grasa, proteína y cenizas se determinaron según AOAC⁽³³⁾, con cinco muestras agrupadas por tratamiento, recolectando el mismo tipo de carne tres veces por su origen. La metodología numérica utilizada fue 934.01 para materia seca, 954.01 para proteína cruda, 920.39 para extracción de éter y 942.05 para ceniza⁽³³⁾.

The meat pH was measured with an InoLab digital pH 720 meter (Germany) after homogenisation of 1 g of raw muscles for 30 sec in 10 ml of distilled water⁽²⁸⁾. The colour of the breast muscle surface was measured according to Combes *et al*⁽²⁹⁾ using a colorimeter (Model CR-300, Minolta, Co., Ltd., Osaka, Japan) and expressed as Hunter values: L* (lightness), a* (redness) and b* (yellowness). Myoglobin content was determined according to Chaijan *et al*⁽³⁰⁾.

Cooking loss were determined by measuring the differences in the weight of the leg before and after cooking in boiled water for 30 min⁽³¹⁾ as follows: Cooking loss=(leg after cooking - leg before cooking)/leg before cooking × 100.

A filter paper assay was applied to determine the drip loss⁽³²⁾. A 10 g section of breast fillet was kept under conditions that simulate retail sales. Samples were placed on polystyrene trays, covered with permeable plastic film, and stored at 4 ± 1 °C for 24 h. Drip loss was calculated by the difference between initial and final weights, reported on the initial weight and multiplied by 100.

Meat chemical composition

Dry matter, fat, protein and ash contents were determined according to AOAC⁽³³⁾, using five pooled samples per treatment, collecting the same type of meat three times per meat source. The method numbers used were 934.01 for dry matter; 954.01 for crude protein; 920.39 for ether extraction, and 942.05 for ash⁽³³⁾.

Meat mineral composition

Concentrations of Ca, K, Na and Fe were determined using a Varian ICP-Optical Emission Spectrometer (ICP-OEM): Varian 720-ES⁽³⁴⁾. Phosphorus concentrations were determined utilizing flame spectrophotometry technique⁽³⁵⁾.

Statistical analyses

The resulting data were statistically analysed according to SAS⁽³⁶⁾ using the PROC nested

Composición mineral de la carne

Se determinaron las concentraciones de Ca, K, Na y Fe usando un espectrómetro Varian de emisión ICP-óptico (ICP-OEM): Varian 720-ES⁽³⁴⁾. Se determinaron las concentraciones de fósforo utilizando espectrofotometría⁽³⁵⁾.

Análisis estadísticos

Los datos obtenidos se analizaron estadísticamente según SAS⁽³⁶⁾ usando el PROC jerarquizado según el siguiente modelo: $Y_{ijk} = \mu + C_i + B_{ij} + e_{ijk}$. Donde Y_{ijk} = valor observado de la variable dependiente, μ = media general, C_i = efecto del tipo de canal (congelada y fresca), B_{ij} = efecto tipo de origen, e_{ijklm} = error experimental de la distribución al azar ($0, \sigma^2$). La significancia de las diferencias entre medias se analizaron a una $P < 0.05$ ⁽³⁷⁾. Los porcentajes se transformaron a su correspondiente arcoseno antes de ejecutar el análisis. También se realizaron análisis de correlación entre los diferentes rasgos de calidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las canales frescas (frías) presentaron una mejor apariencia y menores defectos (7.8 %) que las

according the following model: $Y_{ijk} = \mu + C_i + B_{ij} + e_{ijk}$. Where Y_{ijk} = observed value of the dependent variable, μ = Overall mean, C_i = Carcass type effect (Frozen vs fresh), B_{ij} = Source within type effect, e_{ijklm} = Experimental error of random distribution ($0, \sigma^2$). The significance of the differences were tested at $P < 0.05$ for all means⁽³⁷⁾. All percentages were transformed to their corresponding arcsine before running the analyses. Correlation analyses were also done to obtain the relationship between the different meat quality traits.

RESULTS AND DISCUSSION

External carcass quality

Fresh (cold) carcasses had significantly superior carcass appearances and lower defects (7.8 %) than frozen carcasses, but lower skin weight (10.7 %) and a lower skin weight percentage (11.8 %) (Table 1). The low quality of frozen carcasses may be due to more handling during distribution, retailing and customers' selections, and longer storage periods than fresh (cold) carcasses. Bird handling represents the greatest cause of downgrading and loss of quality⁽³⁸⁾. Poor carcass quality will definitely reflect in

Cuadro 1. Efecto del tipo y origen de carne de pollo en el mercado minorista sobre las características de las canales (Media \pm EE)

Table 1. Effect of meat type and different source in the retail market on carcasses characteristics (LS mean \pm SE)

Parameters	Carcass appearances and defects	Carcass weight (g)	Thaw loss (%)	Skin weight (g)	Skin weight (%)	Abdominal fat (g)	Abdominal fat (%)
Meat type							
Frozen	3.85 \pm 0.081	990.3 \pm 5.34	—	50.3 \pm 1.57	10.2 \pm 0.333	10.4 \pm 0.82	1.04 \pm 0.082
Fresh	4.15 \pm 0.061	996.1 \pm 5.46	—	44.9 \pm 1.29	9.0 \pm 0.252	11.7 \pm 0.61	1.18 \pm 0.062
Source of meat							
Frozen A	4.34 \pm 0.063 ^a	998.4 \pm 9.29	4.15 \pm 0.405 ^c	55.5 \pm 2.41 ^a	11.2 \pm 0.579 ^a	10.5 \pm 1.61 ^b	1.05 \pm 0.159 ^b
Frozen B	3.54 \pm 0.151 ^c	986.6 \pm 8.31	5.80 \pm 0.479 ^b	48.2 \pm 2.42 ^b	9.8 \pm 0.478 ^b	9.8 \pm 0.605 ^b	0.999 \pm 0.063 ^b
Frozen C	3.67 \pm 0.093 ^c	985.9 \pm 10.33	7.98 \pm 0.805 ^a	47.3 \pm 2.98 ^b	9.6 \pm 0.621 ^b	10.8 \pm 1.85 ^b	1.09 \pm 0.184 ^b
Fresh D	4.34 \pm 0.105 ^a	1003.2 \pm 9.45	—	42.0 \pm 1.32 ^c	8.4 \pm 0.247 ^c	10.4 \pm 0.888 ^b	1.03 \pm 0.088 ^b
Fresh E	4.24 \pm 0.067 ^a	997.7 \pm 10.82	—	47.2 \pm 2.83 ^{bc}	9.5 \pm 0.559 ^{bc}	10.4 \pm 1.02 ^b	1.05 \pm 0.109 ^b
Fresh F	3.90 \pm 0.111 ^b	987.4 \pm 8.06	—	45.6 \pm 2.23 ^{bc}	9.2 \pm 0.427 ^{bc}	14.4 \pm 0.931 ^a	1.46 \pm 0.090 ^a
Statistical analyses							
Meat type	0.001	0.445	—	0.002	0.002	0.108	0.107
Source of meat	0.001	0.615	0.001	0.018	0.029	0.037	0.029

SE = Standard error, n = 15 per source of each type.

^{a,b,c} Differences among means within a column within each factor not sharing similar superscripts are significant ($P < 0.05$).

canales congeladas, pero menor peso de la piel (10.7 %) y menor porcentaje de peso de la piel (11.8 %) (Cuadro 1). La baja calidad de las canales congeladas puede deberse más al manejo durante la distribución, venta menorista, selección de los clientes y plazos más largos de almacenamiento que las canales frescas. El manejo representa la mayor causa de degradación y pérdida de calidad⁽³⁸⁾; una calidad pobre de la canal, definitivamente reflejará una mala calidad de carne⁽³⁹⁾. Sin embargo, también la técnica de congelación puede afectar a la canal y calidad de la carne, ya que el proceso de congelación puede afectar su fracción de agua⁽⁴⁰⁾. Con la congelación del agua, aumenta la concentración de los solutos restantes (proteínas, carbohidratos, lípidos, vitaminas y minerales), y se perturba la homeostasis del sistema complejo de la carne⁽⁴⁰⁾. Los cambios en el entorno inmediato de las fibras musculares afectan las características de la membrana de la célula, que a su vez afectan la calidad de la carne⁽⁴¹⁾.

Hubo un efecto significativo ($P < 0.05$) de los orígenes de canal en la mayoría de sus características externas, excepto el peso de la canal absoluta, debido a la elección de las canales de la misma categoría de peso. Los resultados mostraron que el origen A de canales congeladas y D y E de las canales frescas presentaron mejor aspecto en comparación con los otros orígenes ($P < 0.05$). Además, el origen F de las canales frescas tenían mejor apariencia que las de origen B y C de las canales congeladas ($P < 0.05$). Las características externas pueden fuertemente afectar la decisión de compra del consumidor, ya que es uno de los principales factores que afectan la selección⁽⁴²⁾ aun cuando otros factores como precio, conveniencia, frescura y origen del producto pueden influir en la compra⁽¹⁾.

La pérdida al descongelar las canales fue significativamente ($P < 0.05$) mayor en C que en B y A; además, el origen B tuvo mayor pérdida por deshielo que el origen A ($P < 0.05$). La pérdida creciente de descongelación indica baja

poorer meat quality⁽³⁹⁾. However, also the freezing technique can affect the carcass and meat quality as freezing process can affect the water fraction of the meat⁽⁴⁰⁾. With the freezing of water, the concentration of the remaining solutes (proteins, carbohydrates, lipids, vitamins and minerals) increases, thereby upsetting the homeostasis of the complex meat system⁽⁴⁰⁾. The changes in the immediate environment of the muscle fibers affect the cell membrane characteristics, which in turn affect the quality of the meat⁽⁴¹⁾.

There was a significant effect ($P < 0.05$) of carcass sources on most of the external carcasses traits except for absolute carcass weight due to the choice of carcasses of the same category of weight. The results showed that source A of the frozen carcasses and D and E of the fresh carcasses had superior carcass appearances compared to the other sources ($P < 0.05$). In addition, source F of the fresh carcasses had higher carcass appearance than sources B and C of the frozen carcasses ($P < 0.05$). The external traits of carcasses can strongly affect consumer purchase decision as it is one of the main factors affecting consumer's choice⁽⁴²⁾ even if other factors as price, convenience, freshness and origin of the product can influence poultry meat purchase⁽¹⁾.

Thawing loss of the frozen carcasses was significantly ($P < 0.05$) greater in C than in B and A sources. In addition, source B had higher thawing loss than source A ($P < 0.05$). Increased thawing loss indicates low quality of carcass and this may be affected by age, handling processes, quality of packaging and storage conditions^(38,43) as well as freezing and thawing techniques which can affect drip losses⁽⁴⁰⁾. Meat spoilage increases with increased length of display and storage and varies significantly between fresh and frozen carcasses^(44,45,46).

The absolute and relative weights of the skin were significantly greater for source A of the frozen carcasses than that of the other sources

calidad de la canal, y esto puede verse afectado por la edad, manejo de procesos, calidad de condiciones de envasado y almacenamiento^(38,43), así como las técnicas de congelación y descongelación que pueden afectar las pérdidas por goteo⁽⁴⁰⁾. El deterioro de la carne aumenta con la mayor duración de la exhibición o almacenamiento, y varía significativamente entre canales frescas y congeladas^(44,45,46).

El peso absoluto y relativo de la piel fueron significativamente mayores para el origen A de las canales congeladas que el de los otros orígenes de canales congeladas o frescas. Además, el origen B y C de las canales congeladas tuvieron mayor peso absoluto y relativo de la piel que el origen D de las canales frescas. El aumento de peso y porcentaje de la piel puede revelar mayor contenido de grasa/colágeno⁽³⁸⁾, y esto se ha demostrado que puede ser afectado por la línea, la edad y el plan nutricional de los pollos⁽⁴⁸⁾.

El peso absoluto y relativo de la grasa abdominal fueron significativamente más pesados en origen F de las canales frescas que los de los otros orígenes de canales congeladas y frescas. Se ha encontrado que la grasa abdominal puede ser afectada por el genotipo, planes nutricionales, particularmente en términos de concentraciones dietéticas de proteína, aminoácidos esenciales o energía y restricción de la alimentación^(38,49). El aumento de grasa abdominal puede ser indeseable y tiene un impacto negativo en la salud del consumidor⁽⁴⁹⁾, pero también en la selección de los consumidores, quienes han incrementado su preferencia por canales más magras⁽⁵⁰⁾.

Características de la pechuga

Las canales frescas presentaron significativamente mayores pesos absolutos y relativos ($P < 0.05$) de pechuga, peso absoluto de carne y absoluto del hueso de la pechuga que las congeladas (Cuadro 2). Sin embargo el tipo de carne no afectó el porcentaje de carne y hueso de la pechuga ($P > 0.05$).

of frozen or fresh carcasses. In addition, source B and C of the frozen carcasses had heavier absolute and relative weight of skin than source D of the fresh carcasses. The increase in weight and percentage of the skin may reveal higher fat/collagen content⁽³⁸⁾, and this has been shown to be affected by the strain, age and nutritional plan of broilers⁽⁴⁸⁾.

The absolute and relative weights of the abdominal fat were significantly heavier in source F of the fresh carcasses than those of the other sources of frozen and fresh carcasses. Abdominal fat in broiler carcasses has been found to be affected by broiler genotypes, feed restriction and nutritional plans, particularly in terms of dietary concentrations of protein or essential amino acids or energy^(38,49). Increasing abdominal fat may be undesirable and has a negative impact on consumer health⁽⁴⁹⁾, but also in consumer choice as in recent years consumers preference for leaner carcasses has increased⁽⁵⁰⁾.

Breast meat characteristics

Fresh carcasses had significantly ($P < 0.05$) greater absolute and relative weights of breast, absolute breast meat weight and absolute breast bone weight than frozen one (Table 2). However type of meat did not affect percentage of breast meat and breast bone ($P > 0.05$).

The meat sources significantly ($P < 0.05$) influenced not only the breast meat weight percentage, but also the breast bone weight and breast bone percentage. The results showed that within frozen carcasses, the A and B sources exhibited similar breast meat percentages, and were significantly ($P < 0.05$) greater than that of source C. The latter group had also significantly smaller values than the different fresh sources.

Source B of frozen meat had significantly smaller breastbone weight than another frozen source (C) as well as the different sources of fresh carcasses, showing smaller bone to meat ratio: a desired trait. Source C had an intermediate

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE CARNE DE POLLO

Cuadro 2. Efecto del tipo y origen de carne de pollo en el mercado minorista sobre las características de la carne de la pechuga (Media \pm EE)

Table 2. Effect of meat type and different source of frozen and fresh meat in the retail market on breast meat criteria (LSmean \pm SE)

Parameters	Breast weight (g)	Breast weight (%)	Breast meat weight (g)	Breast meat weight (%)	Breast bone (g)	Breast bone (%)
Meat type						
Frozen meat	192.3 \pm 5.78	38.8 \pm 1.14	138.2 \pm 3.78	72.6 \pm 1.26	46.9 \pm 2.81	27.4 \pm 1.26
Fresh meat	242.7 \pm 3.79	48.8 \pm 0.767	179.9 \pm 3.16	74.2 \pm 0.704	58.8 \pm 2.59	25.8 \pm 0.704
Source of meat						
Frozen A	196.6 \pm 8.1	39.5 \pm 1.77	146.7 \pm 5.78	75.1 \pm 2.22 ^a	44.6 \pm 4.30 ^{cd}	24.9 \pm 2.22 ^b
Frozen B	188.8 \pm 9.9	38.3 \pm 2.01	138.4 \pm 5.79	74.1 \pm 1.76 ^a	42.7 \pm 5.15 ^d	25.9 \pm 1.76 ^b
Frozen C	191.5 \pm 12.2	38.7 \pm 2.22	129.6 \pm 7.52	68.6 \pm 2.29 ^b	53.7 \pm 4.92 ^{bc}	31.4 \pm 2.29 ^a
Fresh D	238.9 \pm 8.2	47.7 \pm 1.71	175.1 \pm 5.64	73.5 \pm 0.989 ^a	54.8 \pm 5.48 ^b	26.6 \pm 0.986 ^b
Fresh E	246.9 \pm 6.19	49.5 \pm 1.00	180.8 \pm 6.20	73.1 \pm 1.41 ^a	66.5 \pm 4.12 ^a	26.9 \pm 1.41 ^b
Fresh F	242.2 \pm 5.35	49.1 \pm 1.22	183.9 \pm 4.58	75.9 \pm 1.17 ^a	54.9 \pm 3.18 ^b	24.0 \pm 1.17 ^b
Statistical analyses						
Meat type	0.001	0.001	0.001	0.209	0.003	0.209
Source of meat	0.771	0.724	0.093	0.016	0.032	0.016

^{a,b,c} Differences among means within a column within each factor not sharing similar superscripts are significant ($P<0.05$), $n=15$ per source of each type.

Los orígenes de la carne influyeron significativamente ($P<0.05$) no sólo en el porcentaje del peso de carne de la pechuga, sino también en el peso y porcentaje del hueso y pechuga. Los resultados mostraron que dentro de las canales congeladas, las de origen A y B exhibieron porcentajes similares de carne de pechuga y fueron mayores ($P<0.05$) que la de origen C. Este último grupo también tuvo valores significativamente más pequeños que las canales frescas de diferentes orígenes.

La carne congelada de origen B tuvo significativamente menor peso de hueso de pechuga que la congelada C, así como de las canales frescas de diferentes orígenes, mostrando menor proporción de carne:hueso, un rasgo deseado. El origen C tuvo un valor intermedio que no difirió de la mayoría de los otros grupos, a excepción del grupo E de las canales frescas. Dentro de las canales frescas, el origen E tuvo un mayor peso de hueso que otros orígenes. El peso relativo del esternón del origen congelado C fue significativamente mayor que el de los otros orígenes de canal congelada, así como los diversos orígenes de carne fresca. Canales con mayor rendimiento de carne y alta

value that did not differ from most of the other groups except for group E of the fresh carcasses. Within the fresh carcasses, source E had greater bone weight than the other sources. The relative weight of breast bone of frozen source C was significantly greater than that of the other sources of frozen carcass as well as the various sources of fresh meat. Carcasses with a high breast meat yield and high meat to bone ratios display a desired trait for consumers, due to increased meat quality in terms of the breast meat and low bone content. Several factors such as protein, amino acid and genotype have been reported to affect breast meat yield of broiler chickens^(21,51).

Leg meat characteristics

Fresh carcasses had significantly greater leg meat characteristics than frozen carcasses except for the percentage of leg meat (Table 3). Source of carcass had a significant effect on the different characteristics of leg meat. Within frozen carcasses, source C had significantly greater leg weight and percentage than sources A and B. In addition, source F had greater leg percentage than the various sources of frozen

proporción carne:hueso muestran un rasgo deseable para los consumidores. Se ha mencionado que varios factores tales como proteínas, aminoácidos y genotipo afectan el rendimiento de la pechuga^(21,51).

Características de la pierna

Las canales frescas tuvieron significativamente mejores características de carne de la pierna que canales congeladas, excepto el porcentaje de carne (Cuadro 3). El origen de la canal tuvo un efecto significativo en las diversas características de la carne de la pierna. Dentro de las canales congeladas, el origen C presentó significativamente mayor peso y porcentaje de la pierna que los orígenes A y B. Además, el origen F tuvo el mayor porcentaje de pierna que los diversos orígenes de canales congeladas. Estas tendencias son contrarias a los resultados en cuanto a características de la pechuga, indicando una relación inversa entre la formación de carne de pechuga y pierna. El porcentaje de carne de pierna de origen congelado A fue significativamente mayor que los otros orígenes congelados, así como los diferentes orígenes

carcasses. These trends are contrary to the findings with regards to breast meat characteristics, indicating a reverse relationship between breast meat and leg meat formation. The leg meat percentage of frozen source A was significantly greater than the other frozen sources as well as the different sources of fresh carcasses, which in turn did not show significant differences between them.

Absolute and relative weights of leg bone were significantly lower for frozen source A than for other sources of both types of carcasses. In addition, frozen source C had significantly smaller leg bone weight than the other sources of fresh carcass. The increase in leg meat of frozen source A concurred with a decrease in leg bone, indicating an increase in the meat to bone ratio: a desired trait. Differences in leg meat could be attributed to: strains, age, and the nutritional regimen^(48,51).

The carcass weights show weak to moderate positive correlations with: thaw loss ($r=0.817$; $P=0.001$); breast weight ($r=0.218$; $P=0.039$); breast meat ($r=0.237$; $P=0.025$); leg weight

Cuadro 3. Efecto del tipo y origen de carne de pollo en el mercado minorista sobre las características de la carne de la pierna (Media \pm EE)

Table 3. Effect of meat type and different source of frozen and fresh meat in the retail market on leg meat parameters (LS mean \pm SE)

Parameters	Leg weight (g)	Leg weight (%)	Leg meat weight (g)	Leg meat weight (%)	Leg bone (g)	Leg bone (%)
Meat type						
Frozen	166.0 \pm 1.98	33.5 \pm 0.369	110.9 \pm 1.61	66.8 \pm 0.729	48.0 \pm 1.34	33.2 \pm 0.729
Fresh	182.8 \pm 1.64	36.7 \pm 0.289	118.3 \pm 1.53	64.3 \pm 0.807	59.8 \pm 1.60	35.2 \pm 0.807
Source of meat						
Frozen A	159.0 \pm 1.79 ^b	31.9 \pm 0.410 ^d	111.0 \pm 2.01	69.8 \pm 1.06 ^a	41.5 \pm 1.63 ^d	30.2 \pm 1.06 ^b
Frozen B	163.6 \pm 2.97 ^b	33.1 \pm 0.434 ^c	107.0 \pm 2.92	65.4 \pm 1.28 ^b	50.2 \pm 3.11 ^c	34.6 \pm 1.28 ^a
Frozen C	175.5 \pm 3.85 ^a	35.6 \pm 0.644 ^b	114.6 \pm 3.15	65.3 \pm 1.14 ^b	52.4 \pm 2.26 ^{bc}	34.7 \pm 1.14 ^a
Fresh D	183.2 \pm 2.53 ^a	36.5 \pm 0.498 ^{ab}	121.7 \pm 2.82	66.5 \pm 1.48 ^b	57.0 \pm 2.89 ^{ab}	33.5 \pm 1.48 ^a
Fresh E	182.6 \pm 3.36 ^a	36.6 \pm 0.534 ^{ab}	117.8 \pm 2.71	64.7 \pm 1.37 ^b	61.4 \pm 2.45 ^a	35.3 \pm 1.37 ^a
Fresh F	182.5 \pm 2.79 ^a	37.0 \pm 0.501 ^a	115.4 \pm 2.29	63.4 \pm 1.31 ^b	61.1 \pm 3.00 ^a	36.6 \pm 1.31 ^a
Statistical analyses						
Meat type	0.001	0.001	0.002	0.034	0.001	0.034
Source of meat	0.001	0.001	0.068	0.012	0.007	0.012

^{abcd} Differences among means within a column within each factor not sharing similar superscripts are significant ($P<0.05$), $n=15$ per source of each type.

de canales frescas, que a su vez no mostraron diferencias significativas entre ellas. El peso absoluto y relativo del hueso de la pierna fueron significativamente menores para el origen congelado A que otros orígenes de ambos tipos de canal. Además, la canal congelada de origen C tuvo significativamente menor peso de hueso de pierna que los de otros orígenes de frescos. El aumento en la carne de pierna de origen congelado A coincidió con una disminución de hueso de la pierna, lo que indica un aumento en la proporción carne a hueso. Se podían atribuir a diferencias en la carne de la pierna: las cepas, la edad y el régimen nutricional^(48,51).

Los pesos en canal presentaron débiles a moderadas correlaciones positivas con: pérdida a la descongelación ($r=0.817$; $P=0.001$); peso de la pechuga ($r=0.218$; $P=0.039$); carne de la pechuga ($r=0.237$; $P=0.025$); peso de la pierna ($r=0.402$; $P=0.001$); y carne de la pierna ($r=0.447$; $P=0.001$). Asimismo se encontró correlación importante entre los brazos superiores intactos y la piel, hueso y músculo en $r=0.60$, 0.50 y 0.95 , respectivamente⁽⁴⁵⁾. Además, hubo una relación positiva entre la pérdida al descongelado y defectos de la canal ($r=0.433$; $P=0.003$) y una relación negativa entre defectos de la canal y el peso de la pechuga ($r=-0.218$; $P=0.0388$), carne de pechuga ($r=-0.305$; $P=0.003$), peso de la pierna ($r=-0.259$; $P=0.0125$) y carne de la pierna ($r=-0.320$; $P=0.002$). El peso de la piel también mostró una leve correlación negativa con el peso de la pierna ($r=-0.279$; $P=0.007$) y carne de la pierna ($r=-0.241$; $P=0.0219$). El peso de la pechuga tuvo una correlación positiva con la carne de la pechuga ($r=0.894$; $P=0.001$), esternón ($r=0.600$; $P=0.001$), peso de la pierna ($r=0.452$; $P=0.001$), carne de la pierna ($r=0.288$; $P=0.006$) y hueso de la pierna ($r=0.463$; $P=0.001$). La carne de la pechuga demostró una magnitud similar de correlación con el esternón, la carne de la pierna y el hueso. Se observó una correlación positiva débil entre el esternón y la carne de la pechuga ($r=0.344$; $P=0.009$) y hueso de la pierna ($r=0.359$; $P=0.005$). Además, el peso de pierna

($r=0.402$; $P=0.001$); and leg meat ($r=0.447$; $P=0.001$). Similarly found correlation between the intact upper arms and the skin, bone and muscle to be significant at $r=0.60$, 0.50 and 0.95 , respectively⁽⁴⁵⁾. In addition, there was a positive relationship between thaw loss and carcass defects ($r=0.433$; $P=0.003$), and a negative relationship between carcass defects and breast weight ($r=-0.218$; $P=0.0388$), breast meat ($r=-0.305$; $P=0.003$), leg weight ($r=-0.259$; $P=0.0125$) and leg meat ($r=-0.320$; $P=0.002$). Skin weight similarly showed a slight negative correlation with leg weight ($r=-0.279$; $P=0.007$) and leg meat ($r=-0.241$; $P=0.0219$). Breast weight had a positive correlation with breast meat ($r=0.894$; $P=0.001$); breast bone ($r=0.600$; $P=0.001$); leg weight ($r=0.452$; $P=0.001$); leg meat ($r=0.288$; $P=0.006$); and leg bone ($r=0.463$; $P=0.001$). Breast meat showed a similar magnitude of correlation with breast bone, leg meat and bone. A weak positive correlation between breast bone and breast meat ($r=0.344$; $P=0.009$), and leg bone ($r=0.359$; $P=0.005$) was observed. In addition, leg weight showed a positive, moderate correlation with leg meat ($r=0.633$; $P=0.001$) and leg bone ($r=0.629$; $P=0.001$).

Meat physical characteristics

Fresh carcasses had significantly ($P<0.05$) lower: pH, drip loss, yellowness (Table 4). However their lightness was greater. This indicated that fresh carcasses were of superior quality compared to the frozen meat. Consistent with these results, other study⁽⁴⁵⁾ found also a strong relationship between physical appearances and odour of the meat: both criteria were negatively influenced by increasing length of display or storage. The differences in pH and drip loss could be attributed to different glycolysis rates post-mortem, and are in line with those reported by other researchers^(52,53). On the other hand, it is reported⁽⁴⁷⁾ that frozen storage had no marked influence on pH change and organoleptic attributes such as appearance, flavour, texture and overall palatability, except for juiciness,

Cuadro 4. Efecto del tipo y origen de carne de pollo en el mercado minorista sobre la calidad física de la carne (Media \pm EE)Table 4. Effect of meat type and different source of frozen and fresh meat in the retail market on physical quality of meat (LS mean \pm SE)

Parameters	pH	WRC (cm ² /g)	Drip loss (%)	Cooking loss (%)	Lightness (%)	Redness (%)	Yellowness (%)	Myoglobin (%)
Meat type								
Frozen	6.46 \pm 0.053	67.9 \pm 2.01	8.73 \pm 0.809	28.5 \pm 0.543	46.7 \pm 0.786	9.16 \pm 0.239	10.85 \pm 0.313	5.68 \pm 0.410
Fresh	6.39 \pm 0.044	71.2 \pm 2.40	4.94 \pm 0.259	29.3 \pm 0.494	48.0 \pm 0.634	9.51 \pm 0.181	9.21 \pm 0.169	6.23 \pm 0.689
Source of meat								
Frozen A	6.40 \pm 0.086	71.5 \pm 2.92	9.22 \pm 1.06	27.8 \pm 0.584	48.8 \pm 1.31 ^a	9.96 \pm 0.439 ^a	12.58 ^a \pm 0.528 ^a	4.99 \pm 0.221
Frozen B	6.51 \pm 0.099	66.5 \pm 4.29	9.92 \pm 1.95	27.7 \pm 0.507	45.3 \pm 1.39 ^b	8.72 \pm 0.415 ^b	10.91 \pm 0.641 ^b	5.85 \pm 0.872
Frozen C	6.48 \pm 0.091	65.7 \pm 3.09	7.06 \pm 0.969	30.2 \pm 1.38	46.1 \pm 1.37 ^b	8.79 \pm 0.377 ^b	9.05 \pm 0.310 ^c	6.19 \pm 0.875
Fresh D	6.46 \pm 0.090	71.6 \pm 4.62	4.95 \pm 0.305	29.3 \pm 1.09	48.9 \pm 1.17 ^a	9.92 \pm 0.329 ^a	9.47 \pm 0.263 ^c	7.98 \pm 1.77
Fresh E	6.32 \pm 0.063	73.5 \pm 4.21	5.40 \pm 0.583	29.8 \pm 0.916	46.7 \pm 1.03 ^{ab}	9.49 \pm 0.296 ^a	9.21 \pm 0.329 ^c	4.85 \pm 0.746
Fresh F	6.39 \pm 0.076	68.6 \pm 3.80	4.48 \pm 0.413	28.9 \pm 0.477	48.2 \pm 1.08 ^a	9.13 \pm 0.312 ^b	8.95 \pm 0.286 ^c	5.85 \pm 0.189
Statistical analyses								
Meat type	0.299	0.293	0.001	0.282	0.031	0.063	0.001	0.480
Source of meat	0.736	0.715	0.349	0.266	0.008	0.001	0.001	0.191

WRC= Water retention capacity; SE= Standard error.

^{abc} Differences among means within a column within each factor not sharing similar superscripts are significant ($P < 0.05$), $n = 15$ per source of each type. pH= The time escape from slaughter to pH measurements was within 48 hrs for fresh meat, and it can't be determined for frozen meat, but the carcasses for frozen meat were within the usage time.

demonstró una correlación positiva moderada con la carne de la pierna ($r = 0.633$; $P = 0.001$) y hueso de la pierna ($r = 0.629$; $P = 0.001$).

Características físicas de la carne

Las canales frescas tuvieron significativamente ($P < 0.05$) menor: pH, pérdida por goteo, y amarillez (Cuadro 4). Sin embargo su luminosidad fue mayor. Esto indica que eran canales frescas de calidad superior en comparación con la carne congelada. De acuerdo con estos resultados, otro estudio⁽⁴⁵⁾ también encontró una fuerte relación entre la apariencia física y el olor de la carne: ambos criterios fueron influenciados negativamente por el aumento de tiempo de anaquel y almacenamiento. Las diferencias en pH y pérdida por goteo se podían atribuir a las tasas de glicolisis *post mortem* diferentes, y están en consonancia con los reportados en otras investigaciones^(52,53). Por otra parte, se menciona⁽⁴⁷⁾ que el almacenamiento en congelación no tiene ninguna influencia marcada sobre el cambio de pH y características organolépticas como aspecto, sabor, textura y

however there are very important freezing and thawing techniques⁽³⁹⁾.

Differences between frozen and fresh carcasses in WRC, cooking loss, redness and myoglobin were not significant ($P > 0.05$). However, the different sources did have a significant ($P < 0.05$) effect on the meat colour. The results demonstrated that within the frozen carcasses, source A had significantly greater lightness, redness and yellowness than sources B and C. There was only a small difference ($P < 0.05$) between sources B and C in terms of yellowness, showing a greater value for B than for C. Within the fresh carcasses, a significant difference ($P < 0.05$) was only shown in redness with source F having a lower value than D and E. Differences in meat colour could be attributed to the genetic origin of the broilers, as well as dietary pigmentation content^(38,48). These differences may also reflect differences in carotenoid content and hence antioxidants. In addition, meat colour can be influenced by: the age, sex, and stress of birds; as well as, intramuscular fat, moisture content, pre-slaughter conditions, and several

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE CARNE DE POLLO

palatabilidad general, excepción de jugosidad; sin embargo son muy importantes las técnicas de congelación y descongelación⁽³⁹⁾.

Las diferencias entre canales frescas y congeladas en CRA, pérdida a la cocción, enrojecimiento y mioglobina no fueron significativas ($P>0.05$). Sin embargo, los diferentes orígenes tuvieron un significativo ($P<0.05$) efecto sobre el color de la carne. Los resultados demostraron que en las canales congeladas, el origen A tenía significativamente mayor ligereza, enrojecimiento y amarillez que las de origen B y C. Hubo solamente una diferencia pequeña ($P<0.05$) entre las de origen B y C en términos de amarillez, mostrando un mayor valor para B que para C. En las canales frescas, una diferencia significativa ($P<0.05$) fue demostrada solamente en enrojecimiento, las de origen F tuvieron un valor menor que D y E. Diferencias en el color de la carne se podían atribuir al origen genético de los pollos de engorda, así como el contenido de la pigmentación dietética^(38,48). Estas diferencias también pueden reflejar diferencias en el

processing variables^(54,55). Furthermore, amount of pigments such as myoglobin and haemoglobin within the muscles can also affect the meat colour. Pearson correlation coefficient analyses among the dry matter and the different physical characteristics of meat demonstrated a lack of relationship except for pH correlated with dry matter ($r=0.605$; $P=0.001$) and weakly with WRC ($r=0.428$; $P=0.001$).

Nutrient profiles

Fresh carcasses had lower ($P<0.05$) dry matter and crude protein than the frozen carcasses (Table 5); and also superior juiciness than the frozen meat. Differences in the lipid and ash percentage were not significant ($P>0.05$). Onibi⁽⁴⁵⁾ found that moisture and lipid contents of meat samples were 69.89 and 4.58 % respectively, and they were similar to the values in this report. The meat sources had no significant effect within either frozen or fresh types, in relation to the nutrient profiles of meat. Similar conclusions were cited by several researches^(48,52,56), attributing the differences in chemical composition of broiler meat to

Cuadro 5. Efecto del tipo y origen de carne de pollo en el mercado minorista sobre su composición química (Media \pm EE)

Table 5. Effect of meat type and different source of frozen and fresh meat in the retail market on chemical composition (LS mean \pm SE)

Parameters	Dry matter (%)	Crude protein (%)	Lipids (%)	Ash (%)
Meat type				
Frozen	30.2 \pm 0.978	19.3 \pm 0.108	6.55 \pm 0.354	0.993 \pm 0.006
Fresh	27.6 \pm 0.415	18.9 \pm 0.089	5.99 \pm 0.154	0.990 \pm 0.005
Source of meat				
Frozen A	30.7 \pm 1.30	19.4 \pm 0.158	6.75 \pm 0.617	1.000 \pm 0.011
Frozen B	29.6 \pm 1.84	19.3 \pm 0.202	6.18 \pm 0.671	0.988 \pm 0.011
Frozen C	30.2 \pm 2.19	19.2 \pm 0.226	6.70 \pm 0.657	0.990 \pm 0.013
Fresh D	26.9 \pm 0.21	18.9 \pm 0.156	5.54 \pm 0.817	0.990 \pm 0.007
Fresh E	26.8 \pm 0.49	18.8 \pm 0.171	6.14 \pm 0.156	0.996 \pm 0.009
Fresh F	29.0 \pm 1.14	18.9 \pm 0.167	6.31 \pm 0.366	0.984 \pm 0.008
Statistical analyses				
Meat type	0.006	0.014	0.181	0.750
Source of meat	0.925	0.888	0.695	0.823

n=15 per source of each type.

contenido de carotenoides y antioxidantes. Además, el color de la carne puede verse afectado por la edad, el sexo y el estrés de las aves; así como por grasa intramuscular, humedad, condiciones antes del sacrificio y diversas variables^(54,55). Además, la cantidad de pigmentos como la mioglobina y la hemoglobina dentro de los músculos también puede afectar el color de la carne. El análisis del coeficiente de correlación de Pearson entre la materia seca y las diferentes características físicas de la carne demostraron una falta de relación excepto pH con materia seca ($r=0.605$; $P=0.001$) y débil con CRA ($r=0.428$; $P=0.001$).

Perfiles nutricios

Las canales frescas tuvieron menor materia seca y proteína cruda que las congeladas ($P<0.05$) (Cuadro 5), y una jugosidad superior que la carne congelada. El porcentaje de lípidos y cenizas fue similar ($P>0.05$). Onibi⁽⁴⁵⁾ reportó contenidos de humedad y lípidos de 69.89 y 4.58 % respectivamente, valores similares a los del presente informe. Los orígenes de la carne no tuvieron efectos significativos dentro de los tipos, ya sea congelado o fresco, en relación con los perfiles de nutrientes. Conclusiones similares fueron citadas por varios investigadores^(48,52,56), atribuyendo las diferencias en la composición química de la carne a la genética y tipo de nutrición^(10,12). Por otra parte, Santosh *et al.*⁽⁴⁶⁾ indican que el pollo fresco preparado de diversas maneras presenta marcadas diferencias en sus características físico-químicas y microbiológicas. Estas diferencias entre los diferentes resultados experimentales podrían ser atribuidas a factores genéticos como estrés, la edad y sexo de las aves, y factores no genéticos como la alimentación, régimen alimenticio, instalaciones y prácticas de crianza⁽¹²⁾. La correlación entre tres (compuestos orgánicos) de cuatro nutrientes en la carne fue significativa con moderada a alta magnitud. La relación entre materia seca y proteína ($r=0.796$; $P=0.001$) y lípidos ($r=0.906$; $P=0.001$) fue positivamente alta y significativa. Además, la correlación entre proteínas y lípidos

genetic origin and nutrition plans⁽¹⁰⁻¹²⁾. On the other hand, Santosh *et al.*⁽⁴⁶⁾ indicate fresh chicken dressed under different condition reveal marked differences in their physic-chemical and microbiological qualities. These differences among different experimental results could be attributed to genetic factors i.e. stress, age and sex of birds and non-genetic factors such as feeding regimen, housing condition and husbandry practice⁽¹²⁾.

Correlation between three (organic compounds) out of four nutrients in meat was significant with moderate to high magnitudes of correlation. The relationship between dry matter and protein ($r=0.796$; $P=0.001$) and lipids ($r=0.906$; $P=0.001$) were positively significant and high. In addition, the correlation between protein and lipids were positively significant and moderate ($r=0.595$; $P=0.0005$). However, ash percentage did not correlate with dry matter, protein or lipids. Hence, dry matter showed a strong relationship with the organic compounds in meat rather than the inorganic compounds. This could be explained by the greater distribution of protein and lipids (96 %) compared to ash (3 %).

Mineral content

Table 6 displays the impacts of the various types and sources of meat on their minerals content (Ca, P, Na, K and Fe). The overall mean of minerals content of meat are in acceptable range reported by USDA in National nutrient data base standard references release 27 for broilers and mature, and those reported by different studies⁽⁵⁷⁻⁶⁰⁾. However, it should be mentioned that source A of frozen carcasses showed the lowest values of minerals, except for phosphorus and iron and can account for the variability in mineral contents of the present samples. Mineral contents in meat were found to be affected by feeding, management practice, slaughter age, storage and handling conditions and instruments used in mineral determination⁽⁵⁹⁻⁶¹⁾. The results showed that K is the predominant element followed by Na,

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE CARNE DE POLLO

Cuadro 6. Efecto del tipo y origen de carne de pollo en el mercado minorista sobre su contenido mineral (mg/100 g base materia seca) (Media ± EE)

Table 6. Effect of meat type and different source of frozen and fresh meat in the retail market on meat mineral contents (mg/100 g as a dry matter basis) (Mean ± SE)

Parameters	Calcium	Phosphorus	Sodium	Potassium	Iron
Meat type					
Frozen	29.3±2.74	19.6±2.84	94.8±2.27	199.0±2.53	1.09±0.387
Fresh	38.6±2.83	12.4±2.95	129.3±2.35	208.8±2.61	1.08±0.401
Source of meat					
Frozen A	18.9±4.9 ^c	16.2±5.1	90.3±4.1 ^d	196.4±4.5 ^c	1.02±0.693
Frozen B	35.1±4.4 ^b	21.3±4.7	89.4±3.7 ^d	202.6±4.1 ^{bc}	1.06±0.621
Frozen C	34.0±4.8 ^b	21.4±5.2	104.7±4.3 ^c	198.0±4.7 ^{bc}	1.21±0.674
Fresh D	32.8±4.7 ^b	10.8±5.1	120.4±4.2 ^b	206.8±4.6 ^b	0.73±0.687
Fresh E	34.9±4.9 ^b	14.1±5.3	134.3±4.4 ^a	217.1±4.5 ^a	1.03±0.694
Fresh F	48.2±4.8 ^a	12.4±5.1	133.1±4.5 ^a	202.4±4.8 ^b	1.47±0.712
Statistical analyses					
Meat type	0.005	0.029	0.0001	0.002	0.927
Source of meat	0.003	0.798	0.001	0.046	0.384

abcd Differences among means within a column within each factor not sharing similar superscripts are significant ($P<0.05$), $n=15$ per source of each type.

fue positiva moderada y significativa ($r=0.595$; $P=0.0005$). Sin embargo, el porcentaje de ceniza no se correlacionó con materia seca, proteínas o lípidos. Por lo tanto, la materia seca demostró una fuerte relación con los compuestos orgánicos en carne en lugar de los compuestos inorgánicos. Esto podría explicarse por la mayor distribución de proteínas y lípidos (96 %) en comparación con cenizas (3 %).

Contenido mineral

El Cuadro 6 muestra los impactos de los diferentes tipos y orígenes de carne en su contenido de minerales (Ca, P, Na, K y Fe). La media general del contenido de minerales de carne se encuentra en un rango aceptable reportado por USDA en la Base Nacional de Datos de Nutrientes referencia estándar 27 para pollos de engorda y adultos, así como por los reportados en diferentes estudios(57-60). Sin embargo, debe mencionarse que el origen A de canales congeladas mostró los valores más bajos de minerales, excepto hierro y fósforo, y son responsables de la variabilidad en el contenido mineral de las muestras presentes. Se encontró que el contenido mineral en carne

Ca, P and Fe. Similar findings were reported by other research groups(57-59). These authors reported that the mineral content of broiler meat was affected by dietary vitamin and mineral contents, sex of chickens, dark vs light meat (i.e. breast vs leg), disease status, and age at slaughter.

Fresh meat had significantly ($P<0.05$) higher Ca, Na, and K than frozen carcasses, but P was lower. On the other hand, iron was not significantly ($P<0.05$) different among types (frozen vs fresh) and sources of meat. The lower Ca, Na and K measurements in the frozen meat demonstrate the negative effects of freezing, handling and thaw on the cell membranes, causing loss of essential elements and hence reducing the nutritious value of meat. It was found that source F of fresh meat had the greatest levels of Ca while source A of frozen meat had the lowest value. The F and A groups were also different ($P<0.05$) than the other groups of frozen and fresh meat. In addition, source B and C of the frozen carcasses and D and E of fresh meat had similar Ca concentrations.

puede ser afectado por la alimentación, prácticas de manejo, edad de sacrificio, almacenamiento y manipulación de las condiciones y la metodología utilizada en la determinación mineral⁽⁵⁹⁻⁶¹⁾. Los resultados mostraron que el K es el elemento predominante, seguido de Na, Ca, P y Fe. Resultados similares se reportaron por otros grupos de investigación⁽⁵⁷⁻⁵⁹⁾. Estos autores mencionan que el contenido mineral de la carne de pollo se ve afectado por la cantidad de vitaminas y minerales de la dieta, sexo de las aves, coloración de carne oscura *vs* más clara (es decir, pechuga *vs* pierna), salud y edad al sacrificio.

La carne fresca presentó mayor Ca, Na y K que canales congeladas ($P < 0.05$), pero P fue menor. Por otra parte, el hierro fue similar ($P > 0.05$) entre tipos (congelado *vs* fresco) y orígenes de carne. Las cantidades inferiores de Ca, Na y K en la carne congelada demuestran los efectos negativos de la congelación, manejo y descongelación, en las membranas celulares, causando la pérdida de elementos esenciales, y por lo tanto reduciendo el valor nutritivo de la carne. Los mayores niveles de Ca se encontraron en el origen F de carne fresca y el valor más bajo en el origen A de carne congelada. Los grupos F y A fueron también significativamente ($P < 0.05$) diferentes de los otros grupos de carne congelada y fresca. Además, B y C de las canales congeladas y D y E de la carne fresca presentaron concentraciones similares de Ca.

No hubo diferencias significativas en P entre diferentes orígenes de carne congelada y fresca. Diferencias en el contenido de Na fueron evidentes dentro de la carne congelada, mostrando mayor Na en origen C que el de los otros orígenes. Dentro de las carnes frescas, E y F exhibieron mayor contenido de Na que D. El contenido de potasio de origen fresco E fue mayor ($P < 0.05$) que el de los otros orígenes. Las diferencias dentro de la carne congelada no fueron significativas ($P > 0.05$), pero orígenes D y F de la carne fresca exhibieron mayor contenido de K que sólo el origen A de la carne

There was no significant difference in meat P among different sources of frozen and fresh meat. Differences in Na content was obvious within the frozen meat, showing greater Na in source C than that of the other sources. Within the fresh meat, sources E and F exhibited greater Na content than source D. The potassium content of fresh source E was significantly ($P < 0.05$) greater than that of the other sources. Differences within the frozen meat were not significant ($P > 0.05$), but sources D and F of fresh meat did exhibit significantly greater K content than only source A of the frozen meat. K is an essential element, needed for many body functions^(22,60).

The negative effect of freezing process on nutritive value of meat, in terms of its mineral content (Na, Ca, P and K), may be due to cold shock, which results in damage of the cell membranes and leakage of minerals. It is well known that meat minerals play a significant role in enzymatic processes, influencing muscle pH and hydration of protein. In this regard, elements such as Na, K, Ca and Mg play an important role in maintaining osmotic pressure and the electrolyte balance in the cells and tissues, hence they also play an essential role in regulating the hydration of meat^(21,23). Moreover, P found in meat, in the form of phosphates, plays a significant role in maintaining WRC^(61,62).

In most cases, correlation analyses between the mineral contents of meat showed that correlation between the five minerals was generally absent except for a significant positive moderate correlation between Na and Ca ($r = 0.575$; $P = 0.003$) and K ($r = 0.449$; $P = 0.011$). In addition, a weak, negative correlation was observed between Fe and K ($r = -0.479$; $P = 0.015$). The correlation between physiochemical characteristics of meat and meat mineral Na, Ca, K, P and Mg was low in most cases⁽⁶¹⁾. Furthermore, it depends on the cut type, such as breast *vs* leg. In red muscle, an increase in

congelada. El K es un elemento esencial, necesario para muchas funciones del cuerpo^(22,60).

El efecto negativo del proceso de congelación sobre el valor nutritivo de la carne, en cuanto a su contenido de minerales (Na, Ca, P y K), puede ser debido a un choque frío, que resulta en daño de las membranas celulares y pérdida de minerales. Es bien sabido que los minerales de la carne juegan un papel significativo en los procesos enzimáticos, que influyen en el pH muscular e hidratación de la proteína. En este sentido, elementos como el Na, K, Ca y Mg juegan un papel importante en mantener la presión osmótica y el equilibrio de electrolitos en las células y los tejidos, por lo tanto también juegan un papel esencial en la regulación de la hidratación de la carne^(21,23). Por otra parte, el P encontrado en carne, en forma de fosfatos, juega un papel importante en el mantenimiento de la CRA^(61,62).

En la mayoría de los casos, los análisis entre el contenido mineral de la carne, demostraron que la correlación entre los cinco minerales estaba generalmente ausente, excepto una significativa correlación positiva moderada entre Na y el Ca ($r=0.575$; $P=0.003$) y K ($r=0.449$; $P=0.011$). Además, se observó una correlación débil, negativa entre el Fe y K ($r=-0.479$; $P=0.015$). La correlación entre las características fisicoquímicas y minerales (Na, Ca, K, P y Mg) de la carne fue baja en la mayoría de los casos⁽⁶¹⁾; además, depende el tipo de corte, como pechuga y pierna. En el músculo rojo, un aumento en K se correlaciona con CRA inferior, con un pH de 2, a los 15 min y 24 h *post mortem*, junto con mayor pérdida de cocción. También se ha informado una relación positiva moderada entre el contenido de P y pH a los 15 min, pero una correlación negativa moderada entre la P y amarillamiento.

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

En general, la calidad de la carne de pollo en el mercado, en Jeddah, Arabia Saudita, durante abril a junio 2014 mostró valores significativos

K is correlated with lower WRC, with a pH of 2, at 15 min and 24 h post-mortem, along with higher cooking loss. They also reported a moderate positive relationship between P content and pH at 15 min, but a moderate negative correlation between P and yellowness.

CONCLUSIONS AND IMPLICATIONS

Overall, the quality of broiler meat in the retail market, in Jeddah, Saudi Arabia during April-June 2014 was shown has significant values for customer selection to fulfil their recommended daily allowance⁽⁶³⁾. The difference in meat quality had a potential for boosting the quality of the meat in terms of nutritious worth. This suggests that consumers can enhance their nutrient intake being more careful about their shopping. This variation also demonstrates the necessity for consistent practice of husbandry and production, and implementation of regulations. There is scope for new quality control regulations, based on nutrient contents, in terms of the impact this may have on consumers' wellbeing.

ACKNOWLEDGMENTS

This work was supported by the Deanship of Scientific Research (DSR), King Abdulaziz University, Jeddah, under grant No 155-313-D1435. The authors, therefore, gratefully acknowledge with thanks the DSR technical and financial support.

End of english version

para su selección por el cliente y cumplir sus requerimientos diarios recomendados⁽⁶³⁾. La diferencia en la calidad de la carne presentó un potencial para incrementarla en términos de valor nutritivo. Esto sugiere que los consumidores pueden mejorar su ingesta de

nutrientes al tener más cuidado con sus compras. Esta variación también demuestra la necesidad de implementar prácticas consistentes de crianza y producción. Hay margen para nuevas regulaciones de control de calidad, basadas en contenidos de nutrientes, en términos del impacto que esto puede tener sobre el bienestar de los consumidores.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue apoyado por el Deanship of Scientific Research (DSR), King Abdulaziz University, Jeddah, subvención 155-313-D1435.

LITERATURA CITADA

1. Woolverton AE, Frimpong S. Consumer demand for domestic and imported broiler meat in urban Ghana: Bringing non-price effects into the equation. *Br J Mark Studies* 2013;1:16-31.
2. World Health Organization (WHO). Report of a joint WHO/FAO/UNU expert consultation. Protein and amino acid requirements in human nutrition. Geneva, Switzerland. 2007.
3. Bogosavljević BS, Pavlovski Z, Petrovi MD, Doskovi V, Rakonjac S. Broiler meat quality: Proteins and lipids of muscle tissue. *African J Biotechnol* 2010;9:9177-9182.
4. Bokkers EAM, Koene P. Behaviour of fast- and slow growing broilers to 12 weeks of age and the physical consequences. *Appl Anim Behav Sci* 2003;81:59-72.
5. Grashorn MA, Clostermann G. Mast- und Schlachtleistung von Broilerherkünften für die Extensivmast. *Arch. Geflügelk* 2002;66:173-181.
6. Bogosavljević BS, Gajic Z, Mitrovic S, Djokovic R. Meat quality parameters selected in yield of carcasses and parts of broilers from two non-industrial rearing systems. *Proc Int Cong Meat Sci Technol* 2003;41-42.
7. Le Bihan-Duval E. Debut M, Berri MC, Sellier N, Santé-Lhoutellier V, Jégo Y, Beaumont C. Chicken meat quality: genetic variability and relationship with growth and muscle characteristics. *BMC Genetics* 2008;9:53.
8. Hellmeister F, Machadomenon JF, Neves Da Silva MA, Coelho AAD, Savino VJM. Efeito de Genótipo e do Sistema de Criação sobre o Desempenho de frangos Tipo Caipira. *R Bras Zootec* 2003;32:1883-1889.
9. Tang H, Gong YZ, Wu CX, Jiang J, Wang Y, Li K. Variation of meat quality traits among five genotypes of chicken. *Poult Sci* 2009;88:2212-2218.
10. Andersen Henrik J, Oksbjerg Niels, Young Jette F, Therkildsen Margrethe. Review. Feeding and meat quality – a future approach. *Meat Sci* 2005;70:543-544.
11. Bonoli M, Caboni MF, Rodriguez-Estrada MT, Lercker G. Effect of feeding fat sources on the quality and composition of lipids of precooked ready-to-eat fried chicken patties. *Food Chem* 2007;101:1327-1337.
12. Grashorn MA. Functionality of poultry meat. *J Appl Poult Res* 2007;16:99-106.
13. Conchillo A, Ansorena D, Astiasara'n L. The effect of cooking and storage on the fatty acid profile of chicken breast. *Eur J Lipid Sci Technol* 2004;106:301-306.
14. Fanatico AC, Pillai PB, Emmert JL, Owens CM. Meat quality of slow- and fast-growing chicken genotypes fed low-nutrient or standard diets and raised indoors or with outdoor access. *Poult Sci* 2007;86:2245-2255.
15. Javanmard M, Rokni N, Bokaie S, Shahhosseini G. Effects of gamma irradiation and frozen storage on microbial, chemical and sensory quality of chicken meat in Iran. *Food Control* 2006;17:469-473.
16. Bianchi M, Petracchi M, Sirri F, Folegatti E, Franchini A, Meluzzi A. The influence of the season and market class of broiler chickens on breast meat quality traits. *Poult Sci* 2007;86:959-963.
17. Ristic M. Influence of breed and weight class on the carcass value of broilers. *Eur Symp Quality Poultry Meat. Doorwerth, The Netherlands.* 2005:23-26.
18. Holcman A, Vadjnal R, Žledner B, Stibilj V. Chemical composition of chicken meat from free range and extensive indoor rearing. *Arch Geflügelk* 2003;67:120-124.
19. Bogosavljević BS, Kurcubic V, Petrovic DM, Radovic V. The effect of sex and rearing system on carcass composition and cut yields of broiler chickens. *Czech J Anim Sci* 2006;51:31-38.
20. Bogosavljević BS, Pavlovski Z, Petrovic DM, Doskovic V, Rakonjac S. The effect of rearing system and length of fattening period on selected parameters of broiler meat quality. *Arch Geflügelk* 2011;75:158-163.
21. Attia YA, El-Tahawy WS, Abd El-Hamid AE, Nizza A, A-Harathi MA, El-Kelway MI, Bovera F. Effect of feed form, pellet diameter and enzymes supplementation on carcass characteristics, meat quality, blood plasma constituents and stress indicators of broilers. *Archiv Tierzucht* 2014;57:1-14.
22. National Research Council, NRC. Nutrient Requirements of Poultry. 9th Rev. Ed. Washington, DC, USA: National Academy Press; 1994.
23. Hashish SM, Abdel-Samee LD, Abdel-Wahhab MA. Mineral and heavy metals content in eggs of local hens at different geographic areas in Egypt. *Global Vet* 2012;8:298-304.
24. Surai PF. Reviews: Selenium in poultry nutrition 2. Reproduction, egg and meat quality and practical applications. *World's Poult Sci J* 2002;58:431-450.
25. Tolimir N, Pavlovski Z, Koljajic V, Mitrovic S, Anokic V. The effect of different sources and chromium level in ration on broiler breast musculature. *Biotechnol Anim Husb* 2005;21:153-158.
26. Hamm R. Biochemistry of meat hydration advances in food research. *Cleveland* 1960;10:335-443.
27. Garcia RG, Freitas LW de, Schwingel AW, Farias RM, Caldara FR, Gabriel AMA, *et al.* Incidence and physical properties of PSE chicken meat in a commercial processing plant. *Rev Bras Cienc Avic* 2010;12:215-219.

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE CARNE DE POLLO

28. Aitken A, Casey JC, Penny IF, Volys CA. Effect of during temperature in the accelerated freezes drying of pork. *J Sci Food Agric* 1962;13:439-442.
29. Combes S, Gonzalez I, Dejean S, Baccini A, Jehl N, Juin H, *et al.* Relationships between sensory and physicochemical measurements in meat of rabbit from three different breeding systems using canonical correlation analysis. *Meat Sci* 2008;80:835-841.
30. Chaijan M, Benjakul S, Visessanguan W, Faustman C. Characteristics and gel properties of muscles from sardine (*Sardinella gibbosa*) and mackerel (*Rastrelliger kanagurta*) caught in Thailand. *Food Res Int* 2004;37:1021-1030.
31. Honikel KO. Influence of chilling on meat quality attributes of fast glycolysing pork muscles. In: Tarrant PV, Eikelenboom G, Monin G, editors. *Evaluation and control of meat quality in pigs*. Dordrecht: Martinus Nijhoff; 1987:273-283.
32. Kauffman RG, Eikelenboom G, Merkus SM, Zaar M. The use of filter paper to estimate drip loss of porcine musculature. *Meat Sci* 1986;18:191-200.
33. Association of official analytical chemists AOAC. *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*, 18th ed. Washington DC. USA. 2004.
34. Olajire A, Ayodele ET. Contamination of roadside soil and grass with heavy metals. *Environ Inter* 1997;23:91-101.
35. Haraguchi H, Fuwa, K. Determination of phosphorus by molecular absorption flame spectrometry using the phosphorus monoxide band. *Anal Chem* 1976;48:784-786.
36. SAS, Institute. *User's guide. version 9.2 2nd ed.* SAS institute Inc. Cary NC. USA. 2009.
37. Steel RGD, Torrie JH. *Principles and procedures of statistics*, 2nd ed, New York: McGraw-Hill; 1980.
38. Groom GM. Factors affecting poultry meat quality. In: Sauveur B. editor. *L'aviticulture en Méditerranée*. Montpellier: CIHEAM, 1990:205-210.
39. Adzitey F. Effect of pre-slaughter animal handling on carcass & meat quality. *Int Food Res J* 2011;18:484-490.
40. Akhtar S, Khan MI, Faiz F. Effect of thawing on frozen meat quality: A comprehensive review. *Pak J Food Sci* 2013;23:198-211.
41. Fellows, P. *Food processing technology –Principles and practice*. 2nd ed. Chichester, UK: Ellis Horwood; 2000:369-380.
42. Faustman C, Cassens RG, Schaefer D, Buege DR, Scheller KK. Vitamin E supplementation of Holstein steer diet improves sirloin steak color. *J Food Sci* 1989;54:485-486.
43. Tougan PU, Dahouda M, Salifou CFA, Ahounou SGA, Kpodekon MT, Mensah GA, *et al.* Conversion of chicken muscle to meat and factors affecting chicken meat quality: a review. *Inter J Agr Agric Res* 2013;3:1-20.
44. Joseph JK. Quality attributes of selected Nigerian meat types as influenced by frozen storage and film packaging. *Proc Conf Anim Sci of Nigeria*. Lagos Airport Hotel, Ikeja, Lagos 1998:230-233.
45. Onibi GE. The effect of open -market retail conditions in Nigeria on oxidative deterioration of imported frozen upper arms (*Brachium*) of Turkeys. *Int J Poult Sci* 2003;2:454-458.
46. Santosh KHT, Pal UK, Mandal PK, Das CD. Changes in the quality of dressed chickens obtained from different sources during frozen storage. *Explor Amin Med Res* 2014;4:95-100.
47. Santosh KHT, Pal UK, Rao VK, Das CD, Mandal PK. Effects of processing practices on the physico-chemical, microbiological and sensory quality of fresh chicken meat. *Int J Meat Sci* 2012;2:1-6.
48. Wattanachant S. Factors affecting the quality characteristics of Thai indigenous chicken meat. *Suranaree J Sci Technol* 2008;15:317-322.
49. Fouad AM, El-Senousey HK. Nutritional factors affecting abdominal fat deposition in poultry: A review. *Asian Austral J Anim Sci* 2014;27:1057-1068.
50. Tumova E, Teimouri A. Fat deposition in the broiler chicken: a review. *Scientia Agric Bohemica* 2010;41:121-128.
51. Moran ET Jr. Quality of poultry meat as affected by genetic and management factors. *Eur Symp Poultry Meat Quality*. Poznań. 1997:31-36.
52. Sza kowska H, Meller Z. The influence of age and genotype on the quality and technological suitability of meat from chicken broilers. *Eur Symp Quality Poultry Meat*. Poznań. 1997:108-112.
53. Richardson RI. Some factors affecting poultry meat quality. *Proc British Soc Anim Sci*. Kraków. 2004:22-25.
54. Galván SS, Rosales SG, Alarcón-Rojo AD, Angeles AL, Piña E, Shimada MA, Izaguirre MO. Effect of alpha-lipoic acid on productive parameters and carcass quality in broiler chickens. *Rev Mex Cienc Pecu* 2015;6:207-219.
55. Northcutt JK. 2009. Factors affecting poultry meat quality. *University's Bulletin* 1157. <http://pubs.caes.uga.edu/caespubs/pubcd/B1157/B1157.htm>. Accessed March 30, 2015.
56. Gornowicz E, Lewko L, Pietrzak M, Gornowicz J. The effect of broiler chicken origin on carcass and muscle yield and quality. *J Cent Eur Agric* 1997;10:193-200.
57. Essary EO. Moisture, fat, protein and mineral content of mechanically deboned poultry meat. *J Food Sci* 1979;44:1070-1073.
58. Ogunmola OO, Taiwo OF, Ayankoso AS. The nutritive value of the meat quality of locally breed chicken, exotic chicken and turkey. *IOSR J Applied Chem* 2013;3:46-50.
59. Ozturk E, Coskun I, Ocak N, Erener G, Dervisoglu M, Turhan S. Performance, meat quality, meat mineral contents and caecal microbial population response to humic substance administrated in drinking water in broilers. *Br Poult Sci* 2014;55:668-674.
60. Zapata JFF, Moreira RS dos R, Origenes, M de FF, Sampaio EM, Morgano M. Meat mineral content in broilers fed diets without mineral and vitamin supplements. *Pesquisa Agrop Brasileira* 1998;33:1815-1820.
61. Poltowicz K, Doktor J. Macro mineral concentrations and technological properties of poultry meat depending on slaughter age of broiler chickens of uniform body weight. *Anim Sci papers and reports* 2013;31:249-259.
62. Grabowski T, Kijowski J. Mięso i przetwory drobiowe. *Technologia, higiena, jakoścæ*. In Polish. WNT. Warszawa. 2004.
63. *Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids cholesterol, protein and amino acids RDA 2002/2005*. Office of dietary supplements -National Institute of health. USA. www.nap.edu, assayed 20.10.2012.