

**ESTANDARIZACIÓN DE LA FORMULACIÓN DE HAMBURGUESAS DE CARNE (*MEAT PATTIES*) CON BASE A LA COMPOSICIÓN DE LA MATERIA PRIMA**

Por

Nayda Angélica Meléndez Cáceres

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

**MAESTRO EN CIENCIAS**

**En**

**CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO  
Recinto Universitario de Mayagüez  
Facultad de Ciencias Agrícolas  
2015

Aprobada por:

\_\_\_\_\_  
Edna Negrón, Ph.D  
Presidente del comité graduado

\_\_\_\_\_  
Fecha

\_\_\_\_\_  
Fernando Pérez, Ph.D  
Miembro del comité graduado

\_\_\_\_\_  
Fecha

\_\_\_\_\_  
María de L. Plaza, Ph.D  
Miembro del comité graduado

\_\_\_\_\_  
Fecha

\_\_\_\_\_  
Aixa Rivera, M.S.  
Miembro del comité graduado

\_\_\_\_\_  
Fecha

\_\_\_\_\_  
Guillermo Ortiz-Colón, Ph.D; PAS  
Representante de Estudios Graduados

\_\_\_\_\_  
Fecha

\_\_\_\_\_  
Aixa Rivera, M.S.  
Coordinadora del Programa de Ciencia y Tecnología de Alimentos

\_\_\_\_\_  
Fecha

Derechos de Autor Reservados ©  
Nayda Angélica Meléndez Cáceres  
2015

## **ABSTRACT**

This research evaluated the effect of raw material composition from different sources on the formulation of meat patties. A mathematical model was developed that standardizes the formulation of these products using the fat content of the raw material and in the final product. Analyzed meat cuts included beef and pork trimming, and beef chuck. Moisture analysis and an oxidative rancidity index tests were conducted as quality considerations. These tests showed an inconsistency in the composition of the raw material from different sources and some cuts exhibited high levels of oxidative rancidity. The mathematical model conducted resulted with different possible formulations, two of which were analyzed in a sensory Triangle Test. We found no significant differences between both formulations, demonstrating the possible utility of this model.

## **RESUMEN**

En esta investigación se evaluó el efecto de la composición de la materia prima de diferente procedencia en la formulación de hamburguesas de carne. Además se desarrolló un modelo matemático que estandariza la formulación del producto utilizando el contenido de grasa en la materia prima y en el producto final. Los cortes de carne analizados fueron recortes y nuca de res y, recortes de cerdo. Como consideraciones de calidad se llevaron a cabo análisis de humedad e índice de rancidez oxidativa. Estas pruebas mostraron inconsistencia en la composición de la materia prima según la fuente de procedencia. En algunos cortes se encontraron altos valores del índice de rancidez oxidativa. El modelo matemático dio como resultado diferentes posibles formulaciones, donde dos fueron analizadas realizando una Prueba Triángulo. No hubo diferencias significativas entre ambas formulaciones, demostrando la posible utilidad de este modelo.

*A Dios por darme la fuerza y sabiduría para culminar con fruto esta meta.*

*A mis padres, hermanos y sobrinos por su apoyo.*

*A mis amistades por las alegrías que me han dado.*

*A mis profesores por su ayuda y sus consejos.*

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme la sabiduría y las fuerzas para realizar este proyecto.

A la compañía que hizo posible este proyecto de investigación.

A mi mamá Heyda Enid por su constante apoyo y cariño y, a mi papá Louis por todas las enseñanzas, ejemplo y la dedicación que me dio durante su vida.

A mis hermanas Heyda, Carmen y Beatriz y mi hermano José, mis sobrinos y mis familiares por ser mi alegría, motivación y mi apoyo en todos los momentos de mi vida.

Agradezco grandemente a mi directora de tesis, Dra. Edna Negrón, por aceptarme como su estudiante y por todo el tiempo, la guía y apoyo ofrecido.

Al Dr. Fernando Pérez por su valiosa dedicación, disponibilidad y por toda su ayuda y paciencia.

A la profesora Aixa Rivera por sus consejos, comentarios y su ayuda.

A la Dra. María Plaza por su continuo asesoramiento así como también por permitirme trabajar en su laboratorio de Química de Alimentos.

A la Dra. Ivelisse Padilla y a la profesora Verónica Sánchez por la oportunidad que me dieron como Asistente de Cátedra y por toda la confianza que han tenido conmigo.

A mis amistades por darme sus ánimos, su ayuda y por todos los momentos alegres que hemos compartido. En especial agradezco el apoyo de mis amigas de la Residencia Universitaria Acacias.

A mis compañeros del programa CITA que de alguna u otra manera me brindaron su ayuda.

Al Departamento de Química y a la Dra. Rosa Chávez por permitirme el uso del laboratorio Q-379.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>5</b>
2.1. Objetivo general .....	5
2.1.1. Objetivos específicos.....	5
<b>3. REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>6</b>
3.1. Carnes.....	6
3.1.1. Necesidad nutritiva de carnes en el ser humano.....	6
3.2. Carnes procesadas .....	8
3.2.1. Hamburguesas de carne ( <i>meat patties</i> ).....	9
3.3. Nuca de res ( <i>chuck</i> ) .....	10
3.4. Recortes de carne ( <i>trimming</i> ) .....	11
3.5. Humedad en las carnes .....	11
3.6. Grasa en las carnes .....	13
3.7. Rancidez en las carnes.....	14
3.8. Uniformidad en las formulaciones de productos procesados .....	27
3.9. Evaluación Sensorial .....	28
<b>4. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>29</b>
4.1. Obtención de la materia prima .....	29
4.2. Homogenización de las muestras .....	29
4.3. Pruebas físico-químicas.....	29
4.3.1. Determinación de humedad.....	29
4.3.2. Determinación de grasa cruda .....	30
4.3.3. Análisis del índice de rancidez oxidativa .....	32

4.4. Análisis estadístico .....	33
4.5. Modelo matemático de estandarización en la formulación de hamburguesas de carne .....	34
4.6. Formulación de hamburguesas de carne.....	39
4.7. Evaluación sensorial.....	39
<b>5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>41</b>
5.1. Pruebas fisicoquímicas .....	41
5.1.1. Resultados para el contenido de grasa en la materia prima .....	41
5.1.2. Resultados para el contenido de humedad en la materia prima.....	45
5.1.3. Resultados para el índice de rancidez oxidativa en la materia prima .....	49
5.2. Modelo matemático para estandarizar la formulación de hamburguesas de carne .....	55
5.3. Evaluación sensorial .....	55
<b>6. CONCLUSIONES.....</b>	<b>56</b>
<b>7. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>57</b>
<b>8. REFERENCIAS.....</b>	<b>59</b>
<b>9. APÉNDICES .....</b>	<b>65</b>
9.1. Resultados estadísticos .....	65
9.2. Exención del Comité para la Protección de los Seres Humanos en la Investigación .....	70
9.3. Procedimiento de Operación Estándar: Análisis Sensorial: Prueba Triángulo para evaluar la calidad de hamburguesas de carne.....	71

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Proceso de auto-oxidación de los lípidos .....	21
Figura 2. Representación de la molécula de mioglobina.....	21
Figura 3. Diagrama del proceso de formulación de hamburguesas de carne .....	35
Figura 4. Diagrama del modelo matemático visto en el programa Microsoft Excel 2007 .....	37
Figura 5. Diagrama de la incorporación de los porcentajes de grasa en el modelo matemático .....	37
Figura 6. Representación de las proporciones a utilizar de cada corte de carne dadas por el modelo matemático .....	38
Figura 7. Porcentaje de grasa en base seca para el corte de nuca de res según su fuente de origen.....	42
Figura 8. Porcentaje de grasa en base seca para recortes de res según su fuente de origen .....	43
Figura 9. Porcentaje de grasa en base seca para recortes de cerdo según su fuente de origen .....	44
Figura 10. Porcentaje de humedad para el corte nuca de res según su fuente de origen .....	46
Figura 11. Porcentaje de humedad para recortes de res según su fuente de origen.....	47
Figura 12. Porcentaje de humedad para recortes de cerdo según su fuente de origen .....	48
Figura 13. Índice de rancidez oxidativa en el corte nuca de res según su fuente de origen .....	50
Figura 14. Índice de rancidez oxidativa en recortes de res según su fuente de origen .....	51
Figura 15. Índice de rancidez oxidativa en recortes de cerdo según su fuente de origen.....	52

## 1. INTRODUCCIÓN

La carne es el tejido animal considerado como un alimento importante para el ser humano, al ser una fuente alta en proteínas. Según las estadísticas del Departamento de Agricultura del Estado Libre Asociado de Puerto Rico (2013), el consumo per cápita para el año 2011 fue de 49.02 libras de carne de res y 58.62 libras de carne de cerdo. Es posible encontrar en el mercado local carnes frescas y carnes procesadas.

La carne procesada es aquella en la cual las características de la carne fresca se han alterado por medio de uno o varios procesos (Aberle, et al., 2001). Este tipo de carne suele considerarse como “carne de conveniencia”, ya que se le ha dado un proceso que resulta en un producto de fácil preparación y consumo (American Meat Institute, 2013). Es importante notar que el 96% de la población estadounidense consume productos cárnicos procesados (American Meat Institute, 2013). En este grupo de alimentos se encuentran productos con diferentes procesos que alteran el color, el olor y el sabor de la carne original, dando como resultado nuevos alimentos con características agradables para cada tipo de gusto.

Es en el grupo de carnes procesadas donde se puede encontrar el producto conocido como hamburguesas de carne o *meat patties*. Este producto cárnico puede incluir carne de res, oveja, cerdo o cabra (Food Safety and Inspection Service, Department of Agriculture, 2015). El mismo se caracteriza por hacerse de carne picada a la cual se le ha dado una forma circular aplanada. (Food Safety and Inspection Service, Department of Agriculture, 2015). Comúnmente para darle volumen y disminuir los costos al hacer estos productos, se adiciona ligas y féculas alimentarias. Como ejemplo de las ligas se encuentra la proteína de la soya y la proteína de la leche, y en cuanto a las féculas alimentarias comúnmente se utiliza el pan, harinas y el almidón (Heinz y Hautzinger, 2007).

Para elaborar un producto procesado de alta calidad como los ya mencionados, es necesario conocer y corroborar que la materia prima a utilizar cumpla con las especificaciones requeridas, de manera tal que el producto final sea uno de alta calidad y con las características deseadas. La calidad de un alimento está determinada por su valor nutricional, apariencia, textura, sabor y olor e inocuidad. Cambios en la materia prima pueden afectar las propiedades de sabor, olor, color, valor nutricional, así como también la calidad e inocuidad de un alimento, disminuyendo el largo de vida útil del mismo (Huang et al., 2001). Es aquí donde recae el beneficio de utilizar parámetros físico-químicos, que den una medida de calidad de la materia prima con la cual se comenzará el proceso de producción. Parámetros tales como el porcentaje de grasa, el índice de rancidez oxidativa, y el porcentaje de humedad pueden dar una medida de la calidad de la materia prima a utilizar.

Uno de los componentes principales en los alimentos son los lípidos. Los lípidos son definidos como aquellos compuestos solubles en solventes orgánicos y escasamente solubles en agua (Fennema, 2007). La grasa es un tipo de lípido y es uno de los parámetros intrínsecos de calidad de la carne, ya que aporta a la palatabilidad y a diversas características sensoriales como son el sabor, la jugosidad y la textura (Seenger et al., 2008). Variaciones en la cantidad de grasa en la materia prima pueden hacer que el producto terminado presente desviaciones en la cantidad de grasa que se espera en el mismo (Cross et al., 1980).

A su vez, debido a la presencia de lípidos en las carnes, existe la posibilidad de que éstos se deterioren, haciendo que las propiedades organolépticas del producto terminado se vean alteradas y, como consecuencia, disminuya la calidad del producto (DeNobile et al., 2002). Este tipo de deterioro en los lípidos se puede dar por diversas maneras, entre las cuales se encuentra la rancidez hidrolítica y la rancidez oxidativa. La rancidez es definida como aquel proceso en el

cual la grasa contenida en el alimento es deteriorada ya sea por sufrir hidrólisis o por oxidación (DelNobile et al., 2002). Se puede definir la rancidez hidrolítica como el proceso llamado hidrólisis, donde se liberan ácidos grasos, desarrollándose así sabores y olores rancios no deseados (Fennema, 2007). Por otra parte, la rancidez oxidativa, se describe como el proceso en el cual los ácidos grasos insaturados reaccionan con oxígeno (auto-oxidación), teniendo como producto primario a los peróxidos. Éstos se descomponen en productos secundarios como alcanos, alcoholes, alquenos, cetonas, ésteres, ácidos, hidrocarburos y aldehídos (Ross y Smith, 2006). Este último grupo es el responsable del desarrollo de sabores y olores objetables en los alimentos (Ross y Smith, 2006).

Otro factor importante que puede contribuir a la calidad en las carnes es la humedad contenida en la misma. La humedad se puede definir como la cantidad de agua presente en un alimento, la cual tiene alta influencia en las propiedades y características del mismo (Park, 2009). En las carnes, el agua se encuentra de tres diferentes formas, ya sea como agua enlazada, agua inmovilizada y agua libre (Huff-Lonergan y Lonergan, 2005). El agua inmovilizada es el tipo de agua que se ve afectada en el proceso de conversión de músculo a carne, por lo cual es necesario que esta se mantenga en el músculo para no afectar la calidad de la carne (Huff-Lonergan y Lonergan, 2005). Uno de los efectos que tiene el agua en la calidad de la carne es el exudado, el cual causa disminución en peso y la pérdida de muchas nutrientes solubles en agua (Huff-Lonergan y Lonergan, 2005). Además la presencia de agua está asociada a mantener el color, la jugosidad y la textura en la carnes (Aberte et al., 2001). En diversos productos cárnicos procesados el porcentaje de agua añadida podría estar regulado.

Además de corroborar que la materia prima tenga la calidad deseada, es de gran interés que esta calidad en el producto final sea consistente y que en sus características se incluya los

atributos que el consumidor espera. Es por esto que es necesario que el productor establezca estándares de calidad que ayuden a obtener un producto final consistente, para así agradar y cumplir con las expectativas del consumidor; asegurando el prestigio y la confiabilidad de la compañía. Para asegurar que los estándares de calidad del producto final sean consistentes, es de gran beneficio el uso de tecnología que ayude a optimizar el proceso de producción. Con la intención de lograr uniformidad en este proceso, es muy útil desarrollar modelos matemáticos que sirvan de herramienta para estandarizar el proceso de formulación en los alimentos. Estos modelos pueden ser corroborados por los sentidos del ser humano mediante una evaluación sensorial, que mida las características organolépticas del alimento y ayude a definir el grado de aceptación del mismo.

Esta investigación tiene como objetivo establecer criterios de calidad basados en los análisis de pruebas físico-químicas de índice de rancidez oxidativa, porcentaje de grasa y porcentaje de humedad en los cortes de carne nuca de res y en recortes de res y de cerdo, comúnmente utilizados como materia prima para la producción de hamburguesas de carne. Además, se realizará un modelo matemático que ayude a estandarizar la formulación del producto.

## **2. Objetivos**

### **2.1. Objetivo general**

Esta investigación tiene como objetivo principal estandarizar el proceso de formulación de hamburguesas de carne basado en la composición de los cortes de carne (nuca de res, recortes de res y de cerdo) comúnmente utilizados como materia prima a manera de obtener un producto final de calidad consistente.

#### **2.1.1. Objetivos específicos**

- 1.** Evaluar cuán consistente es el contenido de grasa cruda de la materia prima de diferente procedencia.
- 2.** Realizar pruebas físico-químicas de contenido de humedad e índice de rancidez oxidativa a los cortes de carne, para conocer el efecto de estos parámetros en la calidad del producto final.
- 3.** Desarrollar un modelo matemático, en el cual se incorporen los parámetros de contenido de grasa cruda en la materia prima, para así estandarizar el proceso de formulación de hamburguesas de carne.
- 4.** Validación del modelo matemático mediante la realización de una evaluación sensorial del producto terminado utilizando un procedimiento estándar de análisis organoléptico.

### **3. REVISIÓN DE LITERATURA**

#### **3.1. Carnes**

El ser humano necesita mantener una buena alimentación para así lograr su supervivencia. Existen diversos tipos de alimentos que ayudan a lograr completar esta alimentación. Es en esta diversidad donde se encuentra al grupo de las carnes como alimento necesario para la nutrición humana. En la evolución temprana del ser humano, al desarrollar cerebros más grandes, era necesario un mayor consumo de energía, lo cual podía ser posible adaptando una dieta que incluyera el consumo de carnes (Warriss, 2010). A nivel mundial, aproximadamente 2 billones de personas tienen una dieta basada en el consumo de carnes (Pimentel y Pimentel, 2003). Se puede entender como carne todo aquel tejido animal que tenga unas condiciones idóneas para que sirva como alimento al ser humano (Aberle et al., 2001). Dentro del grupo de las carnes, es posible encontrar diversas categorías como las carnes rojas, que se asocian comúnmente al ganado, cerdo y cordero (Warriss, 2010). La carne se compone de diferentes tejidos del animal como serían tejido adiposo, epitelial, conectivo, nervioso o muscular (Aberle et al., 2001).

##### **3.1.1. Necesidad nutritiva de carnes en el ser humano**

El ser humano tiene una necesidad de incluir la carne en su dieta, ya que ésta es una fuente importante de proteínas, minerales y vitaminas. El consumo de carne es muy común en los países occidentales, principalmente aquellos países que van en desarrollo, ya que su consumo se asocia a un estilo de vida saludable y próspero (Varela, 2001). La carne se compone de un 20 a 25% de proteínas de alto valor biológico, provenientes de tejido muscular (Varela, 2001). Esta representa una fuente rica en proteínas de alta calidad, las cuales aportan aminoácidos que son necesarios para mantener tejidos del cuerpo y ayudan a contribuir a procesos regulatorios. Estas proteínas de la carne son de 95% a 100% digeribles en comparación con las proteínas de las

plantas, las cuales son de 65% a 75% digeribles (Aberle et al., 2001). Diariamente es necesaria la ingesta per cápita de 20 gramos de proteína animal (Food and Agriculture Organization, 2012).

Por otro lado, el consumo de carnes aporta diferentes tipos de minerales a la dieta humana. La carne contiene entre un 30 a un 60% de hierro de fácil absorción (Varela, 2001). Este mineral es de pobre almacenamiento en el cuerpo e ingerirlo es de esencial importancia ya que es necesario para la síntesis de hemoglobina, mioglobina y otras enzimas (Aberle et al., 2001). El consumo de alimentos que aportan este mineral es de gran importancia, ya que una de las deficiencias nutricionales más comunes en el mundo es la deficiencia de hierro (Warriss, 2010). Es importante mencionar que aunque ciertos vegetales como la espinaca y las lentejas contienen altos niveles de hierro, este se considera como hierro de baja biodisponibilidad (Varela, 2001).

Otro mineral importante que contienen las carnes y que está más disponible para la absorción en el cuerpo es el zinc (Varela, 2001). Este mineral es esencial para el crecimiento, cicatrización de heridas, inmunidad, agudeza del gusto y síntesis de DNA (Aberle et al., 2001). También en las carnes se encuentran minerales como el sodio, el calcio y el magnesio (Aberle et al., 2001).

Además de los minerales, las carnes aportan un alto contenido de vitaminas del complejo B como son la tiamina, riboflavina, niacina, vitamina B<sub>6</sub> y vitamina B<sub>12</sub> (Aberle et al., 2001). A su vez, es posible encontrar pequeñas cantidades de vitamina E, ácido pantoténico y biotina (Varela, 2001).

Estos datos nutricionales podrían variar en productos cárnicos procesados, debido a que en estos tipos de productos hay variación en la composición, según el producto final que se desee obtener (Aberle et al., 2001).

### **3.2. Carnes procesadas**

Se cree que el procesamiento de carnes tuvo su origen cuando el ser humano aprendió a preservar la calidad de estas incorporando la sal como preservativo e incorporando la cocción como tratamiento para prolongar su vida útil (Pearson y Gillett, 1999). El objetivo del procesamiento de carnes es la preservación de este alimento para impedir el deterioro por microorganismos, lo cual también dio como resultado productos de gran sabor y nutrición (Pearson y Gillett, 1999). Actualmente la tendencia en el desarrollo de productos cárnicos tiene como meta el proveer conveniencia y comodidad a los consumidores. Es por esto que a productos cárnicos procesados se les suele conocer como “carnes de conveniencia” (American Meat Institute, 2013). El consumidor busca productos que puedan ofrecer comidas fáciles de hacer y puedan proveer amplia variedad con calidad parecida a las comida de restaurantes (Roberts, 2013). Actualmente existen diferentes métodos de preservación de carnes como la refrigeración, congelación, adición de químicos, deshidratación en frío, tratamientos enzimáticos, irradiación, entre otros, que pueden ayudar a crear nuevos productos con las características que el consumidor espera (Pearson y Gillett, 1999). Estos métodos buscan reducir el deterioro químico y microbiológico de los alimentos para lograr extender su largo de vida útil.

La carne de ganado proviene de los cortes primarios conocidos como nuca, lomo, costilla, falda, garrones, pierna y pecho (Industry-wide Cooperative Meat Identification Standards Committee, 2003). En el caso de la canal de cerdo, los cortes primarios se conocen como nuca, lomo, pernil delantero, pernil trasero, costillas y barriga (Industry-wide Cooperative Meat Identification Standards Committee, 2003). A partir de estos cortes, o de los sobrantes de los mismos, se puede preparar gran variedad de productos cárnicos. Estos cortes en ocasiones son reducidos a pequeñas partes para hacer productos cárnicos conocidos como seccionados o

*comminuted* (Aberle et al., 2001). Los productos cárnicos seccionados son aquellos preparados de cortes pequeños de carne, provenientes de uno o varios músculos, a los cuales se le incorporan ingredientes que aportan cohesión y los unen para formar una sola pieza uniforme (Pearson y Gillett, 1999). Los ingredientes y las cantidades que se van a incorporar a la formulación dependen de las propiedades de los mismos, las características que se desean en el producto final y el tipo de producto que la empresa pretenda producir. La gran meta de realizar una formulación es hacer un producto con una apariencia, composición, sabor, y propiedades físicas uniformes y consistentes, en cada producción (Aberle et al., 2001). Además, la formulación preparada debe cumplir con regulaciones y estándares pre-establecidos para cada tipo de producto, utilizando materias primas de calidad óptima al más bajo costo posible. Ejemplos de este tipo de producto cárnico seccionado son las hamburguesas de carne

### **3.2.1. Hamburguesas de carne (*meat patties*)**

Las hamburguesas de carne son productos elaborados utilizando carne molida de res, oveja, cerdo o cabra. Comúnmente también se le adiciona diferentes recortes de carne, los cuales son los sobrantes de los cortes primarios.

En la elaboración de hamburguesas de carne es esencial el uso de bajas temperaturas y maquinarias que ejerzan presión para lograr obtener la forma circular compacta que distingue este tipo de alimentos. La composición de estos alimentos se distingue por tener altos valores de grasa, ingrediente importante para aportar sabor y palatabilidad. Aunque en su mayoría estos alimentos aportan grandes cantidades de grasa a la dieta humana, éstos gozan de gran aceptabilidad y demanda por parte del consumidor. Se conoce que anualmente los estadounidenses consumen aproximadamente más de 13 billones de hamburguesas hechas de carne molida (Shrestha, Cornforth, y Nummer, 2010).

### 3.3. Nuca (*chuck*)

El corte de carne nuca, conocido comúnmente por su nombre en inglés *chuck*, es el músculo proveniente del cuarto delantero de la canal de la res, entre la vértebra 5 y la 6 (Valdez y Huerta, 1999). Este corte es uno de los cortes más utilizados por la industria cárnica para productos procesados molidos ya que se consigue a un menor precio en comparación con otros tipos de cortes (Molina et al., 2005). En términos nutricionales, la nuca representa una fuente alta de hierro y zinc de alta disponibilidad (Valero-Gaspar et al., s.f.). Esta aporta 139 kcal por cada 100 gramos y tiene un 5.8% de lípidos presentes (Valero-Gaspar et al., s.f.)

La nuca se describe como un corte poco jugoso y poco tierno (Jeremiah et al., 2003). Este corte ocupa aproximadamente un 27% de la canal del vacuno (Cecchi et al., 1988). Aunque es un corte seco, se ha demostrado que se podría aumentar la palatabilidad del mismo adicionándole agua, sal o fosfatos (Molina et al., 2005). En un panel sensorial realizado por McKeith et al. (1985), se muestra que en comparación con los músculos del lomo y de las costillas, a la nuca se le percibe la presencia de tejido conectivo.

Dentro del corte de la nuca, se derivan diferentes tipos de músculos. Von Seggern et al. (2005) encontraron que la composición global para la nuca, y los músculos que lo componen, en términos de grasa, humedad y ceniza eran de  $6.86 \pm 3.45$ ,  $72.28 \pm 2.83$ , y  $1.26 \pm 0.28$  mg/g, respectivamente. Estos valores podrían sufrir variación, ya que son dependientes del sexo del animal, el grado de rendimiento, calidad, peso de la canal, actividad y localización del músculo en cuestión (Von Seggern et al., 2005). En este mismo estudio se encontró una relación positiva (directamente proporcional) entre la calidad y la cantidad de la grasa en la nuca y una relación negativa (inversamente proporcional) con el contenido de agua (Von Seggern et al., 2005).

Aunque el corte de la nuca no goza de tener gran ternura y jugosidad, muchas industrias de productos cárnicos lo utilizan por su bajo costo. Para el año 2014, el promedio del precio de la carne molida de la nuca (*chuck*) fue de \$2.30 la libra (Retail Marketing, 2015). Este valor está dentro de los precios más bajos en comparación con otros cortes de carne. De esta forma se obtiene un corte barato, al cual por medio de diferentes procesos, se le puede modificar sus características originales, para así tener un producto final con características que agraden al consumidor.

### **3.4. Recortes de carne (*trimming*)**

Como recortes de carne, se refiere a aquellas porciones de carnes remanentes del proceso de preparación de los cortes primarios, los cuales pueden presentar variación en tamaño y en porcentaje de grasa (Costas et al., 2012). Comúnmente se utiliza para la elaboración de productos como es el caso de las hamburguesas (Robaina, 2012)

Para utilizar los recortes de carne en la elaboración de productos cárnicos, es necesario que a estos se le remueva todo material objetable en el mismo, como por ejemplo las glándulas linfáticas, huesos, cartílagos y tejido conectivo (United States Department of Agriculture, 2014).

El precio de este corte de carne es uno de los más bajos en el mercado. Para el año 2014, el promedio del precio de los recortes de res tuvo un valor de \$1.32 la libra (Retail Marketing, 2015). Al ser tan económico y por su alto contenido de grasa se utiliza en la elaboración de productos cárnicos procesados, de manera de darle valor, rindiendo el mismo.

### **3.5. Humedad en las carnes**

El agua forma gran parte de la composición de un alimento. El agua total presente en estos se le conoce como contenido de humedad (Park y Bell, 2004). Esta se puede encontrar de tres diferentes maneras: agua enlazada, la cual está orientada a grupos hidrofílicos con carga;

agua inmovilizada, la cual toma una forma menos ordenada hacia los grupos cargados; agua libre la cual se mantiene por fuerzas capilares y su orientación es independiente de los grupos con carga (Huff-Lonergan y Lonergan, 2005).

El agua en los alimentos está relacionada con procesos esenciales para la calidad de estos. La humedad en las carnes es un parámetro muy importante, ya que ésta influye directamente a la jugosidad en las mismas (Jeremiah et al., 2003). Además, en las carnes el agua juega un papel importante, ya que esta protege a las proteínas de sufrir desnaturalización por calor, lo cual contribuye a lograr una buena textura en este tipo de alimento (Luo, Tashiro, y Ogawa, 2012). Aberle et al. (2001), menciona que aquellos músculos con una alta proporción de agua enlazada, tienden a ser firmes y de textura seca y pegajosa, y a su vez aquellos músculos con poca agua enlazada tienden a ser muy suaves, de estructura poco firme y textura granulada. También un estudio muestra la relación que existe entre el color presente en la carne para predecir la cantidad de agua en esta (Zheng et al., 2006). Esto es importante ya que el color de la carne fresca es una característica crítica al momento de hacer una selección por parte del consumidor (Zheng et al., 2006).

El análisis del contenido de agua en los alimentos es uno muy común en esta industria, ya que este es uno de los factores que determina el largo de vida útil, por lo cual resulta en implicaciones económicas (Adam et al., 2009). Comúnmente en las carnes se realiza el método de determinación de humedad propuesto por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 2009). En este método se determina el porcentaje de humedad mediante la pérdida de peso que ocurre tras secar el alimento en un horno de convección mecánica.

### **3.6. Grasa en las carnes**

La grasa forma parte de los componentes esenciales de los alimentos. En las carnes, esta se encuentra en forma subcutánea, intermuscular y en forma intramuscular, siendo esta última la mayor fuente de compuestos volátiles que desarrollan el sabor en la carne (Brewer, 2012). La grasa intramuscular también está asociada directamente a la jugosidad de la carne (Jeremiah et al., 2003). Es la grasa la que desarrolla el aroma y aporta palatabilidad (Alzueta y Beriain, 2000). Además la grasa influye en el color de productos como las hamburguesas de carne, ya que en un estudio realizado por Tobin et al. (2012), se encontró que las hamburguesas de carne hechas con bajas proporciones de grasa mostraban tener una apariencia oscura. El depósito de la grasa se compone en su mayoría de triacilglicéridos (lípidos de almacenamiento) y en su minoría por fosfolípidos (lípidos estructurales) (Alzueta y Beriain, 2000).

En los alimentos, las grasas se encuentran en unidades conocidas como ácidos grasos. Éstos ácidos grasos pueden existir como saturados o insaturados y son clasificados de acuerdo a su longitud, número y localización de sus enlaces dobles (Alzueta y Beriain, 2000). Los ácidos grasos son importantes ya que pueden ser percibidos por el proceso de gustación del consumidor, aunque esto depende de una combinación de textura, olor, temperatura y modalidad del gusto (Dransfield, 2008).

Comúnmente los alimentos cárnicos procesados se asocian a altos contenidos en grasas saturadas. El consumo en exceso de productos cárnicos de alto contenido de grasa está asociado a enfermedades cardiovasculares, por lo cual muchos estudios se han orientado a buscar nuevas técnicas que permitan hacer productos cárnicos bajos en grasa. De esta manera se pretende obtener un producto de alta calidad, disminuyendo los riesgos a la salud (Dransfield, 2008). Éste es el caso de las hamburguesas de carne, las cuales contienen altas cantidades de grasa saturada y

por esto se asocian al desarrollo de enfermedades cardiovasculares (Piñero et al., 2004). El problema de reducir los niveles de grasa en este tipo de alimentos recae en la alteración de las propiedades organolépticas del mismo, poniendo en juego la aceptabilidad por parte del consumidor (Piñero et al., 2004). Actualmente muchas investigaciones están dirigidas hacia alimentos funcionales, donde se sustituyan las grasas saturadas en la formulación por otros componentes que aporten valor nutricional.

Para determinar el contenido de grasa en un alimento, comúnmente se utiliza la técnica de extracción por disolvente. Dentro de esta técnica se encuentra el método oficial Am 5-04, aprobado por la AOCS (American Oil Chemists' Society), el cual utiliza el equipo ANKOM XT10 (AOCS, 2009). En un estudio realizado por Seenger et al. (2008) se cuantificó la grasa presente en 23 canales de cerdo y 19 canales de res con un total de 80 muestras de diversos cortes de las mismas. En este estudio se utilizó el equipo de análisis de grasa total ANKOM XT10, y los resultados se compararon con otros métodos físicos y químicos, incluido el método Soxhlet. Se demostró que no existe diferencia significativa entre el porcentaje de grasa determinado en las muestras analizadas con ANKOM XT10 y el método Soxhlet (Seenger et al., 2008). A su vez, la tecnología ANKOM XT10 muestra tener ventaja en comparación con el método de Soxhlet debido a que es un equipo automático, con un corto tiempo de extracción y alta eficacia, analizando 15 muestras a la vez en cada ciclo de extracción (Liu, 2011).

### **3.7. Rancidez en las carnes**

En el tejido muscular de la carne, los lípidos del tejido adiposo, se encuentran localizados dentro de la membrana del tejido conectivo. Esto representa un obstáculo para el acceso de sustancias que no pertenecen a la célula. Estas sustancias tendrían que presentar ciertos criterios de solubilidad para poder ser transportadas dentro de la célula y así reaccionar con el lípido en la

interface celular. Cuando la carne es picada o macerada se rompe esta barrera mecánica y se exponen los lípidos que están dentro de la célula haciéndolos más propensos a sufrir cambios químicos o microbiológicos (Allen y Hamilton, 1999). Entre este tipo de cambios se puede encontrar el proceso de rancidez.

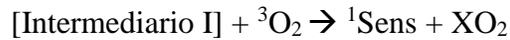
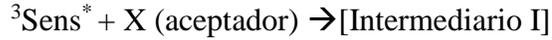
La rancidez se refiere a aquellas reacciones químicas en donde los lípidos del alimento sufren deterioro (Del Nobile et al., 2002). Estas reacciones en los alimentos pueden ser ocasionadas por vías conocidas como rancidez hidrolítica y la rancidez oxidativa. La rancidez hidrolítica ocurre principalmente en aquellos alimentos que contienen ácidos grasos saturados y en esta ocurre la liberación de ácidos grasos mediante actividad enzimática o mediante presencia de humedad (Del Nobile et al., 2002). Debido a la organización estructural que existe en las células y a la limitación de interacción con los lípidos en la carne, es poco probable que se desarrolle la rancidez hidrolítica en las mismas (Allen y Hamilton, 1999). En el caso de que exista crecimiento microbiológico en la carne, estos microorganismos podrían producir enzimas lipolíticas que desarrollen la rancidez hidrolítica. Otra posibilidad sería que estos microorganismos causen cambios proteolíticos, para hacer accesibles los lípidos para la acción de las enzimas lipolíticas (Allen y Hamilton, 1999). Este tipo de rancidez podría evitarse al disminuir la temperatura de almacenamiento, escogiendo y manteniendo buena calidad en el empaque y condiciones óptimas en la transportación para impedir el crecimiento de microorganismos que puedan ocasionar este tipo de reacción (Del Nobile et al., 2002).

En los alimentos ocurre también otro tipo de rancidez conocida como rancidez oxidativa o autooxidación. La autooxidación es la reacción directa que se lleva a cabo entre el oxígeno molecular y los compuestos orgánicos del alimento (Bragadóttir, 2001). Este tipo de rancidez ocurre principalmente en los ácidos grasos insaturados (Allen y Hamilton, 1999). La rancidez

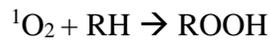
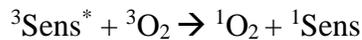
oxidativa puede ser causada por tres factores: a) foto-oxidación, b) mecanismo de radicales libres y c) enzimas como las lipoxigenasas en ácidos grasos libres y/o triacilglicéridos, formando así un compuesto intermediario conocido como hidroperóxido (Wasowicz et al., 2004). Este último proceso se conoce como la peroxidación de los lípidos (Min y Ahn, 2005). El hidroperóxido no tiene olor, pero da origen a otras reacciones que generan compuestos secundarios, ya sea por la vía de fotooxidación o por el mecanismo clásico de radicales libres (Allen y Hamilton, 1999).

El proceso de foto-oxidación ocurre cuando hay presencia de luz y algunas moléculas fotosensitivas, pudiendo llevarse a cabo mediante dos mecanismos conocidos como Tipo I y Tipo II (Wasowicz et al., 2004).

La foto-oxidación Tipo I ocurre cuando un electrón o un átomo de hidrógeno se transfiere entre una molécula sensibilizante triplete excitada y un sustrato. Este sustrato podría tratarse de ácidos grasos poli-insaturados, produciendo radicales libres o iones radicales (Wasowicz et al., 2004). Este producto podría tratarse de hidroperóxidos similares a aquellos que se encuentran en la ruta clásica de radicales libres. En la presencia de radiación visible o luz ultravioleta, la molécula sensibilizante en su estado fundamental, absorbe la energía y se convierte a un estado singlete excitado ( $^1\text{Sens}^*$ ). Una ruta alternativa sería por cruce entre sistemas (ISC por sus siglas en inglés) donde se forma un estado triple excitado del sensibilizador el cual reacciona con sustratos aceptadores para producir el Intermediario I el cual puede ser un radical o un ion radical. Este intermediario I luego reacciona con el oxígeno triplete para formar productos oxidados (Allen y Hamilton, 1999). Esta reacción Allen y Hamilton (1999) la explican de la siguiente manera:

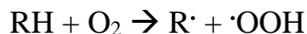


Por otra parte se encuentra el mecanismo de fotooxidación tipo II. En este mecanismo el oxígeno en su estado triple excitado sufre excitación debido a la presencia de luz formando un oxígeno singlete el cual reacciona con el doble enlace de los ácidos grasos insaturados produciendo un hidroperóxido alílico (Wasowicz et al., 2004). Como consecuencia ocurre la formación de diferentes tipos de hidroperóxidos y así diferentes volátiles que se rompen para dar productos secundarios de oxidación (Allen y Hamilton, 1999). Algunas moléculas pueden prevenir la oxidación Tipo II reaccionando más rápido con el oxígeno singlete en comparación con la reacción de la molécula del lípido con el oxígeno singlete (Allen y Hamilton, 1999). Se puede representar esta reacción según Allen y Hamilton (1999) de la siguiente manera:



Por otra parte existe también el mecanismo de radicales libres. Este mecanismo se lleva a cabo en tres etapas conocidas como iniciación, propagación y terminación. La etapa de iniciación comienza cuando una especie altamente reactiva puede sustraer un hidrógeno lábil del grupo metileno en el lípido, produciendo así el radical libre (Ladikos y Lougovois, 1990). La abstracción del hidrógeno se describe como un proceso selectivo, ya que se abstraerá el hidrógeno que tenga el enlace más débil, el cual, en el caso de los ácidos grasos poli-insaturados, se encuentra en el hidrógeno del grupo metileno entre dos enlaces dobles (Wasowicz et al., 2004). La sustracción del hidrógeno de la cadena de lípidos ocasiona que haya un número impar

de electrones en la cadena de carbono (Min y Ahn, 2005). Esta etapa de iniciación la expresa Allen y Hamilton (1999) de la siguiente manera:

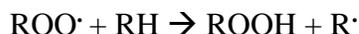
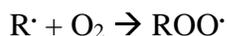


La etapa de iniciación puede ocurrir por la acción de ciertos factores como puede ser la energía, en específico el calor, la luz o la alta energía de radiación (Allen y Hamilton, 1999). También puede ser causada por la concentración de agentes pro-oxidantes, presencia de hierro ferroso endógeno, mioglobina, enzimas, pH, temperatura, fuerza iónica, consumo de oxígeno y la composición de ácidos grasos en la carne (Chaijan, 2008).

Una vez culminada la etapa de iniciación, comienza la etapa de propagación. En esta etapa el radical libre del lípido reacciona con oxígeno y forma el radical lípido peroxi (ROO·) (Ladikos y Lougovois, 1990). Este radical lípido peroxi puede sustraer un hidrógeno del ácido graso insaturado formando así el hidroperóxido, ROOH, el cual es el producto primario de la oxidación de lípidos. Los hidroperóxidos son sustancias de naturaleza muy inestable, sensibles a temperatura, de fácil descomposición, no volátiles y sin olor, lo cual los hace difíciles de analizar (Wasowicz et al., 2004). La medida de estos puede dar un índice del grado de oxidación en la etapa más temprana (Wasowicz et al., 2004). A mayor cantidad de enlaces dobles en el ácido graso, mayor será la formación de mezclas de hidroperóxidos, esto debido a que la abstracción del hidrógeno puede llevarse a cabo en diferentes lugares de la cadena de carbono (Min y Ahn, 2004).

En este paso de propagación, se obtiene como producto un radical libre (R·) el cual puede perpetuar la reacción en cadena (Ladikos y Lougovois, 1990). De esta manera una pequeña

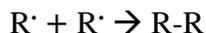
cantidad de catalítico puede iniciar la reacción produciendo varias moléculas de hidroperóxido quienes se rompen para causar rancidez (Allen y Hamilton, 1999). Las reacciones para el paso de propagación la explica Allen y Hamilton (1999) de la siguiente manera:



Es importante mencionar que la formación del hidroperóxido puede tener procesos perjudiciales para la salud del consumidor. Este compuesto no es absorbido fácilmente por el intestino, de manera que puede causar daños en la mucosa gastrointestinal (Wasowicz et al., 2004). Además se ha comprobado que este puede acelerar el desarrollo de cáncer así como también las tres etapas de arterosclerosis (Wasowicz et al., 2004). También los radicales peroxi del lípido son muy reactivos a los grupos funcionales de los aminoácidos (Ladikos y Lougois, 1990). A su vez, los hidroperóxidos pueden descomponer la vitamina E, vitamina A, vitamina C y provitaminas como carotenos, causando problemas en el valor nutricional del alimento (Wasowicz et al., 2004).

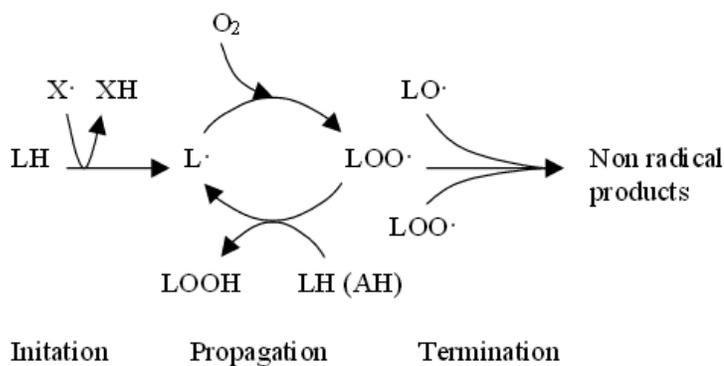
Por otra parte, estos radicales formados en el proceso de auto-oxidación pueden reaccionar con aminoácidos y proteínas induciendo cruzamientos y formando nuevos compuestos que causan cambios en las propiedades funcionales (Wasowicz et al., 2004). Estas reacciones podrían ser las responsables del color marrón en las carnes, lo cual es indicativo de presencia de sabores y olores objetables (Chaijan, 2008). Por último en la etapa culminante de este mecanismo, el paso de terminación, el radical peroxi del lípido puede reaccionar con algún otro reactivo o con su misma molécula para dar como resultado productos secundarios no radicales (Wasowicz et al., 2004). También esta etapa de terminación puede ser causada por

presencia de antioxidantes en el alimento (Wasowicz et al., 2004). Allen y Hamilton (1999) explican este paso de la siguiente manera:



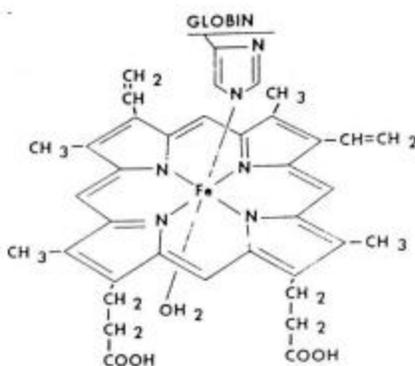
La descomposición del hidroperóxido da a lugar compuestos volátiles y no volátiles, dentro de los cuales el grupo funcional aldehído es el más abundante (Min y Ahn, 2004). Los compuestos volátiles formados son de bajo peso molecular y pueden afectar el sabor a concentraciones que van por debajo de 1 ppm (Ladikos y Lougovois, 1990). El producto dependerá de la composición de la grasa del animal que a su vez depende de la dieta de este (Ladikos y Lougovois, 1990). Estos productos generan sabores y olores desagradables como son los sabores a recalentado (*Warmed Over Flavour* comúnmente conocidos como WOF), y los *off-flavours* los cuales representan problemas de gran magnitud en la industria cárnica, siendo una advertencia de que el alimento ya no puede consumirse (Wasowicz et al., 2004). El producto secundario más común producido en este paso es malonaldehído. Este producto tiene consecuencias negativas al consumidor ya que es absorbido por el sistema circulatorio causando reacciones cruzadas con DNA y proteínas (Wasowicz et al., 2004). A su vez, los productos de la oxidación de lípidos pueden reaccionar con la vitamina B y folatos en la carne, disminuyendo su valor nutricional (Wasowicz et al., 2004).

En la siguiente figura se muestra un resumen del proceso de autooxidación de los lípidos, según Bragadóttir (2001).



**Figura 1.** Proceso de autooxidación de los lípidos. (Bragadóttir, 2001)

Para entender el proceso de rancidez oxidativa en carnes, se debe estudiar el rol de la mioglobina en las mismas. La mioglobina es una proteína que está hecha de una cadena sencilla de polipéptidos (globina) la cual se compone de 153 aminoácidos, un grupo hemo prostético, hierro (II) y un complejo de protoporfirina-IX (Chaijan, 2008). La mioglobina es una proteína globular hemo encontrada en el músculo del animal la cual dependiendo de su estado de oxidación y su concentración, se encarga de impartir el color a la carne (Chaijan, 2008). Esta molécula es considerada como agente pro-oxidante en el tejido muscular, por lo cual cataliza la oxidación de lípidos en las carnes (Chaijan, 2008).

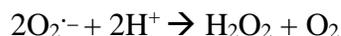
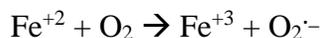


**Figura 2.** Representación de la molécula de mioglobina. (Chaijan, 2008)

Entre las propiedades de la mioglobina en el músculo vivo está impartir el color, el cual va a estar sujeto al estado redox de esta proteína (Chaijan, 2008). Es importante mencionar el rol que tiene el hierro en la mioglobina. El átomo de hierro en la mioglobina tiene la posibilidad de sufrir cambios en su estado de oxidación de  $Fe^{+2}$  a  $Fe^{+3}$  (Allen y Hamilton, 1999). La concentración de hierro en mioglobina y su participación en la oxidación de lípidos es una pieza esencial ya que esta es responsable de ocasionar diferencias a través de las especies y tipos de cortes de carnes (Chaijan, 2008). Por ejemplo, las carnes oscuras tienen mayor concentración de hierro en su estado reactivo, lípidos y mioglobina (Chaijan, 2008). También esta proteína se encarga de transportar oxígeno desde la sangre hasta el lugar de la actividad muscular (Allen y Hamilton, 1999). Este oxígeno funciona como un agente oxidante que da paso a la oxidación de los alimentos (Allen y Hamilton, 1999). Mioglobina solo puede cargar o liberar oxígeno cuando el hierro del hemo está en su estado de  $Fe^{+2}$ , permitiendo que esta molécula pueda existir en su forma oxigenada (oximioglobina) o no-oxigenada (metmioglobina) (Allen y Hamilton, 1999). El color en este primer estado (oxigenada) es un color rojo brillante indicativo de carne fresca; en el segundo estado (no-oxigenada) es un color violeta-rojizo profundo (Allen y Hamilton, 1999). Cuando el hierro se oxida a  $Fe^{+3}$  el complejo hemo se vuelve insoluble, el color cambia a marrón, y no se puede enlazar oxígeno (Allen y Hamilton, 1999). Estas reacciones son tipo reversibles pudiendo así cambiar en el caso de que cambie la concentración de oxígeno en el ambiente donde se encuentren (Allen y Hamilton, 1999).

La oxidación de mioglobina se lleva a cabo a través de la reacción conocida como reacción de Fenton. En esta reacción el hierro en su estado  $Fe^{+2}$  puede reaccionar con el oxígeno molecular para de esta forma oxidarse a  $Fe^{+3}$  y producir un anión superóxido ( $O_2^{\cdot-}$ ) el cual puede

producir un peróxido mediante dismutación y de esta manera reaccionar con el  $\text{Fe}^{+2}$  para producir el radical hidroxil (Chaijan, 2008). Chaijan (2008) lo explica de la siguiente manera:



Esta reacción puede facilitar el proceso de oxidación de los lípidos, ya que el producto, anión superóxido, facilita la oxidación de lípidos. También la oxidación de la oximioglobina produce agentes pro-oxidantes como pueden ser metmioglobina y peróxido de hidrógeno. Conociendo estos mecanismos es posible entender que la oxidación de los lípidos en la carne se debe mayormente a la catálisis de la mioglobina. Esta oxidación de la mioglobina la promueve las altas temperaturas y bajos valores de pH (Chaijan, 2008). Además es importante mencionar que los productos de aldehídos en la oxidación de lípidos alteran la estabilidad de mioglobina, dando como resultado la oxidación promovida de oximioglobina. Los aldehídos aumentan la actividad de oxidación de oximioglobina, y la actividad de pro-oxidación de metmioglobina lo cual implica el deterioro de sabor y color en las carnes (Chaijan, 2008).

Además de la mioglobina, ciertos metales de transición pueden servir como promotores del proceso de oxidación de lípidos en las carnes. Entre estos el hierro, cobalto y cobre facilitan la transferencia de electrones, aumentando la tasa de radicales libres (Ladikos y Lougovois, 1990). Solo son necesarias pequeñas cantidades o trazas de estos metales para que ocurra el proceso de oxidación de lípidos (Wasowicz et al., 2004). Estos metales se originan de los tejidos del animal (Wasowicz et al., 2004) y/o del agua, especias y sal utilizada para condimentar

(Ladikos y Lougovois, 1990). En las siguientes reacciones Wasowicz et al. (2004) describen la reacción redox de un electrón que ocurre con los metales para descomponer el hidropéroxido:



Cuando en el tejido hay bajo contenido de agua, la actividad catalítica de los metales de transición disminuye, de manera que con alto contenido de humedad se promueve la oxidación de lípidos (Ladikos y Lougovois, 1990).

Los productos no deseados, generados por la oxidación de lípidos, pueden alterar las características organolépticas del alimento, contribuyendo a su deterioro y a la poca aceptabilidad por parte del consumidor. Entre todos los constituyentes de un alimento, los lípidos son más vulnerables a sufrir reacciones de oxidación ya sea en el proceso de manufactura, almacenamiento, distribución y preparación final (Wasowicz et al., 2004). Desde el momento inmediato al sacrificio, es de suma importancia controlar la manipulación, el procesamiento, el almacenamiento y la cocción de la carne para así evitar consecuencias como pérdida de color en la carne, exudado, olor y sabor desagradable, defectos de textura y el producción de compuestos que podrían ser tóxicos al ser humano (Chaijan, 2008). Estas consecuencias podrían ocasionar poca o ninguna aceptabilidad por parte del consumidor. También el proceso de molienda, cocción y deshuesado expone los componentes lípidos lábiles a oxígeno de manera que se acelera el proceso de la rancidez oxidativa y aparecen los sabores no agradables en los alimentos (Ladikos y Lougovois, 1990).

Otro factor que puede acelerar la oxidación de los lípidos es la congelación, esto debido a efectos de concentración de solutos (Chaijan, 2008). La oxidación de las grasas en la carne se encuentra en un rango máximo en la región de  $-10^{\circ}\text{C}$  (Allen y Hamilton, 1999). Una posible explicación a este aumento en la velocidad de rancidez sería que al disminuir la temperatura se lleva a cabo el congelamiento del agua en el tejido graso aumentando la proporción de hielo puro formado (Allen y Hamilton, 1999). El restante de agua líquida forma una solución de alta concentración de solutos con un bajo punto de fusión (Allen y Hamilton, 1999). Se conoce que el 98.2% del agua se congela a  $-20^{\circ}\text{C}$  y no es hasta que la temperatura alcanza  $-30^{\circ}\text{C}$  que todos los componentes están solidificados (Allen y Hamilton, 1999).

Para medir la oxidación de los lípidos en las carnes, comúnmente se utiliza el ensayo de ácido 2-tiobarbitúrico y sustancias reactivas (TBARS por sus siglas en inglés), el cual está basado en la determinación espectrofotométrica de malonaldehído (Ross y Smith, 2006). Malonaldehído, o MDA, es un aldehído de tres carbonos y es uno de los productos secundarios principales en la oxidación de los lípidos (Wasowicz et al., 2004). El método de TBARS consiste en medir la oxidación de los lípidos en términos de miligramos de malonaldehído (MDA) por kilogramo de muestra (Pikul et al., 1989). El método comúnmente utilizado es el método de destilación desarrollado por Tarladgis et al. (1960). Este método consiste en realizar una destilación de la muestra de alimento en medio ácido, para separar las sustancias reactivas por volatilización a altas temperaturas (Vicario et al., 1997). Una vez se obtiene el destilado y, con la adición de ácido 2-tiobarbitúrico, se forma un complejo entre dos moléculas de TBA con una molécula de MDA exhibiendo un color rosado (Tokur et al., 2006). Es posible medir este mediante densidad óptica a una longitud de onda de 538 nm (Pikul et al., 1989).

Entre las desventajas del método de TBARS está la necesidad de coleccionar un volumen específico del destilado, por lo cual la técnica toma tiempo de ejecución (Tokur et al., 2006). También es necesario unidades específicas de destilación limitando el tiempo de analizar un número de muestras al día (Tokur et al., 2006). Además el calentamiento y el pH bajo en la muestra puede dar como resultado una sobreestimación del valor de TBA (Tarladgis et al., 1960). Otra desventaja sería que el reactivo TBA puede reaccionar con otros aldehídos presentes en el alimento y que no forman parte de la oxidación de lípidos, formando el compuesto color rosa y como resultado se obtiene un alto valor de TBA (Vicario et al., 1997).

El valor de TBA obtenido puede ser alto si el alimento se encuentra en partículas pequeñas, como la carne molida, ya que hay alta disrupción celular (Ladikos y Lougovois, 1990). También se ha observado que temperaturas de  $-18^{\circ}\text{C}$  no detienen el proceso de oxidación de lípidos en hamburguesas congeladas, aumentando así los valores de TBA a través del tiempo (Ladikos y Lougovois, 1990). Además los resultados pueden verse afectados por la especie del animal, alimentación, tipo de músculo, tamaño de la muestra y el pH en que se encuentra (Vicario et al., 1997).

Un estudio realizado por Pikul et al. (1989), muestra el uso del método de destilación TBA para medir la rancidez oxidativa en muestras de pechugas de pollo. A estas muestras se le añadía el reactivo butilhidroxitolueno (BHT) como agente antioxidante, para medir la efectividad del mismo evitando la oxidación de los lípidos. Esto se llevó a cabo a través de tres métodos: el método de destilación TBA, el método de TBA en extracción acuosa y en el método de TBA en extracción de lípidos. Se demostró que el uso de TBA en extracción acuosa muestra valores de TBA un poco menores a los de destilación, pero tienen alta correlación entre sí. Por otra parte, el uso de TBA en extracción de lípidos tiene también una alta correlación con el método de

destilación TBA, aunque éste se puede utilizar para obtener mayor información acerca de la susceptibilidad de los lípidos a oxidarse.

### **3.8. Uniformidad en las formulaciones de productos procesados**

Para que un producto sea aceptado por el consumidor, es importante que sea constante en la palatabilidad de sus atributos (Jeremiah et al., 2003). Los consumidores buscan constantemente uniformidad en los productos alimenticios que van a adquirir. Para esto es necesario que en la industria de alimentos implementen modelos que a través de ecuaciones matemáticas ayuden a estandarizar la formulación de los productos, de manera que se asegure la uniformidad del producto. Debido a que los alimentos se componen de mezclas no homogéneas y la física que explica todo su proceso no está totalmente establecida, se hace poco común en la industria de alimentos el uso de modelos matemáticos que estandaricen el proceso de producción (Halder et al., 2011). Es por esto que existe la necesidad de desarrollar modelos matemáticos que automaticen el procesamiento de los alimentos y mantengan la seguridad en los mismos (Halder et al., 2011). Algunos de los modelos matemáticos que se utilizan en las formulaciones con mezcla de ingredientes son los cálculos de balance de masa.

El balance de masa es un método utilizado para rastrear algún material en la entrada y salida de un proceso y de esta manera establecer las cantidades de diferentes materiales en cada corriente del proceso (Toledo, 1999). Toledo (1999) señala algunos de los principios básicos a seguir para formular un balance de masa los cuales incluyen:

- Formular una ecuación global basada en la Ley de Conservación de la Materia
- Establecer el diagrama de flujo del proceso
- Establecer los límites del sistema

- Realizar el balance de masa total
- Realizar el balance de masa por componente.

En el caso de las formulaciones de hamburguesas de carne, es posible realizar un balance de masa que incluya una mezcla de alimentos en un proceso.

### **3.9. Evaluación Sensorial**

El uso de los sentidos se considera una herramienta muy útil en la industria de alimentos para medir las características organolépticas de estos. De esta manera se hace posible definir el grado de aceptación del mismo. A este proceso se le conoce como evaluación sensorial. La evaluación sensorial se define como una disciplina científica utilizada para evocar, medir analizar e interpretar reacciones en los alimentos según son percibidos a través de los sentidos (Warner et al.,1995). Este tipo de evaluación es de gran ayuda, ya que es a través de este que se puede obtener una idea de la aceptación de un producto, de manera que se puedan alcanzar las expectativas que el consumidor tiene para un producto. Existen diferentes tipos de evaluaciones sensoriales que pueden llevarse a cabo, entre las cuales se encuentra la Prueba Triángulo.

La Prueba Triángulo es aquella prueba donde se necesitan de 8 a 12 panelistas, con o sin adiestramiento, para así determinar las diferencias globales entre la muestra tratamiento y la muestra control, siendo un total de tres muestras por panelistas, dos muestras iguales y una diferente (Hui, 2012). Con la ayuda de un análisis estadístico de los resultados obtenidos, se obtiene la certeza de si realmente los dos tipos de muestras difieren significativamente entre sí.

## **4. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **4.1. Obtención de la materia prima**

Los cortes de carne utilizados como materia prima fueron nuca de res, y recortes de res y de cerdo. Estos fueron obtenidos en una compañía procesadora de hamburguesas de carne en Puerto Rico. En cada muestreo se obtuvieron 32 muestras de carne trozada en pedazos. Cada una de las muestras tenía un peso aproximado de una libra. Cada tipo de corte muestreado provenía de diferentes procedencias, las cuales indican diferentes distribuidores, y fueron identificadas con el uso de números. Se realizó un total de nueve muestreos para el corte de nuca de res, el cual se originaba de cuatro procedencias (1, 2, 3 y 4); ocho muestreos para los recortes de res, los cuales se originaban de tres diferentes procedencias (1, 2 y 3); y cuatro muestreos (1, 2, 3 y 4) para los recortes de cerdo los cuales se originaban de sólo una procedencia. Estas muestras fueron tomadas al azar y transportadas en neveras con hielo, dentro de bolsas individuales de polietileno con capacidad de 1 galón, hasta el congelador del edificio Ramírez de Arellano de la Universidad de Puerto Rico, Recinto de Mayagüez, el cual tenía una temperatura del 0°F (-18°C) hasta el momento de realizar las pruebas.

### **4.2. Homogenización de las muestras**

Las muestras de carne obtenidas fueron molidas, para obtener una mezcla homogénea, durante un minuto en una mezcladora eléctrica (Robot Coupe R6V, U.S.A). Luego se almacenaron dentro de sus respectivas bolsas, en el congelador a 0°F (-18°C) hasta el momento de realizar las pruebas físico-químicas, por un periodo no mayor a un mes.

### **4.3. Pruebas físico-químicas**

#### **4.3.1. Determinación de humedad**

Para determinar el contenido de humedad de las muestras, se trabajó con el procedimiento establecido por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA,

2009) en el *Chemistry Laboratory Guidebook* (CLG-MOI.03). Para esto se colocaron aproximadamente de 3 a 6 gramos de cada muestra en platos de aluminio previamente pesados (Sartorius TE214S, U.S.A.). Las muestras se secaron por un periodo de 16 horas a una temperatura de 102 °C, utilizando un horno de convección mecánica (Napco® Model 630, U.S.A). Una vez transcurrido el tiempo estipulado, se procedió a remover del horno las muestras en los platos de aluminio; dejándolas enfriar a temperatura ambiente dentro de un desecador durante diez minutos para luego tomar su peso. Este método se realizó por triplicado para cada una de las muestras de los diferentes tipos de carnes. Culminado el proceso, se procedió a calcular el porcentaje de humedad en cada muestra obteniendo la diferencia en pesos de antes y después del secado. Para esto se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{Porcentaje de humedad} = \frac{100 ( B - C )}{A}$$

donde:

A= peso de la muestra húmeda

B= peso del plato + peso de la muestra antes del secado

C= peso del plato + peso de la muestra después del secado.

#### **4.3.2. Determinación de grasa cruda**

Se trabajó siguiendo el método establecido por la *American Oil Chemists' Society* utilizando el equipo ANKOM, para muestras de 20% de grasa o más (AOCS, 2009). Se rotuló cada una de las bolsas de filtro ANKOM XT4 y cada uno de los platos de aluminio, utilizando un plato de aluminio para cada bolsa de filtro. Las bolsas de filtro fueron previamente pesadas (Sartorius TE214S, U.S.A.). Los platos de aluminio fueron puestos en el horno a 102°C±2°C (Napco® Model 630, U.S.A) durante 15 minutos. Luego de haberlos secado, fueron colocados dentro de un desecador durante diez minutos para poder tomar su peso (Sartorius TE214S,

U.S.A.). Tarando cada bolsa de filtro en la balanza, se colocaron de 1 a 2 gramos de la muestra en su respectiva bolsa de filtro, registrando el peso obtenido para cada muestra. Se trabajó cada muestra en triplicado. Cada bolsa fue sellada en calor y puesta sobre su respectivo plato de aluminio, para de esta forma realizar un secado en el horno a una temperatura de  $102^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  durante un periodo de 3 horas. Transcurridas las 3 horas, las bolsas en los platos de aluminio fueron colocadas en un desecador durante diez minutos para así registrar su peso. Cada una de las bolsas de filtro con muestra previamente secadas, fueron colocadas en la maquinaria ANKOM XT10 (ANKOM<sup>xt10</sup> Extractor Model XT10, U.S.A.), junto con la adición de 350 ml del solvente éter de petróleo. La máquina fue fijada a una temperatura de  $90^{\circ}\text{C}$  por un periodo de aproximadamente 40 minutos. Luego de haber culminado el ciclo de la máquina, cada bolsa con muestra fue secada en el horno a una temperatura de  $102^{\circ}\text{C}$  durante 30 minutos. Transcurridos los 30 minutos, éstas se dejaron enfriar en un desecador durante diez minutos para luego tomar su peso. Culminado todo el proceso, se procedió a realizar los cálculos correspondientes para obtener el porcentaje de grasa cruda en cada muestra utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{Porcentaje de grasa} = \frac{100 ([W_2 - W_4] - W_3)}{W_1}$$

donde:

$W_1$  = peso de la muestra húmeda

$W_2$  = peso de la muestra pre-secada en la bolsa de filtro

$W_3$  = peso de la muestra seca en la bolsa de filtro luego de la extracción

$W_4$  = peso del plato de aluminio.

Este cálculo para el porcentaje de grasa cruda está en base húmeda, por lo cual también se calculó el porcentaje de grasa en base seca utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{Porcentaje de grasa (base seca)} = \frac{100 (W_2 - W_3)}{(W_2 - W_0)}$$

donde:

$W_0$  = peso de la bolsa de filtro

$W_2$  = peso de la muestra en la bolsa de filtro después del secado antes del proceso de extracción

$W_3$  = peso de la muestra en la bolsa de filtro después del secado en el proceso luego de la extracción.

#### **4.3.3. Análisis del Índice de Rancidez Oxidativa**

Se utilizó el método desarrollado por Tarladgis et al. (1960). Cada una de las muestras fueron analizadas en triplicado. Se pesaron 10 g de muestra previamente homogenizada (Metler Toledo AG204, U.S.A.) y, junto con la adición de 50 ml de agua destilada, fue mezclado en una mezcladora (Waring Commercial Blender 700 G WF2212112, U.S.A.) durante un periodo de dos minutos. Esta mezcla fue transferida cuantitativamente a un matraz redondo de destilación, realizando lavados con un total de 47.5 ml de agua destilada. Se añadieron aproximadamente 2.5 ml de una solución de HCl 4 N hasta alcanzar un pH de 1.5, el cual fue medido utilizando un metro de pH (Fisher Scientific Accumet ® Research AR15, U.S.A.) con un electrodo de tipo Accumet ® 13620285. El metro de pH fue calibrado previamente a su uso, siguiendo las instrucciones del fabricante. En el cuello del matraz se colocó una pequeña cantidad de material antiespumante (Antifoam A concentrate) y dentro del matraz, junto a la mezcla, se colocaron trozos de porcelana para evitar la ebullición. El sistema de destilación fue ensamblado completamente, colocando el matraz al máximo nivel de calor posible en las mantas de calor (Electrothermal Unimantle UM0500B, U.S.A.). Pasados diez minutos desde el

momento en que la mezcla comenzó a hervir, se colectaron 50 ml del destilado. El destilado recolectado fue agitado y de este se tomaron 5.00 ml con una pipeta, para transferirlo a un tubo de vidrio con tapa, añadiendo 5.00 ml del reactivo TBA (ácido 2-tiobarbitúrico 0.02M en ácido acético glacial al 90%). El tubo fue tapado para mezclar su contenido y fue sumergido en un baño de agua hirviendo durante un periodo de 35 minutos. Una vez transcurrido este tiempo, se colocó el tubo con la mezcla, en agua a temperatura ambiente durante 10 minutos, de manera que se disminuya la temperatura para así tomar su densidad óptica a un largo de onda de 538 nm (Thermo Spectronic Genesys 8, England). Como blanco fue utilizada una mezcla de agua destilada y el reactivo TBA en proporción 1:1 (5.00 ml de cada uno de estos). La lectura obtenida en el espectrofotómetro se multiplicó por el factor 7.8 para así convertirlo a mg de malonaldehído en 1,000 g de muestra (mg MDA/kg muestra).

#### **4.4. Análisis estadístico**

El análisis estadístico se realizó utilizando el programa InfoStat (Grupo Infostat, 2013). Los valores de los resultados para las pruebas de grasa, humedad e índice de rancidez oxidativa fueron expresados mediante la media ( $\bar{X}$ ) y la desviación estándar ( $S$ ) de cada uno de estos. Para cada una de las pruebas físico-químicas se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con un 95% de confianza ( $\alpha = 0.05$ ) para determinar la diferencia dentro de cada corte de carne a utilizar. Para estos análisis de varianza se plantearon las siguientes dos hipótesis:

Hipótesis nula: No hay diferencia dentro del origen de procedencia de cada corte de carne para cada una de las pruebas.

Hipótesis alterna: Al menos una de los orígenes de procedencia de cada corte de carne es diferente para cada una de las pruebas

Si el valor  $p$  es menor que *alfa* ( $p < 0.05$ ) se procede a rechazar la hipótesis nula ( $H_0$ ), obteniendo que sí hay diferencia dentro de cada uno de los cortes de carne.

También se realizó un análisis de correlación de Pearson para relacionar cada uno de los resultados de las pruebas entre sí.

#### **4.5. Modelo matemático de estandarización en la formulación de hamburguesas de carne**

Para realizar la estandarización de hamburguesas de carne, se realizaron cálculos de balance de masa para una mezcla de ingredientes, utilizando como componente los diferentes porcentajes de grasa en la materia prima y la grasa esperada en el producto final. Para esto se simuló la realización de una formulación de hamburguesas de carne con un porcentaje de grasa (en base húmeda) de 22.5%. Esta mezcla de hamburguesas de carne se realizó a través de una mezcla de materia prima que incluyó recortes de cerdo y de res, nuca de res, agua y varios sazónadores, los cuales se conocerán como base. Los cálculos realizados para la estandarización de la formulación de hamburguesas de carne se muestran a continuación.

- Variables a utilizar:

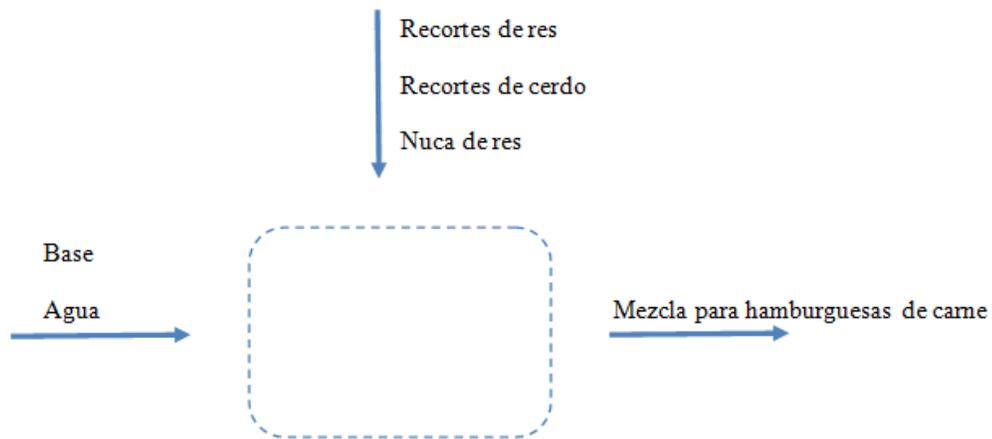
G = cantidad en libras de la mezcla del producto final  
g = porcentaje de grasa en el producto final  
M = cantidad en libras de recortes de cerdo  
m = porcentaje de grasa en recortes de cerdo  
T = cantidad en libras de recortes de res  
t = porcentaje de grasa en recortes de res  
C = cantidad en libras del corte nuca de res  
c = porcentaje de grasa en el corte nuca de res  
B = cantidad en libras de base  
b = porcentaje de grasa en la base  
W = cantidad en libras de agua

- Balance Global:

$$\text{Entra} = \text{Sale}$$

$$G = T + M + C$$

Una vez establecida la ecuación global del proceso, se procedió a establecer el diagrama de flujo del proceso, con los límites existentes en el mismo. Esto se muestra en la figura a continuación.



**Figura 3.** Diagrama del proceso de formulación de hamburguesas de carne.

Para incluir la cantidad de grasa en cada etapa del proceso de formulación, se desarrolló la ecuación por componente, como se muestra a continuación.

- Balance por componente:

$$Gg = Tt + Mm + Cc$$

- Sustitución de la ecuación global en la ecuación por componente

$$(T + M + C)g = Tt + Mm + Cc$$

$$M(g - m) + C(g - c) = T(t - g)$$

- Se define una variable prima global y por componente

$$G' = G - B - W$$

$$G'g' = Gg - Bb$$

Por lo tanto:

$$(G - B - W)g' = Gg - Bb$$

$$g' = \frac{Gg - Bb}{G - B - W}$$

- Si G es el total o producto final, entonces  $G = 1$ . Por lo tanto:

$$g' = \frac{g - Bb}{1 - B - W}$$

- Al despejar para T y al sustituir  $g'$  en la ecuación por componente, se obtiene la siguiente ecuación.

$$T = \left( \frac{1}{t - \frac{g-Bb}{1-B-W}} \right) \left( \left[ P \left\{ \frac{g-Bb}{1-B-W} \cdot P \right\} \right] + \left[ C \left\{ \frac{g-Bb}{1-B-W} - c \right\} \right] \right)$$

Luego de realizar los cálculos, se utilizó el programa computarizado Microsoft Excel (2007), para obtener los resultados de forma automática. Estos resultados dieron la información de cada una de las cantidades a utilizar de la materia prima, tomando como criterio el porcentaje de grasa cruda en esta. El modelo matemático se observa según se ilustra en la siguiente figura.

					Porcentaje de grasa	
		100 = Producto 10% = Base 10% = Agua			30% = Producto 60% = Recortes res 40% = Recortes cerdo 30% = Nuca de res 10% = Base	
	Nuca de res --> 1					
1 <-- Cerdo	40	41	42	43	44	
22	7.1	7.3	7.6	7.8	8.1	
23	6.9	7.2	7.4	7.7	7.9	
24	6.7	7.0	7.3	7.5	7.8	
25	6.6	6.8	7.1	7.4	7.6	
26	6.4	6.7	6.9	7.2	7.5	-2.5
27	6.3	6.5	6.8	7.1	7.3	-1.7
28	6.1	6.4	6.6	6.9	7.2	-0.8
29	5.9	6.2	6.5	6.7	7.0	0.0
30	5.8	6.1	6.3	6.6	6.8	0.8
31	5.6	5.9	6.2	6.4	6.7	1.7
32	5.5	5.7	6.0	6.3	6.5	2.5
33	5.3	5.6	5.8	6.1	6.4	
34	5.2	5.4	5.7	5.9	6.2	
35	5.0	5.3	5.5	5.8	6.1	
36	4.8	5.1	5.4	5.6	5.9	
37	4.7	4.9	5.2	5.5	5.7	
38	4.5	4.8	5.1	5.3	5.6	

Figura 4. Diagrama del modelo matemático visto en el programa Microsoft Excel 2007

En este modelo, se encuentra ya calculado las proporciones de ingredientes a utilizar para la elaboración de hamburguesas de carne, según el porcentaje de grasa que estos contengan. Los datos de porcentaje de grasa de la materia prima se incorporaron al documento como se ilustra en la siguiente figura.

Porcentaje de grasa
30% = Producto
60% = Recortes res
40% = Recortes cerdo
30% = Nuca de res
10% = Base

Figura 5. Diagrama de la incorporación de los porcentajes de grasa en el modelo matemático

Debajo de esta sección de “Porcentaje de grasa”, se encuentra otra sección representada por una fila identificada como “Nuca de res”. Esta fila representa las proporciones en libras que fueron utilizadas para este corte. También se encuentra una columna identificada como “Cerdo”, la cual representa las proporciones en libras utilizadas para los recortes de cerdo. Dentro de esta fila y esta columna se encuentran una matriz de resultados. Esta serie de números representa las proporciones en libras utilizadas para los recortes de res. Se escogió aquella proporción de ingredientes donde apareció el recuadro verde con el número cero, al lado del valor de la cantidad de recortes de res. Esto se observa de forma similar a la figura que aparece a continuación.

		Cantidad en libras de nuca de res a utilizar			
		Nuca de res --> 1			
	1 <-- Cerdo	40	41	42	
	22	7.1	7.3	7.6	
	23	6.9	7.2	7.4	
	24	6.7	7.0	7.3	
	25	6.6	6.8	7.1	
	26	6.4	6.7	6.9	
	27	6.3	6.5	6.8	
	28	6.1	6.4	6.6	
	29	5.9	6.2	6.5	-2.5
	30	5.8	6.1	6.3	-1.7
	31	5.6	5.9	6.2	-0.8
	32	5.5	5.7	6.0	0.0

Cantidad en libras de recortes de cerdo a utilizar

Cantidad en libras de recortes de res a utilizar

Figura 6. Representación de las proporciones a utilizar de cada corte de carne dadas por el modelo matemático

#### **4.6. Formulación de hamburguesas de carne**

Para preparar la formulación de las hamburguesas de carne se tomaron muestras de cada uno de los ingredientes utilizados como materia prima para este producto. A estos se le realizó un análisis de contenido de grasa cruda utilizando el método oficial de la AOCS (Am 5-04). Con estos valores obtenidos para porcentaje de grasa se procedió a insertarlos en el modelo matemático, el cual da las proporciones a utilizar de cada ingrediente según la cantidad de grasa de cada uno, para obtener un porcentaje de grasa en el producto final de 22.5%. Se escogieron dos formulaciones cercanas entre sí para determinar si existían diferencias entre las mismas. De los cortes de carne utilizados, se añadió para la primera formulación un 40% del corte nuca de res, 38% de recortes de cerdo y 5% de recortes de res. Para la segunda formulación se trabajó con un 50% del corte nuca de res, 28% de recortes de cerdo y 4.7% de recortes de res. Los cortes de carne para cada formulación fueron picados y mezclados, con los demás componentes, en una mezcladora (Kitchenaid KSM150BCO, U.S.A.) utilizando un molino de carne adaptado a la misma.

#### **4.7. Evaluación Sensorial**

Para la evaluación sensorial se trabajó con una Prueba Triángulo, para determinar la diferencia global existente entre las posibles formulaciones obtenidas por el modelo matemático. Esta evaluación sensorial se llevó a cabo utilizando las indicaciones encontradas en las guías propuestas por la *National Live Stock and Meat Board* (1995) en las Directrices de Investigación para la cocción, evaluación sensorial y medidas instrumentales de ternura en la carne fresca (*Research Guidelines for Cookery, Sensory Evaluation and Instrumental Tenderness Measurements of Fresh Meat*). Se trabajó con un total de 30 panelistas no adiestrados los cuales

realizaron el análisis en cabinas individuales, preparadas para realizar pruebas de evaluación sensorial, sin alterar el color de la luz en las mismas.

Se colocó un plato con tres muestras rotuladas con números de tres dígitos escogidos al azar. Dos muestras son diferentes a la muestra restante. A cada panelista se le proveyó una hoja de papel preparada con anterioridad, en la cual contestaron cuál de las tres muestras es la muestra diferente. Además se les dio un vaso con agua y una galleta de soda para que limpiasen su paladar entre cada una de las muestras a analizar. Los resultados de la evaluación sensorial fueron analizados estadísticamente para observar si existe diferencia significativa entre cada una de las formulaciones realizadas.

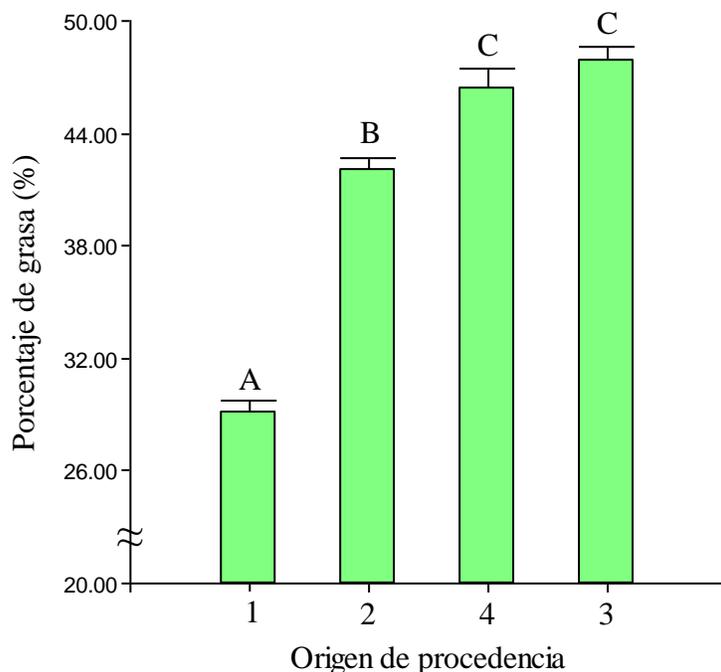
## **5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **5.1. Pruebas físico-químicas**

A continuación se presentan las medias obtenidas como resultado para el análisis de porcentaje de grasa, contenido de humedad e índice de rancidez oxidativa. Estas pruebas se realizaron a cortes comúnmente utilizados como materia prima para la preparación de hamburguesas de carne. Los mismos son nuca de res, y recortes de res y de cerdo. Para cada uno de estos se hace una comparación según su fuente de origen de procedencia, los cuales se tratan de diferentes distribuidores, y se han identificado con el uso de números. Se espera que cada uno de los cortes de carnes muestreados llegue con un porcentaje de grasa (en base húmeda) determinado. Estos porcentajes son de 50%, 28% y 15% para los recortes de res, los recortes de cerdo y nuca de res respectivamente.

#### **5.1.1. Resultados para el contenido de grasa en la materia prima**

En la Figura 7, se muestran los resultados del porcentaje de grasa en base seca obtenido para el corte de nuca de res según su fuente de origen de procedencia. Este corte provenía de cuatro orígenes, los cuales están identificados con los números 1, 2, 3 y 4. En esta figura se observa que sólo hubo consistencia en el porcentaje de grasa de la carne para las fuentes de origen 3 y 4. Las fuentes de origen 1 y 2 son significativamente diferentes entre sí y, también en comparación con las 3 y 4. Los valores obtenidos para porcentaje de grasa van desde  $29.06 \pm 0.68$  hasta  $47.91 \pm 0.75$ . Estas variaciones podrían representar un impacto económico en una industria de alimentos, ya que al no tener consistencia en la materia prima, es posible que se tenga que proceder a cambiar la formulación o haya diferencias apreciables en el producto final.

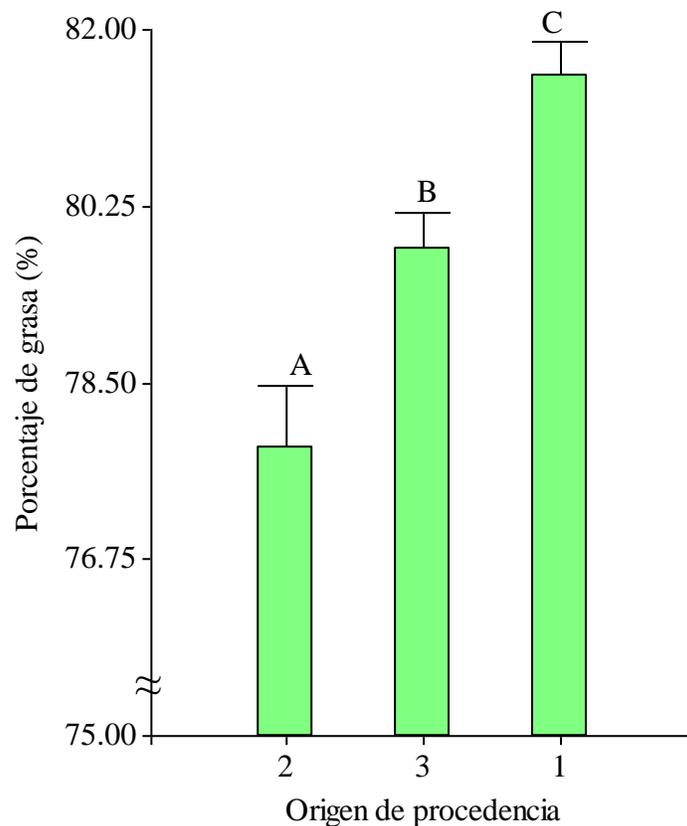


**Figura 7. Porcentaje de grasa en base seca para el corte nuca de res según su fuente de origen.**

Los orígenes de procedencia 3 y 4 mostraron no tener diferencias significativas entre sí; los orígenes de procedencia 1 y 2 son significativamente diferentes entre sí y, también en comparación con las 3 y 4.

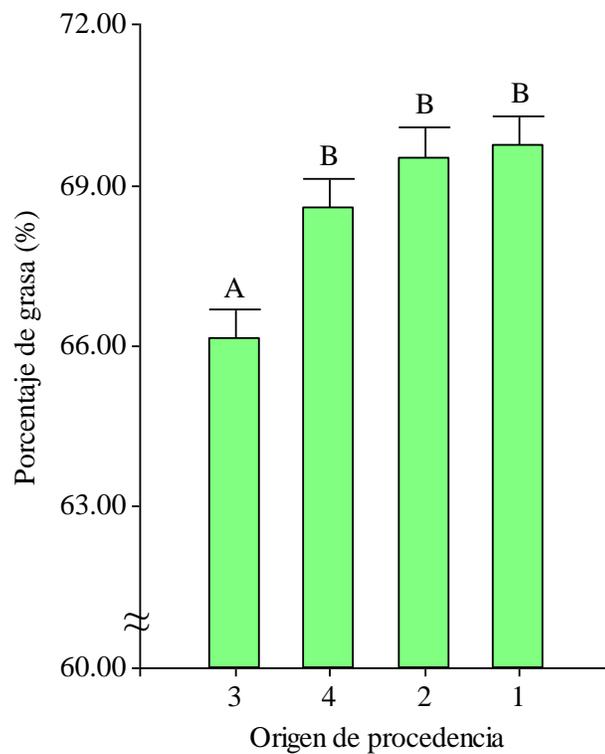
En la Figura 8, se muestran los resultados obtenidos para el análisis de porcentaje de grasa en base seca para los recortes de res. En estos resultados no se encontró patrón de consistencia alguno según la fuente de origen de donde provenían las muestras identificados con los números 1, 2 y 3. En los recortes de res es posible encontrar cantidades diferentes de grasa ya que esta carne se caracteriza por ser la carne sobrante de los cortes primarios o subprimarios hechos de la canal (USDA, 2013). Este corte sería de utilidad para un producto cárnico procesado, ya que al resultar tener un alto contenido de grasa, aporta grandemente a las características sensoriales del producto. Esto es así ya que la grasa actúa como depósito para compuestos que aportan al sabor y a la textura (Serdaroglu, 2006). Un producto cárnico procesado, bajo en grasa, podría presentar características como alta firmeza, textura gomosa, poca jugosidad y color oscuro (Serdaroglu,

2006). En cuanto a la fuente de origen, estas variaciones representarían un problema económico a una industria, ya que al tener variabilidad en el contenido de grasa de la materia prima, el porcentaje de grasa en el producto final también cambiará, afectando las propiedades del mismo (Cross et al., 1980). Los valores para el porcentaje de grasa en los recortes de res, evaluados en este estudio, van desde  $77.86 \pm 0.61$  hasta  $81.55 \pm 0.33$ , en base seca. Estas diferencias existentes en la materia prima, podrían alterar las características deseadas en el producto final, y a su vez la parte económica de la empresa que adquiere los mismos, ya que implicaría hacer cambios en la formulación y una posible alteración al producto final.



**Figura 8.** Porcentaje de grasa en base seca para los recortes de res según su fuente de origen. Cada uno de los orígenes de procedencia 1, 2, y 3, fueron significativamente diferentes entre sí, en cuanto al contenido de grasa.

Por otra parte, en la Figura 9 se muestran los resultados obtenidos para el porcentaje de grasa en base seca en los recortes de cerdo. En este corte sólo se trabajó una misma fuente de origen, la cual se muestreó en cuatro ocasiones, y estos muestreos se han identificado con los números 1, 2, 3 y 4. Para este tipo de carne se obtuvo que en su tercer muestreo, mostró tener una diferencia significativa con los demás muestreos realizados para el análisis de porcentaje de grasa. Al igual que en los recortes de res, en los recortes de cerdo se pueden encontrar valores diversos para el porcentaje de grasa, y depende del grosor del corte que se le haya suministrado. Estas diferencias también podrían deberse a que las muestras de carne puedan tener variación en el sexo y en la edad del animal (Teye, 2009).



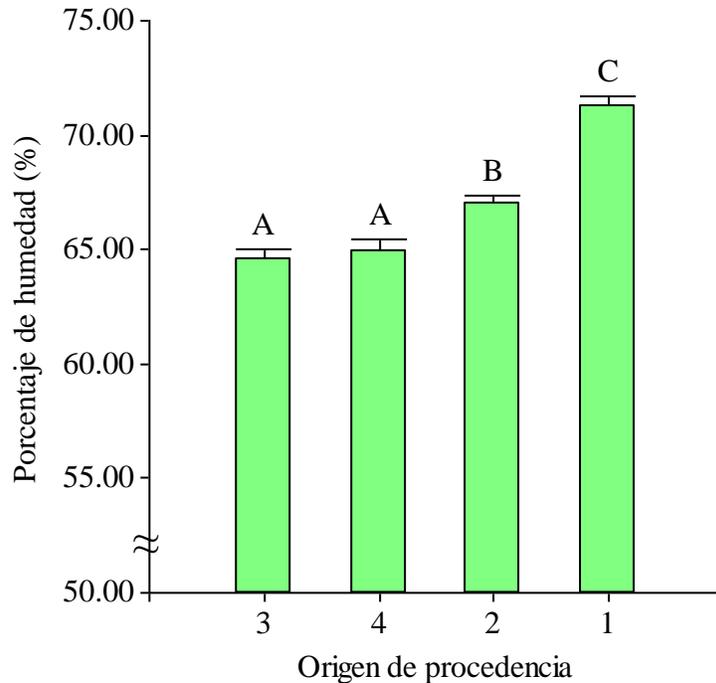
**Figura 9.** Porcentaje de grasa en base seca para los recortes de cerdo según su fuente de origen  
El muestreo 3 mostró tener diferencias significativas a los muestreos 1, 2 y 4, los cuales no tenían diferencias significativas entre sí.

Núñez et al. (2005) dan una posible explicación a las diferencias encontradas en el porcentaje de grasa para cada uno de los cortes. Estos expresan que tanto la edad como el sexo del animal influyen en el contenido de grasa del mismo. Según el animal tiene mayor edad, tendrá a su vez mayor depósito de grasa. Además los músculos de los machos muestran tener menos cantidad de grasa en comparación con el de las hembras (Núñez et al., 2005).

### **5.1.2. Resultados para el contenido de humedad en la materia prima**

En la Figura 10 se muestran los resultados obtenidos para el análisis de humedad en el corte de nuca de res. En este análisis se encontró diferencia significativa entre 1 y 2 solamente, mostrando 3 y 4 no tenerla entre sí. El rango de porcentaje de humedad va desde  $64.69 \pm 0.41$  hasta  $71.29 \pm 0.37$ . Estos resultados se acercan al valor encontrado por Von Seggern et al. (2005), los cuales encontraron un porcentaje de humedad en el corte de la nuca de res de  $72.28 \pm 2.83$ .

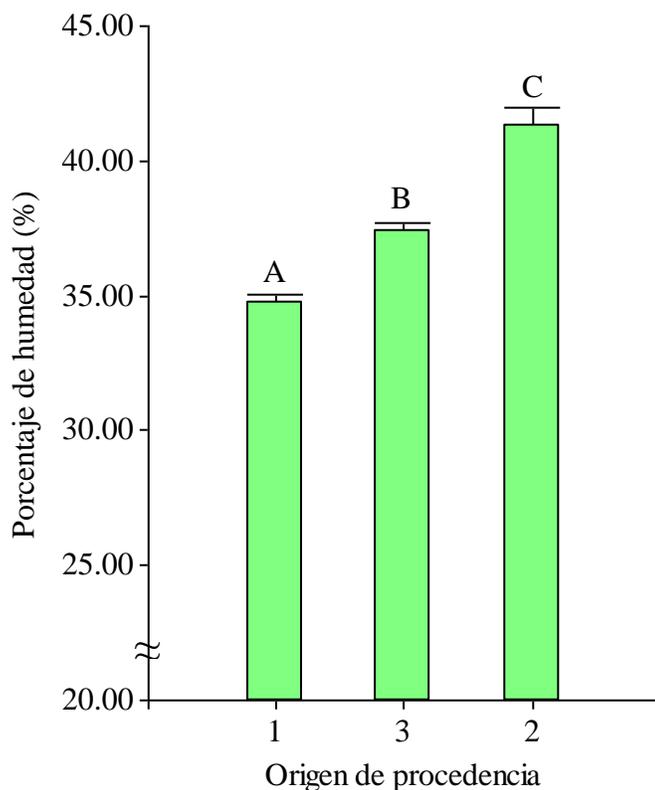
Una posible explicación a la desviación de estos valores podría ser la cantidad de grasa presente en la muestra, ya que en carnes existe una relación inversamente proporcional entre contenido de grasa y el contenido de humedad (Tekin et al., 2010). Esta relación se observó al comparar los resultados obtenidos para el porcentaje de humedad y grasa en base seca en el corte nuca de res. Según el cálculo realizado de correlación de Pearson, para los datos de porcentaje de grasa y humedad, se obtuvo un coeficiente de correlación de  $-0.68$ , mostrando así que existe una correlación negativa entre cada una de las variables. Esto significa que según el porcentaje de grasa aumenta, el porcentaje de humedad disminuye y viceversa. Este corte de carne al tener gran contenido de agua ayuda a la producción de productos cárnicos emulsificados en los cuales se necesitan carnes con alta capacidad de retención de agua (Gok et al., 2009).



**Figura 10.** Porcentaje de humedad para el corte nuca de res según su fuente de origen. Los orígenes de procedencia 1 y 2 muestran tener diferencias significativas entre sí, en comparación a 3 y 4, para el contenido de humedad.

En la Figura 11 se muestran los resultados obtenidos para el porcentaje de humedad según la fuente de origen en los recortes de res. Los valores de porcentaje de humedad obtenidos van desde  $34.73 \pm 0.34$  hasta  $41.32 \pm 0.63$ . Dichos valores están por debajo de los valores propuestos por Aberle et al. (2001), donde muestra que los recortes de res con un 15% de grasa deben tener aproximadamente un porcentaje de humedad de 57.6. Esta variación podría deberse a la gran cantidad de grasa encontrada en este mismo corte. Además estos resultados muestran falta de consistencia entre las fuentes de origen procedentes de la carne. Al comparar estos resultados de humedad con los obtenidos para el porcentaje de grasa en base seca para este mismo corte, se observa que existe la relación inversa porcentaje de grasa, menor porcentaje de humedad. Realizando el análisis de correlación de Pearson, se obtuvo un valor de -0.60. Esto indica una correlación negativa entre las variables de grasa y humedad, mostrando que según se obtenga

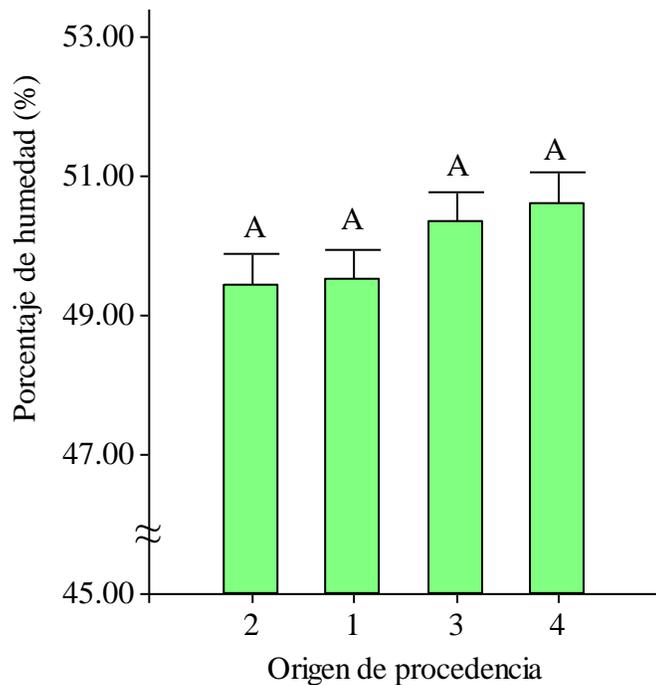
mayor valor en una de estas, se obtendrá un valor menor en la restante. Esta relación también la observó Serdaroglu (2006) en muestras de hamburguesas de carne.



**Figura 11.** Porcentaje de humedad para los recortes de res según su fuente de origen. Los orígenes de procedencia 1, 2 y 3 muestran tener diferencias significativas entre sí para el contenido de humedad.

Al comparar los resultados de grasa en los recortes de cerdo, con los resultados de contenido de humedad para este mismo corte, observados en la Figura 12, se obtuvo un coeficiente de correlación de Pearson de -0.63. Esto muestra que también estas variables de grasa y humedad tienen una correlación negativa entre sí. Esto se observa ya que a mayor porcentaje de grasa, menor contenido de humedad. Sin embargo, en esta prueba sí hubo constancia dentro de cada muestreo, ya que no se obtuvo diferencia significativa entre cada uno de estos para el análisis de contenido de humedad, obteniendo porcentajes de humedad que van desde  $49.44 \pm 0.44$  hasta

50.60±0.44. Estos valores están un poco más bajos a los encontrados por Pearson y Gillet (1999), quienes dan el valor de 59.2% de humedad en carne de cerdo con 23% de grasa. Teye (2009) muestra que altas concentraciones de agua y ácidos grasos poliinsaturados en el tejido adiposo de la carne que proviene de cerdos machos, resultan en una grasa más suave, dando como problema la separación de la grasa del músculo. Esto podría representar un problema al elaborar un producto como son las hamburguesas de carne con materia prima de estas características, ya que podría tener una consistencia blanda y poco compacta, resultando en pérdidas para la industria que lo elabora.



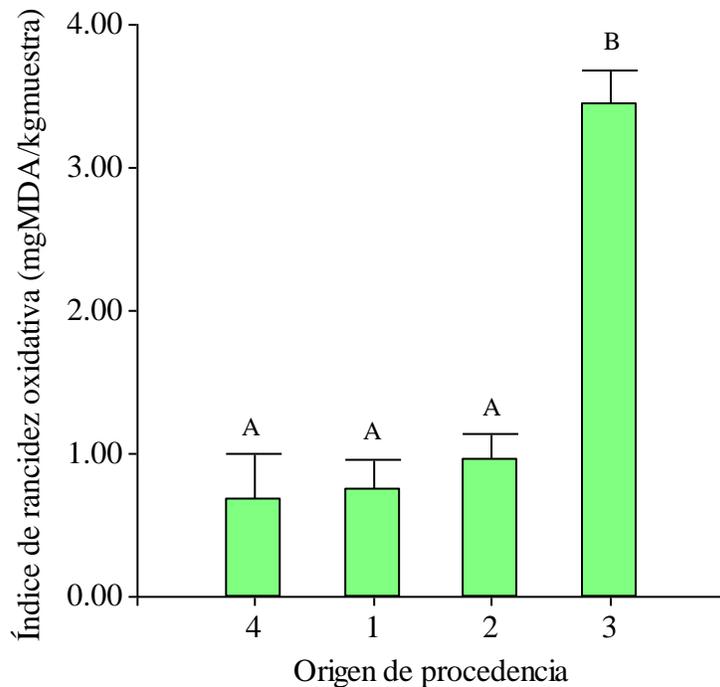
**Figura 12.** Porcentaje de humedad para los recortes de cerdo según su fuente de origen  
Cada uno de los muestreos, 1, 2, 3 y 4, no presenta diferencias significativas entre sí para el contenido de humedad.

Es de suma importancia, por parte de la industria cárnica, mantener un control al momento de la compra de carne para elaborar productos como son las hamburguesas de carne. Estas

variaciones en grasa y humedad podrían representar un producto inconsistente que no cumpla con las expectativas del consumidor, y causando pérdidas económicas al productor.

### **5.1.3. Resultados para el índice de rancidez oxidativa en la materia prima**

En la Figura 13, Figura 14 y Figura 15, se observan los resultados obtenidos para el índice de rancidez oxidativa para la nuca de res, y para los recortes de res y de cerdo respectivamente. En la Figura 13 se muestra que las fuentes de origen de procedencia 1, 2 y 4 para la nuca de res, no muestran tener diferencias significativas entre sí, mostrando valores desde  $0.67 \pm 0.32$  hasta  $0.95 \pm 0.19$  mgMDA/kg muestra. Estos valores se encuentran dentro del intervalo de 0.5 a 1 mgMDA/kg muestra. Este intervalo fue establecido como parámetro por Tarladgis et al. (1960) y se caracteriza por presentar olores rancios en los alimentos. Por otra parte la fuente de origen 3, resultó significativamente diferente a las restantes, teniendo un valor de  $3.45 \pm 0.23$  mgMDA/kg muestra, el cual excede los parámetros establecidos, por lo cual podría presentar sabores rancios. Esto podría deberse al proceso post-matanza donde ocurre la conversión de músculo a carne. En este proceso puede existir un desequilibrio entre factores pro-oxidativos y anti-oxidativos, dando como consecuencia la iniciación y propagación de la oxidación de lípidos (Martino et al., 2010). Entre estos factores el estrés y los daños físicos que el animal sufre antes del proceso de sacrificio se relacionan directamente a la rapidez y el grado de la oxidación lipídica, además la disminución en pH y la temperatura luego del procesos de matanza también propician el desarrollo de la oxidación lipídica (Min y Ahn, 2005).



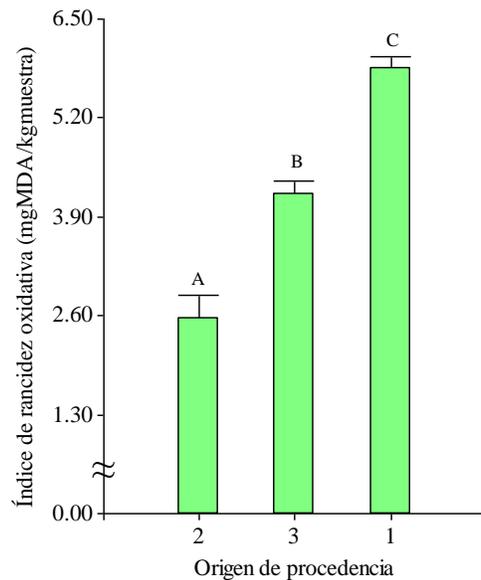
**Figura 13.** Índice de rancidez oxidativa en el corte nuca de res según su fuente de origen. Los orígenes de procedencia 1, 2 y 4 no muestran tener diferencias significativas entre sí en comparación con el origen 3 para el índice de rancidez oxidativa.

A su vez, en la Figura 14 se observa que no existe tendencia alguna en cuanto a cuán consistente fue la fuente de origen de procedencia para los recortes de res para el análisis de índice de rancidez oxidativa. Para este corte se demostró que todas las fuentes de donde se originan los mismos, exceden los parámetros establecidos. Esto indicaría que podrían presentar cierto grado de deterioro. Si esta materia prima fuera a utilizarse para elaborar un producto cárnico, podría resultar en un producto con calidad objetable.

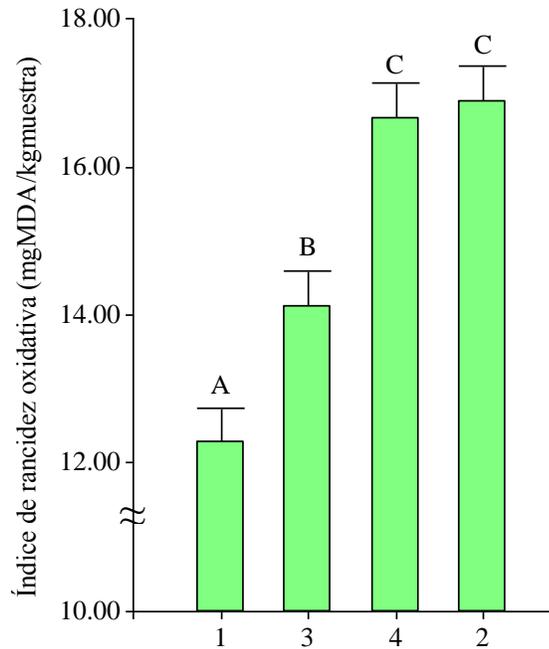
Por otra parte, en la Figura 15 se puede observar que para el análisis de índice de rancidez oxidativa en cada uno de los muestreos para los recortes de cerdo, todos exceden el rango propuesto para esta prueba, de 0.5 a 1 mgMDA/kg muestra. Esto indica que estas muestras han comenzado el proceso de deterioro, pudiendo afectar al producto final generando sabores y olores objetables y alterando su valor nutricional (Wasowicz et al., 2004). Esto, ya que algunos

productos obtenidos de la oxidación de lípidos podrían reaccionar con vitaminas y proteínas del alimento, alterando sus propiedades funcionales (Wasowicz et al., 2004).

Es importante mencionar que la carne de cerdo está altamente compuesta de ácidos grasos poli-insaturados en su membrana. Es en este lugar donde ocurre la oxidación de los lípidos (Von Seggern et al., 2005). Son los ácidos grasos poli-insaturados los responsables de promover esta reacción (Wasowicz et al., 2004). Según Polawska (2013) la carne de cerdo está compuesta de 136-213 gramos de ácidos grasos poli-insaturados por cada kilogramo de ácidos grasos totales en comparación a la carne de res, la cual se compone de 60-67 gramos de ácidos grasos poli-insaturados por cada kilogramo de ácidos grasos totales. Otra posible explicación podría ser la cantidad de agua encontrada en los recortes de cerdo. Las muestras carne de cerdo con altos contenidos de agua tienen una grasa más suave, causando que esta sea más susceptible a sufrir rancidez oxidativa y, como resultado, obtener una pobre calidad de procesamiento (Teye, 2009).



**Figura 14.** Índice de rancidez oxidativa para los recortes de res según su fuente de origen. Cada uno de los orígenes de procedencia, 1, 2 y 3, muestran diferencias significativas para el índice de rancidez oxidativa.



**Figura 15.** Índice de rancidez oxidativa en los recortes de cerdo según su fuente de origen  
 Los orígenes de procedencia 1 y 3 muestran diferencias significativas, mientras los orígenes de procedencia 2 y 4 no muestran diferencias significativas entre sí.

Una posible explicación para aquellos valores que exceden el rango establecido para esta prueba podría ser el calentamiento y la acidificación de la muestra. Estos procesos podrían sobreestimar los valores reales que indican el nivel de rancidez oxidativa en la muestra (Tarladgis, 1960). También ciertas sustancias pertenecientes al alimento pueden reaccionar con el reactivo TBA, y como consecuencia, formar el compuesto color rosado resultando en un índice de rancidez mayor al real (Vicario et al., 1997). A su vez habría que considerar el material de empaque utilizado donde quizá sea posible el acceso del oxígeno atmosférico, permitiendo así que se desarrolle rápidamente las reacciones que llevan a cabo la rancidez oxidativa en los alimentos (Ladikos y Lougovois, 1990). Además, en esta prueba existe la limitación de no poder analizar grandes cantidades de muestras diariamente, ya que este método requiere unas unidades de destilación específicas (Tokur et al., 2006).

Otro posible factor sería el tiempo de almacenamiento de la carne. La oxidación de los lípidos en carne molida aumenta según mayor sea el tiempo de almacenamiento (Gok et al., 2009). Esto se observó en el estudio realizado por Chidanandaiah et al. (2009) donde trabajaban con hamburguesas de carne de búfalo almacenadas en un período de 0 a 21 días. Los resultados de este estudio mostraron que en el día cero, las puntuaciones del producto fueron descritas como “muy deseable” y en el día 21 fueron descritas como “moderadamente deseable”. Dichas puntuaciones fueron acompañadas de un aumento gradual en los valores de TBARS (Chidanandaiah et al., 2009). En este mismo estudio obtuvieron alta correlación entre las puntuaciones sensoriales en panelistas adiestrados para olores rancios y los valores de TBARS obtenidos, demostrando así la relación de esta prueba con sus posibles efectos sensoriales en el alimento.

Por otra parte, es importante considerar la alimentación suministrada al animal, ya que el tipo de ácido graso dado en el alimento va a ser crucial para el desarrollo de la reacción de oxidación. Por ejemplo, aquel ganado alimentado a base de granos tienden a depositar altas concentraciones de ácido linoleico, el cual forma productos como son el hexanal, 2-heptanal y 2,4-decadienal, los cuales comúnmente se encuentran en altas concentraciones en carnes que exhiben altos niveles de oxidación (Calkins y Hodgen, 2007).

Es importante conocer que en la elaboración de productos cárnicos, el uso de materia prima con altos valores de índice de rancidez oxidativa, podría implicar la pérdida de calidad del producto final a realizar con la misma. Esto debido a que la oxidación de lípidos en los alimentos disminuye el valor nutricional del mismo. Por ejemplo, los peróxidos de los lípidos pueden descomponer vitaminas, como la vitamina E, A y provitaminas como son los carotenos y la vitamina C soluble en agua (Wasowicz et al., 2004). Además degradan las proteínas de los

alimentos, observándose así un color marrón en este, junto con la aparición de sabores y olores poco agradables (Wasowicz et al., 2004).

A su vez, realizar productos con altos índices de rancidez oxidativa en su materia prima, podría ocasionar daños a la salud del consumidor. Por ejemplo, se ha demostrado que la presencia de peróxidos de ácidos grasos conlleva daños en la mucosa gastrointestinal, pueden acelerar las tres etapas de la arterosclerosis, y participan en el desarrollo de cáncer en los humanos (Wasowicz et al., 2004). Aunque estas reacciones se consideran como perjudiciales, Allen y Hamilton (1999) mencionan que es mayor la formación de peróxidos lipídicos en el cuerpo que la formación que se promueve por la dieta.

Aunque no fue posible obtener la información exacta del tiempo de almacenamiento de las muestras de carne congeladas, ni de sus valores de temperatura, existen parámetros a seguir. Según el *Manual on Meat Cold Store Operation and Management* publicado por la FAO (*Food Agriculture Organization*) en 1991, se conoce que a una temperatura de 0°C, la carne de res puede almacenarse por un período de 3 a 5 semanas y, la carne de cerdo por un período de 1 a 2 semanas. A temperaturas de -18°C, la carne molida de res podría almacenarse hasta 10 meses y a temperaturas de -25°C y de -30°C sería óptima almacenar por menos de 12 meses. Este manual también especifica que para carne de cerdo almacenada a -18°C, -25°C y -30°C no se debe exceder un tiempo de almacenamiento de 6, 12 y 15 meses, respectivamente (Cano-Muñoz, 1991).

Por último, se debe mencionar que al realizar el análisis de correlación de Pearson para los datos de porcentaje de grasa cruda e índice de rancidez oxidativa, no se encontró relación alguna entre estas pruebas.

## **5.2. Modelo matemático para estandarizar la formulación de hamburguesas de carne**

En la hoja de cálculo realizada en el programa Microsoft Excel (2007), se insertó la ecuación de balance de masa realizada y, junto con algunas funciones del programa, se obtuvieron automáticamente las cantidades de cada corte de carne a utilizar, según los porcentajes de grasa obtenidos en la materia prima, y el esperado en el producto final. Se observó que la hoja de cálculo da como resultado varias posibilidades para realizar la formulación de hamburguesas de carne con una cantidad final de grasa de 22.5%. De estas posibilidades, se escogieron dos diferentes formulaciones para analizarlas a través de un panel sensorial. Estas formulaciones contenían 40% y 50% de nuca de res, 38% y 28% de recortes de cerdo y 5% y 4.7% de recortes de res, respectivamente.

## **5.3. Evaluación sensorial**

La evaluación sensorial se realizó utilizando dos proporciones, cercanas entre sí, dadas por el modelo matemático, para realizar el producto (hamburguesas de carne) con 22.5% de grasa. Los panelistas analizaron ambas formulaciones mediante una Prueba Triángulo, para medir diferencias globales entre estas. Para analizar estadísticamente los resultados obtenidos en la prueba triángulo, se utilizó la tabla *Critical Number of Correct Response in a Triangle Test* (Números Críticos de Respuestas Correctas en una Prueba Triángulo) dada por Meilgaard et al. (2007). Como resultado, se obtuvo que 14 de 30 participantes en la prueba acertaron en su respuesta. Utilizando un  $\alpha$  de 0.05 se observa, en mencionada tabla, que son necesarios 15 aciertos para encontrar diferencias significativas en la prueba. Esto muestra que los panelistas no encontraron diferencias significativas entre las dos formulaciones que fueron analizadas. Con esto se demuestra la posible utilidad del modelo matemático en estandarizar el proceso de formulación en este tipo de productos.

## **6. CONCLUSIONES**

1. Cada uno de los cortes de carne analizados en este estudio muestra un patrón de inconsistencia en la cantidad de grasa cruda según la fuente de procedencia. Esto muestra la importancia de la verificación de las cartas de garantía por parte del comprador, para así evitar posibles desviaciones en la formulación del producto a realizar.
2. Algunas fuentes de origen de los cortes de carne analizados mostraron valores muy altos en el índice de rancidez oxidativa. En cuanto al contenido de humedad, los valores se acercaban a los valores encontrados en la literatura para cada tipo de corte de carne.
3. El modelo matemático realizado dio como alternativa diferentes posibles formulaciones, de las cuales dos cercanas entre sí fueron analizadas sensorialmente.
4. Utilizando el protocolo de evaluación sensorial de una Prueba Triángulo, se demostró que no existen diferencias significativas entre las dos formulaciones, demostrando la posible utilidad del modelo matemático en estandarizar el proceso de formulación.

## 7. RECOMENDACIONES

Como recomendación a este proyecto de investigación se puede mencionar el mantener un control de la carne. De esta manera se puede ser más selectivo con la carne recibida, para que otros factores, como pueden ser la crianza y alimentación del animal, no ocasionen gran variabilidad en la cantidad de grasa y humedad recibida en la carne utilizada como materia prima. Esto se puede lograr exigiendo cartas de garantía que certifiquen que la materia prima recibida sea una con la cantidad de grasa y humedad necesitada. También esto se podría lograr estableciendo un sistema de trazabilidad que incluya información de la materia prima a utilizar para realizar el producto. Esto ayudaría a mantener la calidad del producto.

Además sería necesario mantener un control de la temperatura y el tiempo de almacenamiento óptimo, necesario para que estos cortes de carnes no representen un impacto negativo. Esto debido a que tanto la calidad del producto como la salud del consumidor, pueden verse afectado por altos valores en los niveles de índice de rancidez oxidativa. El tiempo es un factor importante, ya que aún bajo almacenamiento a bajas temperaturas, se seguirá propagando las reacciones de rancidez oxidativa. A su vez se podría estudiar el material de empaque en estos cortes de carne, de forma que se pueda determinar la manera más adecuada de empaclar los mismos para retrasar el contacto con el oxígeno atmosférico y así disminuir las reacciones de rancidez oxidativa en el mismo. Por ejemplo, se puede evaluar el uso de un *scavenger* en el material de empaque de manera de obtener estabilidad en el almacenamiento de la carne. Estos controles de calidad servirán para que no existan grandes diferencias en la materia prima recibida, y poder mantener la consistencia en la calidad del producto final.

Por otra parte, sería de gran beneficio realizar mayor número de las posibles formulaciones dadas por el modelo matemático realizado. De esta manera y, a través de una evaluación sensorial, se puede determinar cuán diferentes son las formulaciones entre sí, y se

podría establecer un rango de las posibles formulaciones que pueden servir para hacer el producto final con las características deseadas. Además se podría realizar pruebas físico-químicas al producto final para así conocer la composición de cada una de las formulaciones.

En estudios futuros se podría trabajar con materia prima en la que se conozca el tiempo y la temperatura de almacenamiento desde que se congela hasta que se utiliza en una producción. Con esto se pretende evitar parámetros que alteren la calidad del producto y lo haga objetable.

Por último, se recomienda validar la uniformidad en el producto final a través de un análisis sensorial siguiendo un protocolo estándar. De esta manera se pueda determinar la frecuencia a realizar dicho análisis. Esto permite que la evaluación sensorial sea reproducible y basada en datos científicos. Con esto se podría garantizar que mediante este tipo de prueba se pueda medir las características generales del producto, bajo los mismos parámetros cada vez que se realice este tipo de prueba. De esta manera se podría lograr obtener consistencia en el producto final realizado.

## 8. REFERENCIAS

- Aberle, E., Forrest, J., Gerrard, D., & Mills, E. (2001). *Principles of Meat Science* (4<sup>th</sup> edition.). Dubuque, Iowa: Kendall/Hunt Publishing Company.
- Adam, M., Cervenka, L., Rezkova, S., Ventura, K., & Kralovsky, J. (2009). Determination of water content in meat pate by Karl Fischer titration and its moisture sorption characteristics. *Ital. J. Food Sci.*, 21(1), 89–95.
- Allen, J. C., & Hamilton, R. J. (1999). *Rancidity in Foods* (3<sup>rd</sup> edition.). Gaithersburg, Maryland: Aspen Publishers, Inc.
- Alzueta, M. J., & Beriain, M. (2000). La grasa de la carne de vacuno: virtud o defecto. *Mundo Ganadero*, 36–40.
- American Meat Institute. (2013). *Processed Meats: Convenience, Nutrition, Taste*. [Brochure]
- American Oil Chemists'Society Official Procedure. (2009). *Rapid Determination of Oil/Fat Utilizing High Temperature Solvent Extraction*. Urbana, Illinois.
- Bragadóttir, M. (2001). *Endogenous antioxidants in fish*. (Tesis inédita de maestría). University of Iceland, Iceland.
- Brewer, M.S. (2012). Reducing the fat content in ground beef without sacrificing quality: A review. *Meat Science*, 91(4), 385-395.
- Calkins, C.R., Hodgen, J.M. (2007). A fresh look at meat flavor. *Meat Science*, 77(1), 63-80.
- Cano-Muñoz, G.(1991). *Manual on meat cold store operation and management*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations
- Cecchi, D.L., Huffman, D.L., Egbert, W.R., & Jones, W.R. (1988). Chemical and physical characteristics of beef chuck muscles: Effect of electrical stimulation, hot boning and high temperature conditioning. *Journal of Food Science*, 53(2), 411-417.
- Chaijan, M. (2008). Review: Lipid and myoglobin oxidations in muscle foods. *Songklanakarin J. Sci. Technolo.*, 30(1), 47–53.
- Chidanandaiah, Keshri, R. C., & Sanyal, M. K. (2009). Effect of sodium alginate coating with preservatives on the quality of meat patties during refrigerated (4±1C) storage. *Journal of Muscle Foods*, 20(3), 275–292.
- Costas, G., Ibarlucea, A., Rodríguez, V., & Sparano, D. (2012). *Manual de cortes bovinos para abasto*. Uruguay: Instituto Nacional de Carnes.
- Cross H.R., B.W. Berry y L.H. Wells. (1980). Effects of fat level and source on the chemical, sensory and cooking properties of ground beef patties. *Journal of Food Science*, 45(4), 791-794.

- DelNobile, M. A., Buonocore, G. G., Fava, P., & Piergiovanni, L. (2002). Modeling of Hexanal Sorption Kinetic in an Aldehydes Scavenger Film Intended for Food Packaging Applications. *Journal of Food Science*, 67(7), 2687–2691.
- Departamento de Agricultura de Puerto Rico. (2013). *Carne de cerdo: Proceso de cómputos de consumo per-cápita peso al detal y peso a la canal*. División de Estadísticas Agrícolas.
- Departamento de Agricultura de Puerto Rico. (2013). *Carne de res: Proceso de cómputos de consumo per-cápita peso al detal y peso a la canal*. División de Estadísticas Agrícolas.
- Dransfield, E. (2008). The Taste of Fat. *Meat Science*, 80 (1), 37–42.
- Fennema, O. (2007). *Food Chemistry* (4<sup>th</sup> edition). New York: Taylor & Francis.
- Food and Agriculture Organization. (2012). *Consumo de Carne*. Departamento de Agricultura y Protección del Consumidor, División de Producción y Sanidad Animal.
- Food Safety and Inspection Service, Department of Agriculture, 9 C.F.R. pt. 200 (2015).
- Gok, V., Semra, K., & Obuz, E. (2009). Extending the chilled shelf life of vacuum-packaged ground beef using ascorbic acid, nitrite or salt. *Journal of Muscle Foods*, 20(2), 211–226.
- Grupo Infostat. (2009). Universidad Nacional de Córdoba Facultad de Ciencias Agropecuarias. Córdoba, Argentina.
- Halder, A., Dhall, A., & Datta, A. K. (2011). Modeling Transport in Porous Media with Phase Change: Applications to Food Processing. *Journal of Heat Transfer*, 133 (3), 031010-1 - 031010-13.
- Heinz, G., Hautzinger, P. (2007). *Meat Processing Technology*. Bangkok: Food and Agriculture Organization of the United Nations Regional Office for Asia and the Pacific
- Huang, Y., Whittaker, D. & Lacey, R. (2001). Automation of Food Engineering Food Quality Quantization and Process Control. CRC Press.
- Huff-Lonergan, E., & Lonergan, S. (2005). Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of post-mortem biochemical and structural changes. *Meat Science*, 71(1), 194–204.
- Hui, Y. H. (2012). *Handbook of meat and meat processing* (2<sup>nd</sup> editon.). Florida, USA: Taylor & Francis.
- Industry-wide Cooperative Meat Identification Standards Committee. (2003). Uniform Retail Meat Identity Standards.

- Jeremiah, L. E., Dugan, M. E., Aalhus, J., & Gibson, L. (2003). Assessment of the relationship between chemical components and palatability of major beef muscles and muscles groups. *Meat Science*, *65*(3), 1013–1019.
- Jeremiah, L. E., Gibson, L. L., Aalhus, J. L., & Dugan, M. E. T. (2003). Assessment of palatability attributes of the major beef muscles. *Meat Science*, *65*(3), 949–958.
- Ladikos, D., & Lougovis, V. (1990). Lipid oxidation in muscles foods: A Review. *Food Chemistry*, *35*, 295–314.
- Liu, K. 2011. *Modification of an AOCS Official Method for Crude Oil Content in Distillers Grains*. AOCS Lipid Library.
- Luo, L., Tashiro, Y., & Ogawa, H. (2012). Relationship between the water molecules in fish-meat gel and the gel structure. *Fish Sci.*, *78*(5), 1137–1146.
- Martino, G., Mugnai, C., Compagnone, D., Grotta, L., Del Carlo, M., & Sarti, F. (2014). Comparison of performance, meat lipids and oxidative status of pigs from commercial breed and organic crossbred. *Animals*, *4*(2), 348–360.
- McKeith, F. K., De Vol, D. L., Miles, R. S., Bechtel, P. J., & Carr, T. R. (1985). Chemical and Sensory Properties of Thirteen Major Beef Muscles. *Journal of Food Science*, *50*(4), 869–872.
- Meilgaard C. E., Civille G. V., Carr B. T. (2007). *Sensory evaluation techniques* (4<sup>th</sup> edition). Boca Raton, Florida: CRC Press Taylor & Francis Group.
- Microsoft Corporation. (2007). Microsoft Excel.
- Min, B., & Ahn, D. U. (2005). Mechanism of lipid peroxidation in meat and meat products - A Review. *Food Sci. Biotechnol.*, *14*(1), 152–163.
- Molina, M. E., Johnson, D. D., West, R. L., & Gwartney, B. L. (2005). Enhancing palatability traits in beef chuck muscles. *Meat Science*, *71*(1), 52–61.
- National Live Stock and Meat Board. (1995). *Research Guidelines for cookery, sensory evaluation and instrumental tenderness measurements of fresh meat*. Chicago, Illinois: American Meat Science Association in cooperation with National Live Stock and Meat Board
- Núñez, F. A., García, J. A., Hernández, J., & Jiménez J. A. (2005). Caracterización de canales de ganado bovino en los valles centrales de Oaxaca. *Téc Pecu Méx*, *43*(2), 219–228.
- Park, I. W., & Bell, L. N. (2004). Determination of moisture and ash contents of foods. En *Handbook of Food Analysis* ( pp. 55–82). CRC Press.

- Park, Y. (2009). Moisture and Water Activity. En *Handbook of Processed Meats and Poultry Analysis* (pp. 35–67). CRC Press Taylor & Francis Group.
- Pearson, A. M., & Gillett, T. A. (1999). *Processed Meats* (3<sup>rd</sup> Edition.). Gaithersburg, Maryland: Aspen Publishers, Inc.
- Pikul, J., Leszczynski, D. E., & Kummerow, F. A. (1989). Evaluation of three modified TBA methods for measuring lipid oxidation in chicken meat. *J. Agric. Food Chem.*, 37(5), 1309–1313.
- Pimentel, D., & Pimentel, M. (2003). Sustainability of meat-based and plant-based diets and the environment. *Am J Clin Nutr*, 78(3), 660S–663S.
- Piñero C., M. P., Ferrer, M. A., Arena de Moreno, L., Huerta-Leidenz, N., Parra Q., K. C., & Barboza de M., Y. (2004). Evaluación de las propiedades físicas de carne para hamburguesas de res “bajas en grasa” elaboradas con B-glucano. *FCV-LUZ*, 15(6), 500–505.
- Polawska, E., Cooper, R., Jozwik, A., & Pomianowski, J. (2013). Meat from alternative species - nutritive and dietetic value, and its benefit for human health - a review. *CyTA Journal of Food*, 11(1), 37–42.
- Retail Marketing. (2015). *Wholesale Price Update*. Cattlemen's Beef Board & National Cattlemen's Beef Association. Retrieved from: <http://www.beefretail.org/wholesalepriceupdate.aspx>
- Robaina, R. (2012). Algunas definiciones prácticas. Instituto Nacional de Carnes
- Roberts, W. (2013). Making Meals Matter. *Prepared Foods*, 73–77.
- Ross, C.F. & Smith, D.M. (2006). Use of volatiles as indicators of lipid oxidation in muscle foods. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 5(1), 18-25.
- Seenger, J., Nuernberg, G., Hartung, M., Szucs, E., Ender, K., & Nuernberg, K. (2008). ANKOM – a new instrument for the determination of fat in muscle and meat cuts – a comparison. *Archiv Tierzucht*, 51(5), 449–457.
- Serdaroglu, M. (2006). The characteristics of beef patties containing different levels of fat and oat flour. *Int J Food Sci Tech*, 41 (2), 147–153.
- Shrestha, S., Cornforth, D., & Nummer, B. (2010). Process Optimization and Consumer Acceptability of Salted Ground Beef Patties Cooked and Held Hot in Flavored Marinade. *Journal of Food Science*, 75(7), C607–C612.
- Tarladgis, B., Watts, B., & Younathan, M. (1960). A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid foods. *Journal of American Oil Chemist Society*, 37(1), 44–48.

- Tekin, H., Saricoban, C., & Tahsin-Yilmaz, M. (2010). Fat, wheat bran and salt effects on cooking properties of meat patties studied by response surface methodology. *Int J Food Sci Tech*, 45(10), 1980–1992.
- Teye, G. (2009). Effects of age/weight and castration on fatty acids composition in pork fat and the qualities of pork and pork fat in meishan X large white pigs. *AJFAND*, 9(8), 1697–1711.
- Tobin, B.D., O’Sullivan, M.G., Hamill, R.M., Kerry, J.P. (2012). Effect of varying salt and fat levels on the sensory quality of beef patties. *Meat Science*, 91, 460-465.
- Tokur, B., Korkmaz, K., & Ayas, D. (2006). Comparision of two thiobarbituric acid (TBA) method for monitoring lipid oxidation in fish. *E.U. Journal of Fisheries of Aquatic Sciences*, 23(3-4), 331–334.
- Toledo, R. (1999). Material Balances. En *Fundamentals of Food Process Engineering* (pp. 66–108). Gaithersburg, Maryland: Aspen Publishers, Inc.
- United States Department of Agriculture. (2009). *Moisture Determination*. Food Safety and Inspection Service, Office of Public Health Science.
- United States Department of Agriculture. (2014). *Institutional Meat Purchase Specifications Fresh Beef Series 100*. (2010). Agricultural Marketing Service.
- United States Department of Agriculture Food Safety and Inspection Service. (2013). *Randomly selecting beef trim to be collected under the beef manufacturing trimmings (MT60) sampling program*. Washington, DC.
- Valdez, A. & Huerta, N. (1999). *Equivalencias EEUU y México en Nomenclatura de Cortes de Res y Cerdo*. U.S. Meat Export Federation.
- Valero-Gaspar, T., Del Pozo-de la Calle, S., Ruiz-Moreno, E., Avila-Torres, J. M., & Varela-Moreiras, G. (s.f.). *Guía nutricional de la carne*. Fundación Española de la Nutrición.
- Varela, G. (2001). *La carne de vacuno en la alimentación humana*. Fundación Española de la Nutrición.
- Vicario, I. M., Guillén, R., & Guzmán, M. (1997). Utilización del ensayo del ácido 2-tiobarbitúrico (ATB) para evaluar el proceso autooxidativo en alimentos. *Grasas y Aceites*, 48(2), 96–102.
- Von Seggern, D. D., Calkins, C. R., Johnson, D. D., Brickler, J. E., & Gwartney, B. L. (2005). Muscle profiling: Characterizing the muscles of the beef chuck and round. *Meat Science*, 71, 39–51.
- Warner, K., Akivah, N., & Eskin, M. (1995). *Methods to Access Quality and Stability of Oils and Fat-Containing Foods*. AOCS Press.
- Warriss, P. (2010). *Meat Science an introductory text* (2<sup>nd</sup> edition.). Cambridge, Massachusetts: CAB International.

Wasowicz, E., Gramza, A., Hes, M., Jelén, H. H., Korczak, J., Malecka, M., Mildner-Szkudlarz, S., Rudzinska, M., Zawirska-Wojtasiak, R. (2004). Oxidation of lipids in food. *Pol. J. Food. Nutr. Sci.*, 13(54), 87–100.

Zheng, C., Sun, D.-W., & Zheng, L. (2006). Correlating color to moisture content of large cooked beef joints by computer vision. *Journal of Food Engineering*, 77(4), 858–863.

## 9. APÉNDICES

### 9.1. Resultados Estadísticos

#### Pruebas físico-químicas para el corte de carne nuca de res

##### Análisis de la varianza

###### Grasa

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Grasa	812	0.34	0.34	26.01

##### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	45385.05	3	15128.35	138.44	<0.0001
Origen	45385.05	3	15128.35	138.44	<0.0001
Error	88298.39	808	109.28		
Total	133683.44	811			

##### Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=2.11568

Error: 109.2802 gl: 808

Origen	Medias	n	E.E.	
1	29.06	236	0.68	A
2	42.07	288	0.62	B
4	46.39	96	1.07	C
3	47.91	192	0.75	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

###### Humedad

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Humedad	810	0.18	0.18	8.33

##### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	5691.11	3	1897.04	60.13	<0.0001
Origen	5691.11	3	1897.04	60.13	<0.0001
Error	25429.98	806	31.55		
Total	31121.08	809			

##### Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.13802

Error: 31.5508 gl: 806

Origen	Medias	n	E.E.	
3	64.59	192	0.41	A
4	64.92	96	0.57	A
2	67.03	288	0.33	B
1	71.29	234	0.37	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

###### Rancidez

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Rancidez	805	0.11	0.11	217.51

##### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1010.42	3	336.81	33.60	<0.0001

Origen	1010.42	3	336.81	33.60	<0.0001
Error	8028.70	801	10.02		
Total	9039.11	804			

**Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.64317**

Error: 10.0233 gl: 801

Origen	Medias	n	E.E.	
4	0.67	96	0.32	A
1	0.74	229	0.21	A
2	0.95	288	0.19	A
3	3.45	192	0.23	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## Pruebas físico-químicas para los recortes de res

### Análisis de la varianza

#### Grasa

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Grasa	717	0.04	0.04	7.38

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1152.49	2	576.25	16.37	<0.0001
Origen	1152.49	2	576.25	16.37	<0.0001
Error	25139.24	714	35.21		
Total	26291.73	716			

**Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.13800**

Error: 35.2090 gl: 714

Origen	Medias	n	E.E.	
2	77.86	96	0.61	A
3	79.83	288	0.35	B
1	81.55	333	0.33	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

#### Humedad

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Humedad	717	0.11	0.11	16.81

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3465.50	2	1732.75	45.59	<0.0001
Origen	3465.50	2	1732.75	45.59	<0.0001
Error	27139.61	714	38.01		
Total	30605.10	716			

**Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.18241**

Error: 38.0107 gl: 714

Origen	Medias	n	E.E.	
1	34.73	333	0.34	A
3	37.37	288	0.36	B
2	41.32	96	0.63	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## Rancidez

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Rancidez	717	0.13	0.13	61.90

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	947.15	2	473.58	54.91	<0.0001
Origen	947.15	2	473.58	54.91	<0.0001
Error	6157.87	714	8.62		
Total	7105.02	716			

### Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.56322

Error: 8.6245 gl: 714

Origen	Medias	n	E.E.	
2	2.57	96	0.30	A
3	4.19	288	0.17	B
1	5.85	333	0.16	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## Pruebas físico-químicas para los recortes de cerdo

### Análisis de la varianza

#### Grasa

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Grasa	384	0.06	0.06	7.97

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	779.26	3	259.75	8.72	<0.0001
Origen	779.26	3	259.75	8.72	<0.0001
Error	11319.68	380	29.79		
Total	12098.94	383			

### Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.54895

Error: 29.7886 gl: 380

Origen	Medias	n	E.E.	
3	66.14	96	0.56	A
4	68.58	96	0.56	B
2	69.51	96	0.56	B
1	69.73	96	0.56	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

#### Humedad

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Humedad	384	0.01	0.01	8.68

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	99.03	3	33.01	1.75	0.1554
Origen	99.03	3	33.01	1.75	0.1554
Error	7148.97	380	18.81		
Total	7248.00	383			

**Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.23096**

Error: 18.8131 gl: 380

Origen	Medias	n	E.E.	
2	49.44	96	0.44	A
1	49.50	96	0.44	A
3	50.33	96	0.44	A
4	50.60	96	0.44	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### Rancidez

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Rancidez	384	0.15	0.14	30.52

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1388.64	3	462.88	22.13	<0.0001
Origen	1388.64	3	462.88	22.13	<0.0001
Error	7949.75	380	20.92		
Total	9338.38	383			

**Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.29807**

Error: 20.9204 gl: 380

Origen	Medias	n	E.E.	
1	12.29	96	0.47	A
3	14.12	96	0.47	B
4	16.66	96	0.47	C
2	16.89	96	0.47	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## Correlación de Pearson para los análisis de grasa y humedad en el corte nuca de res

### Coefficientes de correlación

Correlación de Pearson

Variable(1)	Variable(2)	n	Pearson	p-valor
Grasa	Humedad	809	-0.68	<0.0001

## Correlación de Pearson para los análisis de grasa y humedad en los recortes de res

### Coefficientes de correlación

Correlación de Pearson

Variable(1)	Variable(2)	n	Pearson	p-valor
Grasa	Humedad	717	-0.60	<0.0001

## Correlación de Pearson para los análisis de grasa y humedad en el los recortes de cerdo

*Correlación de Pearson*

Variable(1)	Variable(2)	n	Pearson	p-valor
Grasa	Humedad	384	-0.63	<0.0001

---

## 9.2. Exención del Comité para la Protección de los Seres Humanos en la Investigación



Comité para la Protección de los Seres Humanos en la Investigación  
CPSHI/IRB 00002053  
Universidad de Puerto Rico – Recinto Universitario de Mayagüez  
Decanato de Asuntos Académicos  
Call Box 9000  
Mayagüez, PR 00681-9000



8 de abril de 2014

Sra. Nayda Angélica Meléndez Cáceres  
Programa de Ciencia y Tecnología de Alimentos  
Colegio de Ciencias Agrícolas  
Recinto Universitario de Mayagüez  
Call Box 9000  
Mayagüez, PR 00680

Estimada Sra. Meléndez Cáceres:

Como presidente del Comité para la Protección de los Seres Humanos en la Investigación (CPSHI), he estudiado la documentación sometida para el proyecto titulado *Desarrollo e implementación de criterios de calidad en la elaboración de productos cárnicos con materia prima que contiene diferentes cantidades de grasa y humedad* y determinado que, por limitarse la participación de los seres humanos a un estudio sensorial de opciones para la elaboración de hamburguesas y “beef patties” y además se toman medidas para evitar que personas con posibles reacciones alérgicas participen, su proyecto está exento bajo la cláusula 45 CFR 46.101(b)(6) de todos los requisitos de la parte 45 CFR 46. En otras palabras, no requiere de nuestra aprobación para proceder.

Agradecemos su compromiso con los más altos estándares de protección de los seres humanos en la investigación. Quedamos de usted,

Atentamente,

Rosa F. Martínez Cruzado, Ph.D.  
Presidente  
CPSHI/IRB  
UPR - RUM

### **9.3 Procedimiento de Operación Estándar: Análisis Sensorial: Prueba Triángulo para evaluar la calidad de hamburguesas de carne**

#### **Registro de Actividades**

Los siguientes empleados han sido entrenados para llevar a cabo esta prueba de análisis sensorial.

Fecha	Título	Firma	Observaciones
-------	--------	-------	---------------

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1. APLICACIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. RESUMEN.....</b>	<b>1</b>
<b>3. DEFINICIONES .....</b>	<b>1</b>
3.1 Panelista .....	1
3.2 Muestra control .....	1
3.3 Muestra tratamiento.....	1
<b>4. PRECAUCIONES DE SALUD Y SEGURIDAD.....</b>	<b>1</b>
<b>5. PRECAUCIONES EN EL PROCEDIMIENTO.....</b>	<b>1</b>
<b>6. INTERFERENCIAS.....</b>	<b>1</b>
6.1 Iluminación del cubículo.....	1
6.2 Preparación de la muestra .....	1
6.3 Fatiga sensorial.....	1
<b>7. PERSONAL CALIFICADO .....</b>	<b>2</b>
<b>8. EQUIPO.....</b>	<b>2</b>
8.1 Cocción de las muestras .....	2
8.2 Preparación de las muestras .....	2
8.3 Análisis de las muestras .....	2
<b>9. CONTROL DE CALIDAD .....</b>	<b>2</b>
9.1 Calibración del termómetro.....	2
9.2 Cocción de las muestras .....	2
9.3 Realización de la evaluación sensorial.....	2
9.4 Control de calidad .....	2
<b>10. PROCEDIMIENTO .....</b>	<b>2</b>
10.1 Cocción de las muestras .....	2
10.2 Preparación de las muestras .....	3
10.3 Análisis de las muestras .....	3
<b>11. ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....</b>	<b>3</b>
<b>12. APÉNDICE.....</b>	<b>4</b>
12.1 Listado de tres números al azar .....	4
12.2 Hoja de panelista .....	4
12.3 Números críticos de respuestas correctas en una prueba triángulo (adaptado de Meilgaard, Cville y Carr, 2007).....	5

## **13. REFERENCIAS..... 5**

**1. Aplicación.** La prueba triángulo es una evaluación sensorial que se utiliza cuando los efectos de un tratamiento han producido cambios en un producto y dichos cambios no pueden caracterizarse de manera simple, por uno o dos atributos. El método es efectivo en situaciones como:

- a. Determinar si hay diferencias en el producto debidas a cambios en el ingrediente, proceso, empaque o almacenamiento.
- b. Determinar si existe diferencias cuando no se puede determinar atributos en específicos que se estén afectando.
- c. Seleccionar y monitorear panelistas para la habilidad de discriminar diferencias dadas.

**2. Resumen.** Mediante la participación de 8 a 12 panelistas, entrenados o no, se analiza las diferencias existentes en las características y atributos de muestra tratamiento y muestra control en hamburguesas de carne. La muestra control se trata de la formulación realizada para hamburguesas de carne con las características ideales en la materia prima recibida. La muestra tratamiento es aquella formulación de hamburguesas de carne realizada con variaciones en las características ideales en la materia prima recibida. Cada panelista analiza un total de tres muestras, dos muestras iguales y una diferente. Realizando un análisis estadístico con los resultados obtenidos, se confirma si existe diferencias significativas entre la muestra control y la muestra tratamiento.

### **3. Definiciones.**

- 3.1**Panelista – Sujeto que analizará las muestras en la evaluación sensorial.
- 3.2**Muestra control – Muestra que ha sido preparada siguiendo criterios específicos en la materia prima utilizada.
- 3.3**Muestra tratamiento – Muestra que ha sido preparada con materia prima que se ha desviado de los criterios específicos utilizados para la muestra control.

**4. Precauciones de Salud y Seguridad.** Es posible que personas alérgicas al gluten puedan presentar reacciones alérgicas debido a la presencia de este ingrediente en las hamburguesas de carne. También pueden presentar reacciones alérgicas aquellas personas con alergia a la soya, ya que se trabaja con este ingrediente en otros productos en la misma línea de producción.

**5. Precauciones en el procedimiento.** Es necesario cocinar el producto hasta alcanzar una temperatura de 160°F, utilizando un termómetro calibrado.

## **6. Interferencias.**

- 6.1** Iluminación del cubículo – En cada cubículo donde el panelista realizará la prueba se deberá controlar la luz, de manera que las tres muestras se observen iguales entre sí.
- 6.2** Preparación de la muestra – La muestra ser preparada de manera que se observe apetecible para que así no desvíe la objetividad de cada panelista.
- 6.3.** Fatiga sensorial – Es necesario orientar a cada panelista a que consuma un pedazo de galleta de soda y agua entre el análisis de cada muestra. De esta forma se limpiará el paladar y será más confiable distinguir las características de cada muestra.

**7. Personal Calificado.** La prueba de triángulo debe ser llevada a cabo por el personal de control de calidad o alguna otra persona adiestrada para realizar la misma.

## **8. Equipo.**

### **8.1 Cocción de las muestras**

- 8.1.1 Sartén
- 8.1.2 Estufa
- 8.1.3 Espátula
- 8.1.4 Termómetro calibrado

### **8.2 Preparación de las muestras**

- 8.2.1 Cuchillo
- 8.2.2 Listado de números de tres dígitos al azar. Este listado tendrá igual número de seis posibles combinaciones para las muestras control y tratamiento. Habrá números de tres dígitos específicos para la muestra control, y números de tres dígitos específicos para la muestra tratamiento. (Ver Apéndice)
- 8.2.3 Marcador
- 8.2.4 Platos

### **8.3 Análisis de las muestras**

- 8.3.1 Cuarto especializado para evaluación sensorial dividido en cubículos

- 8.3.2 Servilletas
- 8.3.3 Galletas de soda
- 8.3.4 Vaso con agua
- 8.3.5 Lápiz
- 8.3.6 Hoja de panelista (Ver Apéndice)

## **9. Control de Calidad.**

**9.1** Calibración del termómetro – Es necesario calibrar el termómetro a utilizar cada vez que se realice la prueba. Para esto se seguirá las instrucciones de la compañía fabricante de dicho instrumento.

**9.2** Cocción de las muestras – Las muestras deberán cocinarse hasta alcanzar una temperatura de 160°F.

**9.3** Realización de la evaluación sensorial – Esta evaluación sensorial deberá realizarse cada vez que se reciba la materia prima con características que se desvíen de aquellas requeridas y pedidas.

**9.4** Control de calidad – El equipo de control de calidad o el personal adiestrado para realizar esta prueba deberá verificar que personas alérgicas al gluten y/o soya no formen parte del grupo de panelistas.

## **10. Procedimiento.**

**10.1** Cocción de las muestras – Las muestras de hamburguesas de carne se colocarán en un sartén en estufa o en un sartén eléctrico. Utilizando una espátula se voltearán para lograr una cocción completa, sin ejercer presión en estos. En la parte media del producto se insertará un termómetro calibrado de manera de cerciorar que la temperatura haya alcanzado 160°F para así retirarlas del sartén.

**10.2 Preparación de las muestras** – Se rotulará la parte inferior de cada plato con el número del panelista (un plato por cada panelista). La parte superior del plato se dividirá, utilizando un marcador, en tres partes iguales. Cada una de estas partes se le colocará un número de tres dígitos, obtenido del listado de números de tres dígitos al azar. Este listado de números debe especificar los números asignados a las muestras control y los números asignados a la muestra tratamiento. Una vez las muestras se hayan cocinado, se esperará a que la temperatura de estas haya alcanzado 77°F. Utilizando un cuchillo, se seccionará cada muestra de hamburguesa de carne en seis partes iguales, formando triángulos cada una de estas. Se distribuirá las muestras en el área del plato que tenga el número correspondiente a muestra control o muestra tratamiento, de manera que cada muestra esté bien presentada y se observe apetecible. En cada plato habrá una muestra diferente a las dos restantes.

**10.3 Análisis de las muestras** - La prueba debe llevarse a cabo cubículos individuales para cada panelista, donde cada uno pueda trabajar de manera independiente. Para reducir variaciones en color, puede ser conveniente controlar la luz en cada uno de los espacios donde trabajará cada panelista. El panelista deberá examinar las muestras en orden de izquierda a derecha, con la opción de volver atrás a repetir la evaluación de cada una de las muestras, mientras la prueba está en proceso. Entre cada evaluación de cada muestra, el panelista deberá consumir una galleta de soda con un poco de agua para así limpiar el paladar. Utilizando una hoja de panelista, el panelista marcará la muestra que piensa es la muestra diferente.

**11. Análisis Estadístico.** Para analizar e interpretar los resultados, se debe contar el número de respuestas correctas (correctamente identificadas) y el número total de respuestas. Se debe determinar si el número correcto para los números en la prueba es igual o mayor que los números indicados en la siguiente tabla. No se debe contar las “no hay diferencia” en las muestras como respuestas válidas. Se debe instruir a los sujetos a adivinar si la muestra particular no se puede detectar.

## 12. Apéndice

### 12.1 Listado de tres números al azar

Número de panelista	Muestras	Codificación		
1	AAB	361	524	763
2	ABA	226	970	396
3	BAA	729	435	474
4	BBA	085	862	216
5	BAB	947	691	281
6	ABB	774	678	661
7	AAB	587	049	601
8	ABA	997	456	269
9	BAA	841	401	663
10	BBA	003	026	325
11	BAB	089	377	553
12	ABB	250	530	798

**A= Muestra control**

**B= Muestra tratamiento**

## 12.2 Hoja de panelista

### Hoja de Panelista Prueba Triángulo

**Producto: Hamburguesas de carne**

Fecha \_\_\_\_\_

No. de Panelista \_\_\_\_\_

**Instrucciones:** Se le está entregando tres muestras de hamburguesas de carne identificadas cada una con números de tres (3) dígitos. Pruebe las tres muestras entregadas y **evalúe cuál de estas es la muestra diferente**. Incluya sus comentarios si así lo desea. Se le provee un vaso de agua y galletas de soda para que entre cada degustación de cada muestra descanse su paladar.

Muestras      \_\_\_\_\_      \_\_\_\_\_      \_\_\_\_\_

Marque con una X la muestra que considera, es la muestra diferente      \_\_\_\_\_      \_\_\_\_\_      \_\_\_\_\_

Comentarios: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

12.3 Números críticos de respuestas correctas en una prueba triángulo (adaptado de Meilgaard, Civille y Carr, 2007)

**TABLE 17.8**  
Critical Number of Correct Response in a Triangle Test (Entries are  $x_{\alpha,n}$ )

Entries are the minimum number of correct response required for significance at the stated  $\alpha$ -level (i.e., column) for the corresponding number of respondents,  $n$  (i.e., row). Reject the assumption of "no difference" if the number of correct responses is greater than or equal to the tabled value.

$n$	$\alpha$							$n$	$\alpha$						
	0.40	0.30	0.20	0.10	0.05	0.01	0.001		0.40	0.30	0.20	0.10	0.05	0.01	0.001
3	2	2	3	3	3	—	—	31	12	13	14	15	16	18	20
4	3	3	3	4	4	—	—	32	12	13	14	15	16	18	20
5	3	3	4	4	4	5	—	33	13	13	14	15	17	18	21
6	3	4	4	5	5	6	—	34	13	14	15	16	17	19	21
7	4	4	4	5	5	6	7	35	13	14	15	16	17	19	22
8	4	4	5	5	6	7	8	36	14	14	15	17	18	20	22
9	4	5	5	6	6	7	8	42	16	17	18	19	20	22	25
10	5	5	6	6	7	8	9	48	18	19	20	21	22	25	27
11	5	5	6	7	7	8	10	54	20	21	22	23	25	27	30
12	5	6	6	7	8	9	10	60	22	23	24	26	27	30	33
13	6	6	7	8	8	9	11	66	24	25	26	28	29	32	35
14	6	7	7	8	9	10	11	72	26	27	28	30	32	34	38
15	6	7	8	8	9	10	12	78	28	29	30	32	34	37	40
16	7	7	8	9	9	11	12	84	30	31	33	35	36	39	43
17	7	8	8	9	10	11	13	90	32	33	35	37	38	42	45
18	7	8	9	10	10	12	13	96	34	35	37	39	41	44	48
19	8	8	9	10	11	12	14	102	36	37	39	41	43	46	50
20	8	9	9	10	11	13	14	108	38	40	41	43	45	49	53
21	8	9	10	11	12	13	15	114	40	42	43	45	47	51	55
22	9	9	10	11	12	14	15	120	42	44	45	48	50	53	57
23	9	10	11	12	12	14	16	126	44	46	47	50	52	56	60
24	10	10	11	12	13	15	16	132	46	48	50	52	54	58	62
25	10	11	11	12	13	15	17	138	48	50	52	54	56	60	64
26	10	11	12	13	14	15	17	144	50	52	54	56	58	62	67
27	11	11	12	13	14	16	18	150	52	54	56	58	61	65	69
28	11	12	12	14	15	16	18	156	54	56	58	61	63	67	72
29	11	12	13	14	15	17	19	162	56	58	60	63	65	69	74
30	12	12	13	14	15	17	19	168	58	60	62	65	67	71	76
								174	61	62	64	67	69	74	79
								180	63	64	66	69	71	76	81

13. Referencias

American Meat Science Association. (1995). Research Guidelines for cookery, sensory evaluation and instrumental tenderness measurements of fresh meat. (1995). Chicago, Illinois.

Hui, Y. H. (2012). *Handbook of meat and meat processing* (Second editon.). Florida, USA: Taylor & Francis.

Meilgaard C. E., Civille G. V., Carr B. T. (2007). Sensory evaluation techniques (Fourth edition). Boca Raton, Florida: CRC Press Taylor & Francis Group.