

## **1.1.- ANTECEDENTES**

La población de ovejas (hembras), carneros (machos) y cordero (crías y jóvenes) tienen una importancia múltiple. La carne tiene gran mercado en las áreas rurales y en los barrios habitados por gente de escasos ingresos y economía muy débil. Es una carne muy acogida por el sabor en las clases indígenas y de escasos recursos. La lana es de inferior calidad pero se utiliza en la elaboración de prendas de vestir y aperos para la agropecuaria. Sin embargo, en los años 1930, la selección, alimentación y mejoramiento genético consiguió mejorar la calidad de la lana, gracias a este esfuerzo la Sociedad Rural Boliviana, como agrupación de medianos productores, realizó la exportación de lana a Alemania, en los años 1936-1938. La leche de las ovejas, ordeñada en el período de noviembre a marzo, es un gran apoyo económico para los campesinos que sacan a la vereda del camino, a los mercados regionales o ciudadanos, su producción de quesos. Este ingreso es su caja chica para equilibrar sus menguados ingresos. Los quesos se exhiben en ferias y mueven capitales importantes. La leche es de buena calidad por el alto tenor de grasa, que las ovejas son capaces de producir por el bagaje genético que aún aportan las ovejas criollas españolas, principalmente de las razas Churra y Manchega (Zohary, Horwitz, 1998).

La existencia mundial de ganado ovino se estima aproximadamente en 1200 millones de cabezas. Casi la mitad del mismo se encuentra en Asia y Oceanía, siendo los principales productores: Australia, la disuelta Unión Soviética, China, Nueva Zelanda e India. Argentina ocupa uno de los 10 primeros lugares del mundo, con algo más del 2% de cabezas (Guo, 2005).

La población ovina en Bolivia está compuesta por animales de diferentes razas, aunque hubo hasta 8 razas esparcidas en el Altiplano, en el año 2004 se reducen a la Criolla y la Corriedale. La raza criolla es la más abundante y extendida. La raza Corriedale está distribuida en las regiones más pobladas del contrafuerte de la Cordillera Occidental. Su población comparte las áreas de producción agrícola entre

el río Desaguadero y la Cordillera. Ésta es la misma región del cordón lechero, la línea de Puerto Acosta - Achacachi - Huarina - Viacha - Calamarca - Caracallo - Challapata (Gómez, 1983).

## **1.2.- JUSTIFICACIÓN**

Para llevar a cabo el presente trabajo experimental, se planteó los siguientes aspectos:

- El departamento de Tarija en la actualidad se encuentra entre los departamentos con menor producción ovina a nivel nacional, pero muestra un enorme potencial para incrementar la producción ovina (cordero) en las zonas de crianza de ovinos.
- Se dará una alternativa de transformación, conservación e industrialización de la carne de cordero; ya que en la actualidad la carne de cordero sólo es consumida en platos tradicionales.
- Se pretende incrementar el valor agregado de la carne de cordero, como un producto derivado “paleta ahumada de cordero” para ofrecer al consumidor una alternativa alimentaria.

## **1.3.- OBJETIVOS**

Los objetivos del presente trabajo de investigación son los siguientes:

### **1.3.1.- OBJETIVO GENERAL**

- Obtener paleta ahumada de cordero utilizando carne de ovino con el propósito de ofrecer un producto con menor contenido en grasa y un alto valor proteico de acuerdo a normas de calidad vigente.

### **1.3.2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Como objetivos específicos del proyecto tenemos:

- Determinar las características fisicoquímicas de la materia prima.
- Obtener la dosificación adecuada para el procesado de paleta ahumada de cordero.
- Efectuar el diseño experimental adecuado al proceso de la paleta ahumada de cordero.
- Determinar los balances de materia y energía en el procesamiento.
- Realizar un control organoléptico del producto final de la paleta ahumada de cordero.
- Determinar las características fisicoquímicas y microbiológicas del producto final de la paleta ahumada de cordero.

### **1.4.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

- ¿Cuál será el proceso de elaboración más adecuado para obtener paleta ahumada de cordero que permita mejorar la calidad nutricional y organoléptica del producto?

### **1.5.- PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS**

- El curado y ahumado de la paleta de cordero, permitirá obtener un producto inocuo, de calidad para el consumidor.

## 2.1.- ORIGEN DEL OVINO

El origen de la domesticación de la oveja se encuentra en Oriente próximo, en el denominado creciente fértil. Las pruebas arqueozoológicas señalan que la domesticación tuvo lugar en torno al VII milenio. Las herramientas de la biología molecular han permitido distinguir tres eventos de domesticación diferentes, basándose en tres haplogrupos diferentes de ADN mitocondrial. La mayoría de los estudios atribuyen el origen silvestre de la especie al muflón asiático (*Ovis orientalis orientalis*), descartando así otros congéneres como el argali (*Ovis ammon*) o el urial (*Ovis orientalis vignei*) que se barajaban como posibles ancestros. El muflón europeo (*Ovis orientalis musimon*) sería el resultado de ovejas asilvestradas en la antigüedad, bien por haberse escapado de los rebaños o bien por haber sido abandonadas ante la aparición de razas con lanas de mejor calidad, también desde Oriente Próximo y extendidas por el comercio (Linnaeus, 2003).

## 2.2.- CLASIFICACIÓN CIENTÍFICA DEL OVINO

En la tabla 2.1. se muestra la clasificación científica del ovino dentro del Reino Animal.

**Tabla 2.1**  
**Clasificación científica de ovinos**

<b>Tipo:</b>	<i>Vertebrados.</i>
<b>Clase:</b>	<i>Mamíferos.</i>
<b>Subclase:</b>	<i>Placentarios.</i>
<b>Orden:</b>	<i>Artiodáctilos.</i>
<b>Suborden:</b>	<i>Rumiantes.</i>
<b>Familia:</b>	<i>Bóvidos.</i>
<b>Subfamilia:</b>	<i>Caprinos.</i>
<b>Género:</b>	<i>Ovis.</i>
<b>Especie:</b>	<i>Aries.</i>

**Fuente:** Linnaeus, 1758

### **2.3.- TAXONOMÍA DEL OVINO**

Linneo clasificó a las ovejas domésticas en 1758 en la especie *Ovis aries*. Aunque posteriormente se demostró que las ovejas domésticas actuales y su antepasado silvestre: el muflón oriental (*Ovis orientalis* Oveja oriental) pertenecían a una misma especie y debía asignárseles un único nombre científico, la Comisión Internacional de Nomenclatura Zoológica determinó en 2003 que las ovejas, al igual que otras 17 especies domésticas, debían nombrarse como su variedad salvaje, *Ovis orientalis*, para evitar la paradoja de que los linajes anteriores, los silvestres, fueran nombrados como subespecies de sus descendientes. Por lo tanto el nombre específico que prevalece para las ovejas y muflones es *Ovis orientalis*, quedando el término *aries* como nombre trinomial que designa a la subespecie doméstica (aun cuando generalmente en casos como éste se aplicaría el "principio de prioridad" que establece que debe permanecer como nombre específico el primero en haber sido registrado, siendo *aries* el más antiguo) (Linnaeus, 2003).

### **2.4.- CICLO DE VIDA DEL OVINO**

Después de cinco meses de gestación la oveja pare una o dos crías (algunas razas como la Romanoff pueden llegar a parir nueve crías). Las hembras llegan a la pubertad entre los 5 y los 10 meses, en cambio los machos entre los 3 y los 6 meses de edad (aunque se recomienda esperar hasta que cada cual tengan un año para la reproducción). Para saber la edad de este animal ya sea macho o hembra y así determinar si están en la edad recomendada para la reproducción se ve su dentadura de forma que mudan los dientes después del año por lo tanto si son dientes delgados es menor del año y si son dientes gruesos determinados "paletas" es porque ya tiene cumplido el año. Viven entre 18 y 20 años (Meadows, 2007).

## **2.5.- EXPLOTACIÓN DEL OVINO**

La cría y utilización de estos animales por parte del hombre se conoce como ganadería ovina (Meadows, 2007).

- **Piel:** para la fabricación de objetos de cuero.
- **Pelaje o "lana":** para la confección de hilados, fibras varias, para fines tanto industriales como domésticos.
- **Carne y leche:** se consumen como alimentos. Con la leche pueden además elaborarse derivados lácteos, entre los que destaca el queso.

## **2.6.- RAZAS DEL OVINO**

Entre las razas de ovino tenemos los siguientes:

### **2.6.1.- RAZAS DE LANA FINA: MERINO**

Oriundo de España, esta raza se esparció por las zonas frías de América Latina a través de la llegada de los conquistadores. Características generales del Merino, la talla y peso de estos animales varía de acuerdo a los procesos de selección que han ejercido los distintos países, en general las hembras pesan entre los 40 y 60 kg y los machos alcanzan de 100 a 120 kg. Los machos presentan cuernos (no los de variedad Polled), las hembras son acornes. Los Merinos modernos tienen la cara destapada cubierta de pelos de color blanco cremoso, las orejas son de tamaño medio recubiertas de pelo del mismo color, el morro es rosado como su piel. La presencia de arrugas en el cuerpo todavía se aprecian en algunas variedades, sobre todo en Sudamérica. La lana es blanca y fina, en la actualidad hay fibras finísimas de hasta 13 micras, aunque en general se ubican entre las 18 y 26 micras, los vellones suelen ser rizados y libres de fibras moduladas. Los vellones de rebaños generales pesan entre 4

y 5 kg sucios, aunque en animales de cabañas los carneros pueden alcanzar entre los 12 y 18 kg sucios. Los rendimientos al lavado pueden alcanzar el 70%, aunque esto depende de diversos factores (Horwitz, 1998).

Los Merinos son animales de fuerte instinto gregario (tendencia a andar juntos) son longevos y muestran una gran adaptación y resistencia a condiciones semiáridas y climas extremos. Se pueden desplazar a distancias considerables respecto a otras razas, no hay que olvidar que algunos recorridos de la trashumancia incluían cientos de kilómetros se han mencionado de hasta 800 km (Horwitz, 1998).

### **2.6.2.- RAZAS DE CARNE: SUFFOLK**

Son ovinos con excelente conformación cárnica, su crecimiento es acelerado, alta prolificidad, por lo tanto son utilizados para su transformación como diferentes productos. Presentan coloraciones negras en la cabeza, con pelos, el cuerpo está cubierto de lana de coloración blanca a cremada excepto las patas, ellas poseen las mismas coloraciones que en su cabeza (Zohary, 1998).

Son animales de gran talla y peso:

- Hembras adultas oscilan entre 80 a 100 kg.
- Machos adultos; se presentan en 130 a 170 kg.

### **2.6.3.- RAZAS DE CRÍA: KARAKUL**

Muy jóvenes o incluso del feto, los corderos Karakul son apreciados por las pieles, las pieles de los recién nacidos se llaman astracán, los corderos recién nacidos tienen un pelo muy rizado y brillante, las mejores pieles son de los corderos de tres días de edad, de colores oscuros dominantes, negro carbón, luego de este tiempo el color oscuro se va desvaneciendo y los rizos se van abriendo, hay variedades de grises con

tonos azules plateados o brillos dorados, además de marrones rojizos y blanco puro. En algunos países se sacrifica a la madre para extraer el feto, por considerarlos óptimos para la obtención de su piel, en este estado se los llama pieles de breitschwanz (alemán) y karakulcha, las pieles son utilizadas para crear prendas de vestir, como el sombrero de astracán y en la alta costura para hacer abrigos para las mujeres (Tchernov, 1998).

#### **2.6.4.- RAZAS DE LECHE: TEXEL**

La raza Texel se originó en Holanda, a finales del siglo XIX y principios del siglo XX. Es utilizada para la producción de leche en el norte de Europa y por sus excelentes características se ha extendido en toda Europa, principalmente en Francia. El continente americano no escapa a esta propagación, tanto en el norte como en el sur, la presencia de esta raza está en Chile, Uruguay, Estados Unidos y México. Es el resultado de la cruce de varias razas, como el Leicester y Lincoln con la raza local, ahora conocida como viejo Texel. Los registros Holandeses se establecieron en 1909, en la actualidad hay criadores en Irlanda, Francia, Estados Unidos; Reino Unido, Argentina, Finlandia, Luxemburgo y Alemania. Animales de tamaño grande, llegando las hembras a pesos de 70 o más kilos y los machos hasta 120 kilos. También se caracteriza por su alta prolificidad y se usa como raza productora de carne. Su vellón es blanco cremoso con excelente lustre, pudiéndose clasificar dentro de las razas de lana larga y gruesa, con un diámetro de 38 a 42 micras y peso de vellón sucio superior a 6 kilos anuales. Se cría en raza pura para producir sementales empleados en cruzamientos, con objeto de mejorar la actitud lechera o cárnica de otros razas como el merino. Se considera un animal moderno por su canal magra y pesada. Tiene un buen desarrollo, está bien proporcionado, cuadrado, con excelente masa muscular. Cabeza sin cuernos, cabeza corta y ancha de color blanco con coronilla plana, ollares negros, hocico ancho (Chessa, 2009).



### **2.6.5.- RAZAS DE PELO: BLACK BELLY O PANZA NEGRA**

El borrego black belly o barbados es un ovino de pelo originalmente de áreas tropicales, desarrollado en la isla de barbados. Actualmente se encuentra diseminado por todo el caribe y partes de norte, centro y sur de América. En México se ha difundido ampliamente en todos los climas desde el trópico hasta las áreas templadas. Se considera que comerciantes holandeses introdujeron a barbados borregos de lana los cuales cruzaron con borregos africanos traídos a la isla con los esclavos, dando como resultado el ovino que actualmente se conoce como barbados, panza negra o black belly, que ha sido seleccionado por más de 300 años buscando prolificidad, ganancias de peso, carne magra así como resistencia a parásitos y enfermedades. Este borrego se caracteriza por ser un animal muy rústico, prolífico, no estacional, con excelente habilidad materna y abundante producción de leche que permiten a las hembras criar dos o tres corderos con facilidad si cuentan con una adecuada alimentación (Solís, 1997).

La asociación mexicana de criadores de ovinos (AMCO) ha registrado en el periodo 1997-1999 5,998 cabezas de borregos black belly de nuestros agremiados en los estados de Jalisco, Tamaulipas, San Luis Potosí, Sinaloa Veracruz, Tabasco. De México, Chiapas, Campeche, Querétaro, Yucatán y Puebla. Esta raza ocupa el segundo lugar en cuanto a número de cabezas registradas en el periodo de referencia. Características el black belly es un borrego de pelo de talla media, con una coloración específica de marrón y negro. Es un animal de tipo anguloso, actualmente en México la tendencia es desarrollar animales de conformación cárnica, mejor conformados, buscando las formas amplias y perfiles convexos, dejando atrás los animales esbeltos, de hueso fino, formas alargadas, de lomos cortos y piernas pobres. Coloración de esta raza es en dos colores. El fondo que varía del marrón claro hasta el café oscuro, rojizo combinado con sus manchas negras específicas y características. No se admiten manchas blancas salvo la punta de la cola. (Gómez, 1999).

## **2.7.- RAZAS DE OVINO EN BOLIVIA**

El Departamento de Oruro tiene cinco razas de ganado ovino que son un potencial genético incalculable para la producción de este rubro. Esta información fue proporcionada con motivo del Segundo Encuentro de Ganadería Ovina que se efectuó en días precedentes en nuestra ciudad. Los organizadores del encuentro señalaron que en el mundo existen 420 razas especializadas, sin contar algunas sintéticas y más de 600 entre tipos, variedades o líneas. De todas esas razas, 58 son de importancia económica. La llegada de esas razas a Bolivia, data del tiempo de los españoles, quienes trajeron las razas Manchega y Churra, actualmente de esas especies, se tienen ovinos criollos, que no es una raza sino un prototipo de triple producción con bajos rendimientos, pero es considerado como un potencial genético incalculable (IBTA – Bolivia, 1975).

En relación a Oruro, cinco razas son las que existentes: Corriedale, es una de origen neozelandés, con una aptitud balanceada en lana y carne. Se introdujo al altiplano en 1955 por la Estación Experimental Patacamaya (IBTA - Bolivia). Es la raza que más contribuyó al mejoramiento del ganado criollo boliviano, denominada como "raza naturalizada". La otra raza es la Hampshire Down, son ovinos de origen inglés que llegaron a Bolivia en 1975 por el Plan de Padrinos regional La Paz. Para mejorar su peso y carne, las proles híbridas cruzaron con carneros Southdown, que es una raza precoz blanca. En Oruro también están los ovinos Suffolk, que son originarios del Sur de Inglaterra y fueron introducidos al país por la familia Bustillos en 1977, la cuarta raza es la Assblack, cuyo origen está en el Perú, Llegó a Bolivia a través de la Fundación Inti Raymi en 2002, aún se encuentra en proceso de mejoramiento genético. Se adaptan mejor al altiplano boliviano que las otras razas mencionadas (IBTA – Bolivia, 1975).

Finalmente, la raza East Friesland, son ovejas de origen alemán, fueron introducidas a nuestro medio por la Universidad Técnica de Oruro el 2008. Para la formación de esta

raza intervinieron ovinos locales tanto de la parte Oriental como Occidental del país de origen (IBTA – Bolivia, 1975).

## **2.8.- ALIMENTACIÓN DEL OVINO**

Es importante la forma de alimentar a los ovinos, haciendo eficiente uso de diferentes clases de alimentos disponibles, de acuerdo a las necesidades requeridas en los diferentes estados fisiológicos de la crianza de ovinos (Paredes, 2010).

### **2.8.1.- CLASES DE ALIMENTOS DEL OVINO**

Hay tres clases de alimentos que son:

#### **a) ALIMENTOS ACUOSOS (MATERIA VERDE)**

- Pastos naturales y forrajes verdes (gramíneos y leguminosos).
- Conservación de forrajes (ensilajes).
- Tubérculos (yuca, nabo forrajera, rábanos, etc.).

#### **b) ALIMENTOS SECOS (MATERIA SECA)**

- Pastos naturales.
- Forrajes heno.
- Concentrados.

#### **c) NATURALEZA QUÍMICA DE LA PARTE SÓLIDA DE UN ALIMENTO USADO EN LA ALIMENTACIÓN DE LAS OVEJAS**

- Alimentos balanceados

## **2.9.- ENFERMEDAD DEL OVINO**

Se denomina enfermedad, al estado en el que se altera el equilibrio entre el bienestar físico, social y psíquico de un individuo o población. Si bien, generalmente, existe un agente causal identificable, las enfermedades se desencadenan cuando se produce una combinación adecuada de factores (Ramos y Córdoba, 2005).

- Presencia del agente etiológico.
- Población animal susceptible al ambiente propio.

### **2.9.1.- AGENTE ETIOLÓGICO**

Es el elemento, microorganismo, planta, factor físico, químico o nutricional, cuya presencia o ausencia desencadena un proceso patológico. Una población animal se torna susceptible cuando sus características propias y variables (ej. especie, raza, sexo, edad, susceptibilidad individual, estado fisiológico) hacen que, ante la presencia del agente, se produzca la enfermedad. Se verifica un ambiente propicio, cuando distintos componentes físicos (ej. clima, hidrografía, topografía), biológicos (ej. fauna, flora) y socioeconómicos (ej. estructura de producción, sistema de comercialización, higiene ambiental, tecnificación) crean un ámbito tal que predispone a la aparición de una enfermedad. Las majadas explotadas en la zona con fines comerciales son escasas. La mayoría se destinan a producción de consumo para los establecimientos y el manejo sanitario al que están sujetas es limitado. Por otra parte, la falta de controles y diagnósticos precisos hacen que el productor desconozca, en la mayoría de los casos, las enfermedades que están presentes en su majada y los posibles métodos de control (Ramos y Córdoba, 2005).

Las enfermedades según el agente etiológico pueden ser clasificadas en:

- Metabólicas y carenciales, por exceso o defecto de minerales.
- Infectocontagiosas, de etiología bacteriana, viral o fúngicas.

- Parasitarias internas (nematodos, cestodes, protozoo, trematodes).
- Parasitarias externas (miasis, sarna, garrapatas, piojos).
- Envenenamientos.

### **2.9.2.- ENFERMEDADES METABÓLICAS (CARENCIALES / EXCESOS)**

Las enfermedades metabólicas carecen según (Ramos y Córdoba, 2005).

- 1) Toxemia de la preñez.
- 2) Hipomagnesemia.
- 3) Hipocalcemia.
- 4) Déficit de vitamina B1.
- 5) Hipocupremia en recién nacidos y de adultos.
- 6) Carencia de cobalto.
- 7) Carencias de vitamina E y selenio.
- 8) Carencia de fósforo.
- 9) Exceso de cobre.
- 10) Urolitiasis.
- 11) Timpanismo espumoso o empaste.
- 12) Mascadera del caprino.

### **2.10.- DEFINICIÓN DE CARNE**

La carne es el tejido muscular de los animales que se utiliza como alimento humano en forma directa o procesada. La carne consiste en agua, proteína, grasa, sales, e hidratos de carbono, la composición de las diferentes clases de carne es variable; por esto cada clase de carne tiene su propia aplicación en los distintos productos cárnicos y determina la calidad de éstos. En la elección de la carne para su elaboración deben

tomarse en cuenta las siguientes características: color, estado de maduración y capacidad fijadora de agua (Oyuki, 2011).

### **2.11.- CARNE DE CORDERO**

La carne de cordero destaca por su fácil digestibilidad, motivada por el equilibrio de sus componentes químicos esenciales. Tiene menos grasa que las demás, pero su contenido en proteínas es similar. Se trata, en definitiva, de un alimento sin problemas en su conservación y cocinado, muy recomendable en una buena dieta y que proporciona grandes satisfacciones al consumidor (Gioffredo, 2011).

Precisamente, por tratarse de animales jóvenes los corderos proporcionan carne de elevada jugosidad. Al aumentar la edad, la carne se hace más seca. En la carne de cordero es alta la concentración de grasa intramuscular, y esta circunstancia favorece la jugosidad y la ternura (ambos conceptos van siempre unidos, como es lógico). La grasa, repartida en forma de veteado uniforme, proporciona el grado óptimo de jugosidad (Gioffredo. 2011).

### **2.12.- ESTRUCTURA DE LA CARNE**

Al analizar la estructura de la carne vamos a distinguir varias partes:

- **Fibras musculares:** son largas y estrechas y se disponen ordenadamente formando haces paralelos. Son las estructuras responsables de la contracción del músculo (López y Carballo, 1978).
  
- **Tejido conjuntivo o conectivo:** es la que cubre a las fibras musculares, tiene vasos sanguíneos y nervios que aseguran la conexión con otros órganos y tejidos. Está compuesto básicamente por colágeno y elastina. Al calentar el colágeno por encima de ciertas temperaturas, que dependen de la especie, se

disuelve y se convierte en gelatina que hace que la carne sea más masticable. La elastina, por el contrario, no se disuelve aunque si sufre transformaciones con el calor, hinchándose y estirándose (López y Carballo, 1978).

- **Tejido lipídico:** la grasa se puede encontrar en la carne infiltrada entre las fibras musculares, también en el tejido conectivo que las rodea o debajo de la piel del animal. Además, hay que mencionar que la médula de los huesos largos es muy rica en grasa (López y Carballo, 1978).

### 2.13.- CLASIFICACIÓN DE LAS CARNES

Normalmente, en restauración, las carnes son clasificadas según el color de la misma (López y Carballo, 1978).

- **Carnes rojas:** vacuno, carnero, caballo.
- **Carnes blancas:** ternera, cordero lechal, cabrito, pollo y pescado.
- **Carnes rosado:** cerdo, cordero.

**Carne roja:** Rico en mitocondrias y mioglobina, con metabolismo aerobio, oxidativa y que participa en el ciclo de Krebs. Tiene abundante irrigación sanguínea (López y Carballo, 1978).

**Carne blanca:** Con poco contenido en mitocondrias y mioglobina, y metabolismo anaerobio mediante glicólisis anaerobia. Tiene poco riego sanguíneo (López y Carballo, 1978).

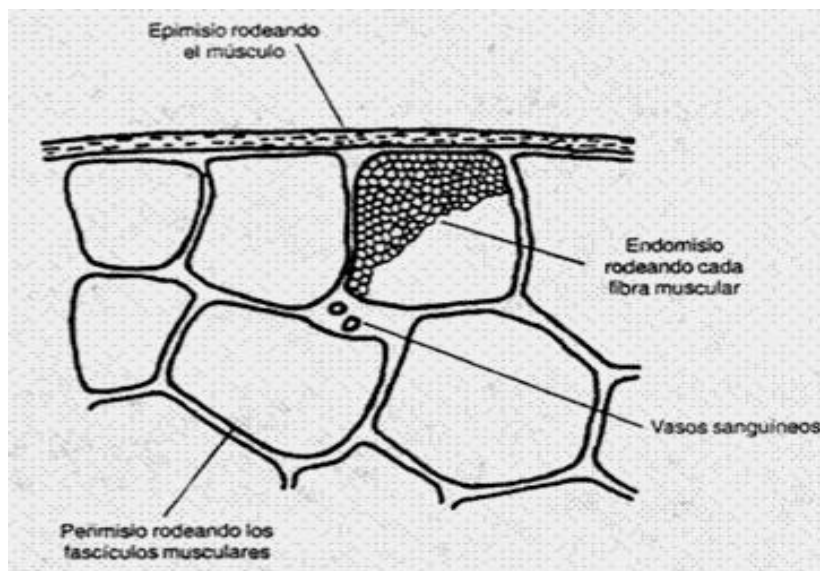
Una fibra, a su vez, está formada por muchas miofibrillas paralelas, las cuales están sumergidas en el sarcoplasma, que es el fluido intracelular. El sarcoplasma contiene glucógeno, ATP, fosfocreatina y enzimas glucolíticas (López y Carballo, 1978).

**Carne rosada:** Provenientes de animales ricos en materia grasa entre sus fibras musculares, como el cerdo (López y Carballo, 1978).

#### **2.14.-FIBRA MUSCULAR DE LA CARNE**

En la figura 2.1 se muestra la estructura del músculo, está en gran medida definida por varios tejidos conectivos que se organizan a tres niveles distintos:

**Figura 2.1**  
**Estructura del músculo de la carne**



**Fuente:** López y Carballo, 1978

La unidad anatómica del tejido muscular es la célula o fibra muscular, existiendo tres tipos de fibras:

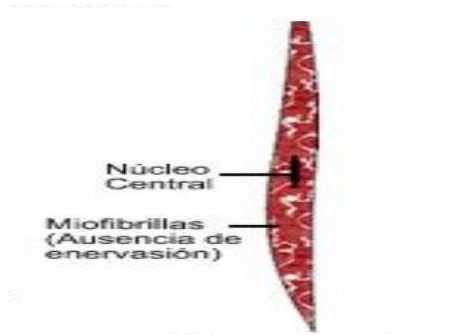
##### **a) FIBRAS LISAS DE LA CARNE**

En la figura 2.2 las fibras lisas presentan una fina estriación longitudinal y carecen de estrías transversales. Tienen un solo núcleo en posición central. Su



regulación es independiente de la voluntad y está controlada por el sistema nervioso vegetativo (López y Carballo, 1978).

**Figura 2.2**  
**Fibra muscular lisa**



**Fuente:** López y Carballo, 1978

**b) FIBRAS CARDÍACAS DE LA CARNE**

En la figura 2.3 las fibras cardíacas presentan estrías longitudinales y transversales imperfectas, se pueden bifurcar en sus extremos y tienen un solo núcleo central. Su regulación es involuntaria y está controlada por el sistema nervioso vegetativo (López y Carballo, 1978).

**Figura 2.3**  
**Fibra muscular cardíaca**

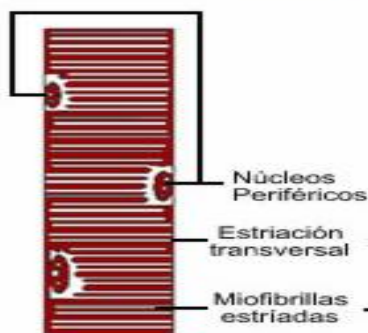


**Fuente:** López y Carballo, 1978

### c) FIBRAS ESQUELÉTICAS DE LA CARNE

En la figura 2.4 las fibras esqueléticas presentan estrías longitudinales y transversales, tienen núcleos dispuestos periféricamente pudiendo considerarse un sincitio (célula gigante, aglutinación multicelular disfuncional formada por la fusión de una célula con otra) cuyo origen es la fusión de mioblastos (los mioblastos de músculo esquelético son las células precursoras de las fibras musculares.). Su regulación puede ser voluntaria y está controlada por el sistema nervioso somático (el sistema nervioso somático es el que informa al organismo sobre el medio que lo rodea, realiza las actividades reflejas y voluntarias del músculo esquelético) (López y Carballo, 1978).

**Figura 2.4**  
**Fibra muscular estriada esquelética**



Fuente: López y Carballo, 1978

### 2.15.- COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA CARNE DE CORDERO

Refiriéndonos ya a su composición química, hay que decir que la de la carne de cordero no difiere en absoluto de la de otras especies. Por ese motivo, su valor nutritivo no difiere tampoco. La edad, como en el resto de las especies, tiene más importancia si cabe sobre la composición de la carne, en el cordero. Hay que tener en cuenta, pues, que al aumentar la edad de un animal, también lo hace la concentración de mioglobina y la de grasa, disminuyendo el contenido acuoso del músculo. Estas

modificaciones confieren a la carne un valor nutritivo más elevado, a la vez que la convierten en más sabrosa; de esta forma, el cordero pascual aventaja al lechal en lo que refiere a valor nutritivo y sabor. Y a esto hay que añadir su más fácil digestibilidad (Gioffredo, 2011).

En lo que se refiere al aporte nutricional, el cordero es un alimento con un significativo aporte de colesterol, vitamina B12, vitamina B2, vitamina D, vitamina B3, cinc, hierro, selenio, fósforo, proteínas, agua, vitamina B, ácidos grasos saturados y grasa (Gioffredo, 2011).

#### **2.15.1.- COLESTEROL**

Requerido tanto en tejidos corporales -hígado, médula espinal, páncreas y cerebro- como en el plasma sanguíneo, siendo esencial para crear la membrana plasmática que regula la entrada y salida de sustancias a través de las células. Una dieta con una elevada proporción de grasas saturadas, elevará los niveles de colesterol en la sangre y conllevará un mayor riesgo de padecer arterosclerosis - estrechamiento de las arterias por la acumulación de lípidos en sus paredes - y otras enfermedades cardiovasculares (Villa, 2011).

#### **2.15.2.-VITAMINA B12 (COBALAMINA)**

Es beneficiosa para las funciones del sistema nervioso, corazón y cerebro. Favorece el mantenimiento de la envoltura de mielina de las células nerviosas y participa en la síntesis de neurotransmisores. Además, es necesaria para la conversión de ácidos grasos en energía y ayuda a mantener la reserva energética de los músculos a la vez que colabora para un buen funcionamiento del sistema inmunitario. La presencia de esta vitamina en el organismo está íntimamente relacionada a la de la vitamina B9, siendo necesaria para el metabolismo del ácido fólico. Al igual que éste, la

cobalamina interviene en la formación de glóbulos rojos y la síntesis de ADN, ARN y proteínas (Villa, 2011).

### **2.15.3.- VITAMINA B2 (RIBOFLAVINA)**

Favorece la actividad oxigenadora intercelular, mejorando el estado de las células del sistema nervioso y colaborando en la regeneración de tejidos como piel, cabello, uñas y mucosas, de forma especial en la integridad de la córnea, contribuyendo de esta manera a mejorar la salud visual. Esta vitamina interviene además en la transformación de los alimentos en energía, complementa a la vitamina E en su actividad antioxidante y a las vitaminas B3 y B6 en la producción de glóbulos rojos, ayudando a mantener el sistema inmune en buen estado (Villa, 2011).

### **2.15.4.- VITAMINA D**

Estimula la absorción de calcio y fósforo por el organismo contribuyendo al adecuado desarrollo de huesos y dientes, a la vez que favorece el crecimiento celular y fortalece al sistema inmune ayudando a prevenir infecciones. Al depender los niveles de calcio de la concentración de vitamina D, ésta juega además un importante papel en transmisión del impulso nervioso y la contracción muscular (Villa, 2011).

### **2.15.5.- VITAMINA B3 (NIACINA)**

Interviene en el proceso de transformación de energía a partir de hidratos de carbono, proteínas y grasas, y contribuye a relajar los vasos sanguíneos dotándoles de elasticidad, a estabilizar los niveles de glucosa y ácidos grasos en la sangre, y a reducir el colesterol secretado por el hígado. Junto con otras vitaminas del complejo B, la niacina ayuda a mantener sanas piel y mucosas digestivas, además de colaborar en el buen estado del sistema nervioso (Villa, 2011).

### **2.15.6.- CINC**

Interviene en el proceso de formación de los huesos, así como en el desarrollo de los órganos reproductivos, favoreciendo el funcionamiento de la glándula prostática. El cinc, además de ser un poderoso antioxidante natural, favorece la absorción de vitamina A y la síntesis de proteínas como el colágeno, colabora en el adecuado crecimiento durante el embarazo, niñez y adolescencia, y ayuda al mantenimiento de los sentidos de la vista, el gusto y el olfato. Además de en los huesos, está presente en diferentes tejidos de nuestro organismo como músculos, testículos, cabellos, uñas y revestimientos oculares (Villa, 2011).

### **2.15.7.- HIERRO**

Necesario para la síntesis de hemoglobina, colabora en la renovación de las células sanguíneas, posibilitando el transporte de oxígeno desde los pulmones hacia los diferentes órganos, como los músculos, el hígado, el corazón o el cerebro, siendo el hierro indispensable en determinadas funciones de este último, como la capacidad de aprendizaje. El hierro también incrementa la resistencia ante enfermedades reforzando las defensas frente a los microorganismos, previene estados de fatiga o anemia, y sin él no podrían funcionar el sistema nervioso central, el control de la temperatura corporal o la glándula tiroides, siendo además saludable para la piel, el cabello y las uñas. Imprescindible para el organismo en situaciones de carencia de hierro, ya sean como consecuencia de hábitos alimenticios inadecuados, durante la menstruación o el embarazo, o tras accidentes u operaciones médicas donde se ha perdido sangre (Villa 2011).

### **2.15.8.- SELENIO**

Refuerza la protección contra enfermedades cardiovasculares a la vez que estimula el sistema inmunológico. El carácter antioxidante del selenio, retarda el proceso de

envejecimiento celular, a la vez que le confieren propiedades preventivas contra el cáncer. La acción de este nutriente guarda relación con la actividad de la vitamina E (Villa, 2011).

#### **2.15.9.- FÓSFORO**

Contribuye a la mejora de determinadas funciones del organismo como la formación y desarrollo de huesos y dientes, la secreción de leche materna, la división y metabolismo celular o la formación de tejidos musculares. La presencia de fósforo (en forma de fosfolípidos) en las membranas celulares del cerebro es fundamental, favoreciendo la comunicación entre sus células, mejorando de esta manera el rendimiento intelectual y la memoria (Villa, 2011).

#### **2.15.10.- PROTEÍNAS**

Colaboran en el adecuado crecimiento y desarrollo del organismo, favoreciendo las funciones estructural, inmunológica, enzimática (acelerando las reacciones químicas), homeostática (colaborando al mantenimiento del pH) y protectora-defensiva (Villa 2011).

#### **2.15.11.- AGUA**

Favorece la hidratación de nuestro organismo, al que debemos abastecer, incluyendo el consumo a través de los alimentos, con una cantidad de agua que oscila entre los 2 y los 3,5 litros, dependiendo de cada constitución, de la actividad física desarrollada, o de estados como el embarazo, la lactancia, enfermedad o exposición a fuentes de calor, circunstancias estas últimas donde las necesidades de consumo aumentan (Villa 2011).

### **2.15.12.- VITAMINA B1(TIAMINA)**

Participa en la producción energética colaborando en el metabolismo de los carbohidratos. La vitamina B1 juega además un papel esencial en la absorción de glucosa por parte de cerebro y sistema nervioso, por lo que la deficiencia de este nutriente puede derivar en cansancio, poca actividad mental, falta de coordinación, depresión, etc. Otras funciones como el crecimiento y mantenimiento de la piel o el sentido de la vista, dependen en buena medida de los niveles de esta vitamina en el organismo (Villa, 2011).

### **2.15.13.- ÁCIDOS GRASOS**

Son fuente de energía y ayudan a regular la temperatura corporal, a envolver y proteger órganos vitales como el corazón y los riñones, y a transportar las vitaminas liposolubles (A, D, E, K) facilitando así su absorción. La grasa resulta imprescindible para la formación de determinadas hormonas y suministra ácidos grasos esenciales que el organismo no puede sintetizar y que ha de obtener necesariamente de la alimentación diaria. A pesar de ello, conviene controlar la ingesta de alimentos ricos en grasa puesto que el cuerpo almacena la que no necesita, lo que ocasiona incrementos de peso indeseados y subidas de los niveles de colesterol y triglicéridos en la sangre (Villa, 2011).

El resto de nutrientes presentes en menor medida en este alimento, ordenados por relevancia de su presencia, son: vitamina B6, ácidos grasos monoinsaturados, potasio, calorías, vitamina C, sodio, ácidos grasos poliinsaturados, magnesio, yodo, vitamina B9, vitamina E, calcio, retinol y vitamina A (Villa, 2011).

### **2.16.- PROPIEDADES FÍSICAS DE LA CARNE DE CORDERO**

Las principales propiedades físicas de la carne, se describen a continuación:

### **2.16.1.- TEXTURA**

La ternera de la carne es una propiedad física de ésta que consiste en dejarse cortar fácilmente, penetrar y masticar. El contenido en colágeno del tejido conjuntivo que rodea al músculo, influye sobre la ternera de la carne. En el animal joven, la cantidad de colágeno es aproximadamente igual que en el adulto, pero, sin embargo, al ser éste más soluble en el primero, la carne resulta más tierna (Price, 1976).

### **2.16.2.- pH**

El pH de la carne va a influir sobre las características de color, ternera, sabor, capacidad de retención de agua y conservabilidad, de modo que va a afectar a las propiedades organolépticas de esa carne y además, a su calidad higiénica y a su aptitud tecnológica para la elaboración de productos cárnicos (Gómez, 1994).

Tras la muerte del animal, cesa el aporte sanguíneo de oxígeno y nutrientes al músculo, el cual debe utilizar sus reservas de energía para sintetizar ATP con el fin de mantener su temperatura e integridad estructural. Conforme se reducen los niveles de ATP se genera simultáneamente fosfato inorgánico, que a su vez estimula la degradación de glucógeno a ácido láctico mediante la glucólisis anaerobia (Galeán, 2007).

La formación de ácido láctico y de otros ácidos orgánicos va a provocar un descenso del pH muscular que continúa hasta que se agotan las reservas de glucógeno o hasta que se inactivan los enzimas que rigen el metabolismo muscular (Gómez, 1994).

### **2.16.3.- COLOR**

El color, junto con la ternera, sabor, jugosidad y aroma es uno de los parámetros principales que se utilizan para medir la calidad de la carne y va a ser uno de los



factores más importantes al determinar la elección y aceptación de esa carne por parte del consumidor, y que, a su vez, va a determinar el valor del producto en el momento de su comercialización. Además, es la primera característica apreciada por el consumidor y el primer atributo que se juzga en el momento de la compra y de aquí su importancia, al ser relacionado con las cualidades sensoriales del mismo (Gómez, 1994).

La determinación del color de la grasa y del músculo es fundamental para ofrecer un producto tipificado al consumidor. No obstante, en el caso del músculo la medida es mucho más compleja debido a que la apariencia del color varía al estar condicionada por los procesos de oxidación y oxigenación de la mioglobina (Gómez, 1994).

Según (Gómez, 1994).existen tres fuentes de la variación del color en el músculo

- El contenido en pigmentos (mioglobina fundamentalmente), que es el factor intrínseco más importante, y está relacionado con la especie, la edad del animal, la raza, el sexo y el tipo de alimentación.
- Las condiciones del periodo pre-sacrificio, procedimiento de sacrificio y posterior procesado (estrés, temperatura y humedad de la cámara, etc.) afectan al color, al variar la velocidad de caída del pH y de la temperatura.
- El tiempo de almacenamiento y las condiciones de comercialización van a influir en la apariencia del color a través de los procesos de oxigenación y oxidación de la mioglobina.

#### **2.16.4.- AROMA**

El aroma de las carnes puede ser considerado como función de cuatro elementos: las fracciones no volátiles y las fracciones volátiles de la carne crudas y las mismas

correspondientes a las carnes cocidas. Los compuestos de la carne cruda incluyen los precursores del aroma que pueden ser ellos mismos no aromáticos, mientras no sufran la acción del calor en la cocción (Price, 1976).

## 2.17.- CARACTERÍSTICAS DE LA PALETA DE CORDERO

Las proporciones de los nutrientes de la paleta de cordero pueden variar según el tipo y la cantidad de la carne, además de otros factores que puedan intervenir en la modificación de sus nutrientes. Se evidencia, que según la preparación de la paleta de cordero, pueden variar sus propiedades y características nutricionales (Moreiras, 2013).

### 2.17.1.- LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA PALETA DE CORDERO

En la tabla 2.2 se muestra la composición química de macronutrientes de la paleta de cordero.

**Tabla 2.2**  
**Composición química de macronutrientes**  
**de la paleta de cordero**

<b>Componentes</b>	<b>Cantidad</b>
Energía [Kcal]	151,00
Proteína [g]	11,13
Hidratos carbono [g]	0,00
Fibra [g]	0,00
Grasa total [g]	11,80
AGS [g]	5,00
AGM [g]	4,60
AGP [g]	0,80
AGP /AGS	0,16
(AGP + AGM) / AGS	1,08
Colesterol [mg]	80,60
Alcohol [g]	0,00
Agua [g]	77,10

**Fuente:** CANAL SALUD, 2014

En la tabla 2.3 se muestra la composición química de minerales de la paleta de cordero.

**Tabla 2.3**  
**Composición química de minerales de la paleta de cordero**

<b>Componentes</b>	<b>Cantidad</b>
Calcio [mg]	7,50
Hierro [mg]	3,10
Yodo [mg]	2,30
Magnesio [mg]	23,30
Zinc [mg]	6,10
Selenio [μg]	1,00
Sodio [mg]	87,00
Potasio [mg]	395,00
Fósforo [mg]	90,00

**Fuente:** CANAL SALUD, 2014

En la tabla 2.4 se muestra la composición química de vitaminas de la paleta de cordero.

**Tabla 2.4**  
**Composición química de vitaminas de la paleta de cordero**

<b>Componentes</b>	<b>Cantidad</b>
Vit. B1 Tiamina [mg]	0,13
Vit. B2 Riboflavina [mg]	0,20
Eq. niacina [mg]	5,97
Vit. B6 Piridoxina [mg]	0,82
Ac. Fólico [μg]	3,10
Vit. B12 Cianocobalamina [μg]	1,50
Vit. C Ac. ascórbico [mg]	0,00
Retinol [μg]	1,00
Carotenoides (Eq. β carotenos) [μg]	0,00
Vit. A Eq. Retinol [μg]	1,00
Vit. D [μg]	1,00

**Fuente:** CANAL SALUD, 2014

## **2.18.- CARACTERÍSTICAS DE LOS ADITIVOS E INSUMOS**

Las principales características de los aditivos e insumos, se describen a continuación:

### **2.18.1.- AGUA**

Para los procesos de inhibición y solubilización en el blando cárnico, el agua es el elemento indicado. Una suficiente cantidad de agua es el requisito obligado para obtener un buen resultado en el blando cárnico. Para lo cual la adición de agua debe tener un lugar en forma escalonada, pues la incorporación de las moléculas de agua en la proteína (inhibición) es un proceso que se realiza en forma paulatina y continuada (Carvajal, 2001).

### **2.18.2.- SAL COMÚN (CLORURO DE SODIO)**

El uso de la sal común en la elaboración de productos curados crudos se considera como ingrediente mejorador de sabor, ya que la carne y la paleta, carentes de sal, son insípidos pero desde el punto de vista tecnológico coadyuva en las reacciones de maduración y desecación, baja el valor de la actividad de agua y controla la proliferación de microorganismos, ayuda a la formación de la emulsión cárnica (Carvajal, 2001).

La concentración de la sal es importante para aumentar la capacidad de inhibición de la actina y miosina para solubilizar las diferentes proteínas cárnicas. La actina y miosina no son solubles en agua, solamente son solubles en soluciones salinas. Las sales influyen sobre la hidratación, o sea, la imbibición de las proteínas. Con el incremento de la concentración de sal, aumento de la intensidad iónica, se produce el denominado salado de las proteínas. Estas proteínas se embeben por la adición de agua que retiene, formándose un gel (Carvajal, 2001)

### **2.18.3.- AZÚCARES (HIDRATOS DE CARBONO)**

De las distintas clases de azúcar, que químicamente son hidratos de carbono, se utiliza con preferencia en la elaboración de productos curados crudos el azúcar de uva (glucosa), azúcar de la leche (lactosa), azúcar de la caña (sacarosa) azúcar de la malta (maltosa) y la glucosa o jarabe de almidón desecado (Solís, 2005).

El azúcar se adiciona con la finalidad de coadyuvar en el sabor del producto, dar la energía necesaria para la maduración de la masa, regular y controlar el pH final del carne curado (Solís, 2005).

Bastan adiciones del 0,8 a 1% de azúcar para la elaboración de productos curados crudos en debidas condiciones. En casos especiales cuando la carne debe alcanzar un pH muy elevado, puede sobrepasarse en mayor o menor cuantía el porcentaje indicado. La dosificación excesiva de sustancias azucaradas puede provocar un descenso del pH hasta los valores indeseables (Solís, 2005).

Los hidratos de carbono sirven también como donantes de energía para los microorganismos presentes en los blandos de la carne, las cuales desdoblan a dichos azúcares hasta el escalón de ácidos, y así lleva a un rápido e intenso enrojecimiento (Solís, 2005).

### **2.18.4.- NITRATOS Y NITRITOS**

El papel principal de los nitritos es coadyuvar a la inhibición del Clostridium Botulinium (Pulla, 2010).

Los nitratos y nitritos son los encargados de producir los iones nitrito y el óxido nitroso que son los responsables del proceso de curado de la carne. El óxido nitroso es el que reacciona con las proteínas de la carne (mioglobina) originando el color característico de la carne (Pulla, 2010).

Los nitritos y los nitratos se agregan con el propósito de darle mejores condiciones de conservación, ya que el nitrito y el nitrato poseen un efecto inhibitor de los procesos de oxidación de las grasas, y es por ello que en el producto acabado no suele existir enranciamiento. Se puede utilizar en forma pura o como mezcla de ambos o bien como una mezcla de sal común y de nitratos o nitritos (Pulla, 2010).

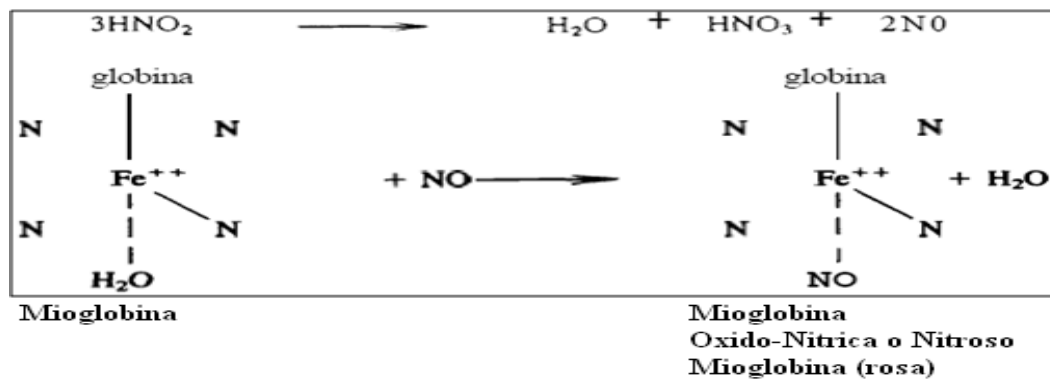
Cuando se quiere utilizar sal curante se recomienda usar la sal curante de nitrito y no así de nitrato (Pulla, 2010).

Las dosificaciones legalmente autorizadas por IBNORCA (Instituto Boliviano de Normas de Calidad) de nitritos o nitratos son del 0,02% referido a la cantidad utilizada de carne más grasa (Pulla, 2010).

En resumen los nitratos y nitritos estabilizan el color, contribuyen a desarrollar el aroma característico de la carne curada, inhibe el crecimiento de ciertas bacterias como el Cl. Botulinum (Pulla, 2010).

Los nitritos requieren un paso menos en la estabilización del color dado a que los nitratos deben primero reducirse a nitritos, por la acción de microorganismos, en la figura 2.5 se muestra la bioquímica de la formación de nitrosomioglobina (Pulla, 2010).

**Figura: 2.5**  
**Bioquímica de la formación de la nitrosomioglobina**



**Fuente:** Pulla, 2010

### **2.18.5.- FOSFATOS**

Los fosfatos poseen efectos específicos sobre la actomiosina; ellos originan su separación en actina y miosina mediante la generación de ATP. Por otra parte los fosfatos aumentan la inhibición de las proteínas miofibrilares por el efecto específico de restituir las propiedades de la carne (Porto, 2003).

El fosfato es el aditivo que mejora la fijación de agua y grasa del embutido. El agregado de los fosfatos no tiene que pasar de 0.15% para evitar los efectos secundarios indeseables del fosfato sobre el color (pálido) y el sabor (sensación en la boca diferente a la habitual) (Porto, 2003).

### **2.18.6.- SORBATO POTÁSICO**

De manera continuada se produce el revestimiento mohoso o pringoso en la superficie de los productos curados crudos durante los primeros días de maduración. El sorbato potásico es un conservador que mantiene la superficie de los productos curados limpia de bacterias y hongos. Como consecuencia de la elevada humedad ambiental y de la superficie húmeda y consiguiente alto valor del índice de  $a_w$  en dicha superficie, puede multiplicarse bien, sobre todo durante los primeros días de maduración, bacterias y hongos indeseables (Porto, 2003).

### **2.18.7.- CARRAGENINA**

La carragenina es un hidrocoloide extraído de algas marinas rojas de las especies Gigartina, Hypnea, Eucheuma, Chondrus y Iridaea. Es utilizada en diversas aplicaciones en la industria alimentaria como espesante, gelificante, agente de suspensión y estabilizante, tanto en sistemas acuosos como en sistemas lácticos. La carragenina es un ingrediente multifuncional y se comporta de manera diferente en agua y en leche. En el agua, se presenta, típicamente, como un hidrocoloide con

propiedades espesantes y gelificantes. En la leche, tiene, además, la propiedad de reaccionar con las proteínas y proveer funciones estabilizantes. La carragenina posee una habilidad exclusiva de formar una amplia variedad de texturas de gel a temperatura ambiente: gel firme o elástico; transparente o turbio; fuerte o débil; termorreversible o estable al calor; alta o baja temperatura de fusión/gelificación. Puede ser utilizado, también, como agente de suspensión, retención de agua, gelificación, emulsificación y estabilización en otras diversas aplicaciones (Porto, 2003).

La solución de carragenina es bastante estable en pH neutros o alcalinos. Pero, los pH bajos afectan su estabilidad, especialmente a altas temperaturas. La disminución del pH causa la hidrólisis del polímero de la carragenina, lo cual resulta en la disminución de la viscosidad y de la fuerza de gelificación. Sin embargo, una vez formado el gel, aun en los pH bajos (3,5 a 4,0) no hay más ocurrencia de hidrólisis y el gel permanece estable. Para las aplicaciones prácticas, es importante estar atento a las limitaciones de la carragenina en medios ácidos (solución y gel). El procesamiento de las soluciones de carragenina con pH bajo a altas temperaturas durante un tiempo prolongado debe ser evitado (Porto, 2003).

#### **2.18.8.- PIMIENTA NEGRA (PIPER NIGRUM)**

Responsable del sabor picante, fragancia. Es el fruto recolectado poco antes de su maduración, previa maceración en agua y descortizado. En la pulpa abunda más la piperina, responsable del sabor picante y el aceite esencial en el grano, por lo que la pimienta blanca es menos picante que la pimienta negra (piperina es un alcaloide de la pimienta) (Rodas, 1996).



### **2.18.9.- LAUREL**

El uso tradicional del laurel es el que se conoce en la gastronomía tradicional. Se emplea esta hierba como aromatizante natural, entera o molida. Algunas de las propiedades medicinales que se le atribuyen al laurel son las de aperitivo, diurético, carminativo, anti-inflamatorio y regulador de menstruaciones en mujeres. El laurel es una hierba muy apreciada por su poder bactericida, beneficioso para aliviar condiciones de bronquitis y de faringitis (Rodas, 1996).

### **2.18.10.- AJO**

El ajo se utiliza en varias preparaciones, normalmente como condimento o complemento, donde se tiende a aprovechar que esté picado, entero o en puré. El puré de ajo tiene sabor más intenso y amargo. El ajo también tiene la función de reducir el colesterol (Rodas, 1996).

### **2.18.11.- SABORIZANTE**

Los potenciadores del sabor son sustancias que, sin modificar el sabor propio del producto, exaltan la percepción olfato-gustativa de este sabor. El mecanismo por el que se produce este fenómeno no está nada claro. Por un lado parece ser que actúan directamente sobre las terminaciones nerviosas haciéndolas especialmente sensibles a los sabores, pero por otro lado se puede comprobar que no tienen efecto alguno sobre los cuatro sabores de base (dulce, salado, ácido y amargo) (Rodas, 1996).

### **3.1.- INTRODUCCIÓN**

El presente trabajo de investigación aplicada “Elaboración de paleta ahumada” se llevó a cabo en el Laboratorio Taller de Alimentos (LTA), dependiente de la Carrera de Ingeniería de Alimentos Facultad de Ciencias y Tecnología.

### **3.2.- REQUERIMIENTO DE EQUIPOS Y MATERIAL DE LABORATORIO**

En la elaboración de la paleta ahumada de cordero, se utilizó diferentes materiales de laboratorio, equipos, materia prima, insumos y reactivos.

#### **3.2.1.- EQUIPOS**

Los equipos que se utilizaron se detallan a continuación.

##### **3.2.1.1.- REFRIGERADOR**

Se utilizó para refrigerar la carne después del acondicionamiento, también en el proceso de curado y maduración hasta llevar proceso de ahumado. Marca Bosch con un volumen de 558 litros, Voltaje de 220V. Frecuencia de 50 Hez. Modelo H860 F con una Potencia de 8W. Industria Brasileira.

##### **3.2.1.2.- BALANZA DIGITAL**

Se utilizó para pesar los diferentes aditivos, marca Mettler Toledo, con una capacidad máxima de 1510 g, digital con una potencia de 5W, Industria Argentina.

#### **3.2.1.4.- BALANZA ANALÍTICA**

Se utilizó durante todo el proceso para pesar diferentes muestras de la paleta de cordero, modelo BB 40-214, capacidad máxima de 12kg, capacidad mínima 200g, potencia de 5W, Industria Argentina.

#### **3.2.1.5.- COCINA**

Se utilizó para llevar a ebullición el agua y saborizante para su posterior preparación de solución curado, Industrial de dos hornallas alimentada a gas natural.

#### **3.2.1.6.- AHUMADOR**

Utilizada para ahumar el producto a diferentes temperaturas, con una Serie 0,5061239, Voltaje 220V, Potencia 13 KW, Fases 3, temperatura máxima de 100 °C, Emisión Barcelona.

#### **3.2.1.7.- ENVASADORA AL VACÍO**

Utilizada para envasar las muestras de la paleta ahumada, modelo 430, Potencia de 0,75 Kw, Frecuencia 50Hz, Voltaje 220V, Serie VP, Industria Española.

### 3.2.2.- MATERIALES DE LABORATORIO

En la tabla 3.1, se muestra los distintos materiales de laboratorio que se utilizaron en el trabajo de investigación aplicada.

**Tabla 3.1**  
**Materiales de laboratorio**

<b>Material</b>	<b>Capacidad</b>	<b>Tipo</b>
Termómetro	150° C	De mercurio
Cuchillos	25 cm	Acero inoxidable tramontina
Probeta	100 ml.	Vidrio
Bandejas	60 por 43cm.	Acero inoxidable
Cuchara	Sopera	Acero inoxidable
Olla	2 Lts	Acero inoxidable
Mesa	Mediana	Acero inoxidable
Ganchos	1 Kg	Acero inoxidable
Envases	15 × 55 cm	Polietileno

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.2.3.- REQUERIMIENTO DE MATERIA PRIMA

Los requerimientos de materia prima utilizados en el presente trabajo, se detallan a continuación:

#### 3.2.3.1.- MATERIA PRIMA

La materia prima utilizada en el presente trabajo fue paleta de cordero adquirida en el Mercado Campesino de la ciudad de Tarija.

### 3.2.4.- INSUMOS ALIMENTARIOS

En la tabla 3.2 se muestra los emulsificantes, conservantes y condimentos que se utilizaron en la elaboración de paleta ahumada.

**Tabla 3.2**  
**Insumos alimentarios utilizados durante la elaboración**

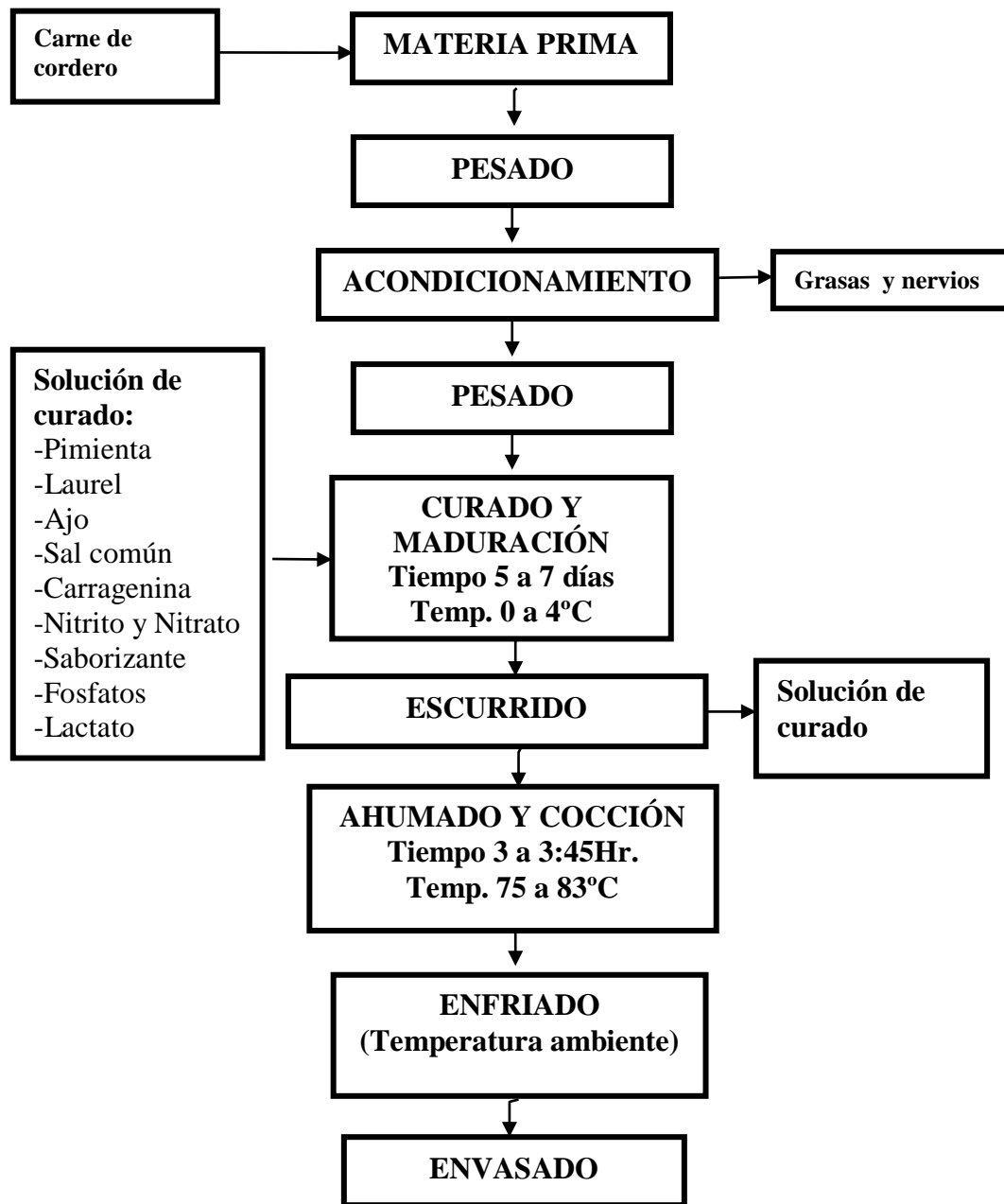
<b>Aditivos</b>	<b>Marcas</b>	<b>Procedencia</b>
Sal común	Gerli	Oruro
Carragenina	Aditec	Cochabamba
Condimento para jamón	Naturex	Cochabamba
Antioxidante	Naturex	Cochabamba
Fosfato	Naturex	Cochabamba
Nitrito	Telchi	Santa Cruz de la Sierra
Saborizante	Aditec	Cochabamba

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.3.- DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE LA PALETA AHUMADA DE CORDERO

En la figura 3.1 se muestra el diagrama del proceso para la elaboración de paleta ahumada de cordero.

**Figura 3.1**  
**Diagrama del proceso para la elaboración de paleta ahumada de cordero**



Fuente: Elaboración propia

### **3.3.1.- DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN**

El proceso de elaboración de la paleta ahumada de cordero son las siguientes:

#### **3.3.1.1.- MATERIA PRIMA**

La materia prima es objeto de un control del peso de la misma y de calidad de la carne de cordero, la cual cumple con todas las normas de calidad para el proceso de elaboración.

Para la elaboración de este producto, la carne de cordero tiene que ser sólo de la parte del brazuelo (paleta) y aquellas partes blandas de carne que tengan la menor cantidad de grasa presente en su estructura.

#### **3.3.1.2.- PESADO**

Una vez que se ha hecho la adquisición de la materia prima que va a ser procesada se procede al pesado de la misma.

#### **3.3.1.3.- ACONDICIONAMIENTO**

El acondicionamiento de la paleta (brazuelo), consiste en separar de ellos todos los restos de grasa que pudieran estar adheridos en la superficie de la carne de la paleta y también todos los nervios.

#### **3.3.1.4.- PESADO**

Se realiza el pesado de toda la paleta que va a ser curada y la que no también, los nervios y grasas, para realizar posteriormente un balance de materia, para saber el rendimiento del proceso.

#### **3.3.1.5.- CURADO Y MADURACIÓN**

En la operación de curado se procede a inyectar a la paleta de cordero una solución de curado, la cual está constituida por: agua, sal, azúcar, laurel y aditivos (glutamato, lactato de sodio, estabilizante, saborizante, nitrito de sodio, sorbato de potasio y carragenina), el proceso de inyectado de la solución se repite varias veces hasta que la carne haya absorbido la mayor parte de la solución, el curado se hace en intervalos de tiempo de 5 a 7 días y manteniéndolo en condiciones de refrigeración.

Una vez curado, se procede a depositar toda la paleta en un recipiente de acero inoxidable tapado con nylon que posteriormente será guardado en un refrigerador para que se produzca el proceso de maduración de la paleta.

#### **3.3.1.6.- ESCURRIDO**

El escurrido se lo realiza con el propósito de que la paleta al momento que sea introducido al ahumador esté lo más seca posible.

#### **3.3.1.7.- AHUMADO Y COCCIÓN**

El proceso de ahumado se lo realiza con el propósito de darle al producto una mejor característica organoléptica (sabor, aspecto) y mayor tiempo de conservación. El ahumado de la paleta de cordero, consiste en colocar la paleta curada en los ganchos



de acero inoxidable y llevarlos al ahumador eléctrico; donde fueron colgados de manera vertical en las varillas dispuestas en el equipo. Posteriormente, se cierran las puertas de manera hermética y se procede al proceso de ahumado; introduciendo humo de madera de pino por un tiempo de 25 minutos a temperatura máxima de 100°C. Este humo, es generado por la incompleta combustión de viruta de la madera y llegando a un temperatura en el interior del equipo de 85°C, conjuntamente con el paleta de cordero cargado en el ahumador.

Este proceso, consiste en controlar que las paletas de cordero en el ahumador tengan al interior de la paleta de cordero 70 a 85°C, para un tiempo entre (3:00-3:45) horas que dura el proceso. Logrando que el humo, se deposite en la superficie del producto para lograr la acción conservante que garantice el sabor, color y textura característica del producto.

#### **3.3.1.8.- ENFRIAMIENTO**

Una vez que la paleta alcance la temperatura interna de 75 a 83°C se procede a quitar la paleta con unas pinzas y posteriormente enfriar hasta temperatura ambiente.

#### **3.3.1.9.- ENVASADO**

El envasado de la paleta se realizará en envases de polietileno, con un peso promedio por paleta de 860g a 1650g para después ser sellados en la selladora al vacío y así darle al producto una mayor vida útil durante su almacenamiento.

#### **3.3.1.10.- ALMACENAMIENTO**

El almacenamiento de la paleta ahumada se lo realizará en una cámara, donde será almacenado a temperatura de refrigeración.

### 3.4.- METODOLOGÍA DE OBTENCIÓN DE LOS RESULTADOS

Para la metodología de obtención de resultados del presente trabajo de investigación, se tomó en cuenta los aspectos: propiedades fisicoquímicas de la paleta de cordero, propiedades fisicoquímicas de la paleta ahumada de cordero, propiedades microbiológicas de la paleta ahumada de cordero, propiedades organolépticas de la paleta ahumado de cordero y el diseño factorial para el proceso de elaboración de la paleta ahumada de cordero.

#### 3.4.1.- PROPIEDADES FISICOQUÍMICOS DE LA MATERIA PRIMA (PALETA DE CORDERO)

En la tabla 3.3, se muestran los análisis fisicoquímicos de la materia prima (paleta de cordero); se realizó en el laboratorio CEANID perteneciente a la Universidad Juan Misael Saracho.

**Tabla 3.3**  
**Análisis fisicoquímico de la materia prima (paleta de cordero)**

Parámetros	Unidad de medida
Proteína total	%
Carbohidratos	%
Humedad	%
Cenizas	%
Fibra	%
Grasa	%
Valor energético	Kcal/100g

**Fuente:** CEANID, 2015

#### 3.4.2.- PROPIEDADES FISICOQUÍMICOS DEL PRODUCTO TERMINADO DE LA PALETA AHUMADA DE CORDERO

En la tabla 3.4, se muestran los análisis fisicoquímicos del producto terminado de la paleta ahumada de cordero; realizado en el Laboratorio de Aguas, Suelos, Alimentos y Análisis Ambiental (RIMH).

**Tabla 3.4**  
**Análisis fisicoquímico del producto terminado de la paleta ahumada de cordero**

Parámetros	Unidad de medida
Humedad	%
Sólidos volátiles	%
Materia seca	%
Cenizas (base seca)	%
Proteína total	%
Materia grasa	%
Fibra	%
Carbohidratos	%
Energético	Kcal/100 g

Fuente: RIMH, 2014

### 3.4.3.- PROPIEDADES MICROBIOLÓGICAS DEL PRODUCTO TERMINADO DE LA PALETA AHUMADA DE CORDERO

En la tabla 3.5, se muestra los parámetros microbiológicos del producto terminado; los cuales fueron realizados en el Laboratorio de Aguas, Suelos, Alimentos y Análisis Ambiental (RIMH).

**Tabla 3.5**  
**Propiedades microbiológicas del producto terminado de la paleta ahumada de cordero**

Parámetros	Unidades
Bacterias aerobias mesofilas	UFC/g
Coliformes fecales	NMP/g
Coliformes totales	NMP/g
Escherichia coli	NMP/g
Mohos	UFC/g
Salmonella	NMP/g

Fuente: RIMH, 2014

#### **3.4.4.- PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS DE LOS ALIMENTOS**

La evaluación sensorial de los alimentos, se constituye en la actualidad como una de las más importantes herramientas para el logro del desenvolvimiento de actividades de la industria alimentaria. Así pues, por su aplicación en el control de calidad y de procesos, en el diseño y desarrollo de nuevos productos y en la estrategia de lanzamientos de los mismos al mercado, la hace, sin duda alguna, el copartícipe del desarrollo y avance mundial de la alimentación (Ureña, 1999).

El análisis sensorial puede ser definido como el método experimental mediante el cual los jueces perciben y califican, caracterizando las propiedades sensoriales de muestras adecuadamente presentadas, bajo condiciones preestablecidas y bajo un patrón de evolución acorde al posterior análisis estadístico (Ureña, 1999).

#### **3.5.- EVALUACIÓN SENSORIAL PARA DETERMINAR EL PROCESO DE LA PALETA AHUMADA DE CORDERO**

En la etapa del proceso de la paleta ahumada de cordero, se elaboraron ocho muestras para determinar cuál será el proceso de elaboración más adecuado de la paleta ahumada. Para tal efecto, se utilizaron dieciséis jueces no entrenados a través de un test (ver Anexo C.1) de escala hedónica para evaluar el atributo de color, aroma, sabor y textura.

##### **3.5.1.- EVALUACIÓN SENSORIAL DEL PRODUCTO TERMINADO**

Para realizar la evaluación sensorial del producto terminado (paleta ahumada de cordero) se elaboró una muestra de paleta ahumada. Para tal efecto, se utilizaron dieciséis jueces no entrenados a través de un test (ver Anexo C.2) de escala hedónica para evaluar el atributo de color, aroma, sabor, textura y aceptabilidad.

### 3.6.- DISEÑO FACTORIAL

El diseño experimental, es la planificación racional sistemática y metodológica de las experiencias a realizar de manera que se pueda obtener de los resultados, el máximo de información con el número mínimo de experimentos (Montgomery, 1991).

El diseño factorial aplicada al proceso, nos permite manejar las variables en el tiempo; además de minimizar los costos durante el elaboración (Montgomery, 1991).

Para realizar el siguiente trabajo de investigación aplicada, se utilizó un diseño factorial:

$$2^k \qquad \text{Ecuación (3.1)}$$

Donde:

2 = Número de niveles

K = Número de variables

Código de niveles:

- Nivel alto (+)
- Nivel bajo (-)

#### 3.6.1.- DISEÑO FACTORIAL PARA EL PROCESO DE PALETA AHUMADA

En el proceso de elaboración de la paleta ahumada de cordero, se utilizó un diseño factorial; según la ecuación (3.1) con los siguientes factores y niveles de variación:

2 niveles de tiempo de curado y madurado (**CM**)

2 niveles de tiempo de ahumado (**tA**)

2 niveles de temperatura de ahumado (**TA**)

Para tal efecto, se tiene que la ecuación (3.2) desarrollada del diseño factorial en el proceso de elaboración de paleta ahumado.

$$2^3 = 2 \times 2 \times 2 = 8 = \text{Tratamientos o ensayos} \quad \text{Ecuación (3.2)}$$

En la tabla 3.6, se muestran los niveles de variación de los factores del proceso de elaboración de paleta ahumado a nivel experimental.

**Tabla: 3.6**  
**Niveles de las variables de los factores del proceso de la paleta ahumada de cordero**

Factores	Nivel inferior	Nivel superior
CM	5 días	7 días
tA	3:00 horas	3:45 horas
TA	75 °C	83 °C

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla 3.7, se muestra el diseño factorial para el proceso de elaboración de la paleta ahumada de cordero.

**Tabla: 3.7**  
**Diseño factorial para el proceso de la paleta ahumada de cordero**

Corridas	Combinaciones tratamientos	Factores			Interacción de los efectos				Y <sub>i</sub>
		CM	tA	TA	CM*tA	CM*TA	tA*TA	CM*tA*TA	
1	(1)	-1	-1	-1	+1	+1	+1	-1	y <sub>1</sub>
2	CM	+1	-1	-1	-1	-1	+1	+1	y <sub>2</sub>
3	tA	-1	+1	-1	-1	+1	-1	+1	y <sub>3</sub>
4	CM*tA	+1	+1	-1	+1	-1	-1	+1	y <sub>4</sub>
5	TA	-1	-1	+1	+1	-1	-1	-1	y <sub>5</sub>
6	CM*TA	+1	-1	+1	-1	+1	-1	-1	y <sub>6</sub>
7	tA*TA	-1	+1	+1	-1	-1	+1	-1	y <sub>7</sub>
8	CM*tA*TA	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	y <sub>8</sub>

**Fuente:** Elaboración propia

Donde: Y<sub>i</sub> contenido de humedad en porcentaje (%).

#### **4.1.- PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE LA MATERIA PRIMA (PALETA DE CORDERO)**

Los análisis de las propiedades fisicoquímicas de la materia prima, se realizó en el laboratorio CEANID perteneciente a la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

En la tabla 4.1, se muestran los resultados de los análisis fisicoquímicos de la materia prima (paleta de cordero), realizado en el CEANID que son detallados en el (Anexo E).

**Tabla 4.1**  
**Composición fisicoquímica de la materia prima (paleta de cordero)**

<b>Parámetros</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valores</b>
Ceniza	%	0,65
Fibra	%	0,00
Hidratos de carbono	%	2,69
Materia grasa	%	21,74
Humedad	%	71,80
Proteína total (N+6.25)	%	22,83
Valor energético	Kcal/100g	438,25

**Fuente:** CEANID, 2015

Como se puede observar en la tabla 4.1, los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico de la paleta de cordero, presenta un contenido de ceniza del 0,65%, fibra 0,00%, hidratos de carbono 2,69%, materia grasa 21,74%, humedad 71,80%, proteína total 22,83% y valor energético de 438,25 kcal/100g.

#### **4.2.- CARACTERIZACIÓN DE LAS VARIABLES DEL PROCESO DE AHUMADO PARA LA PALETA DE CORDERO**

Para caracterizar las variables de paleta ahumada de cordero, se procedió a tomar en cuenta la metodología, seguida por (Dúas Rodas, 1996); ya que no existe en el mercado local este tipo de producto disponible como muestra patrón. Para tal efecto,

se tomó en cuenta la elaboración de ocho muestras del proceso de elaboración de paleta ahumada hasta producto terminado.

En la tabla 4.2 se muestra la descripción de variables para el proceso de ahumado de la paleta de cordero, que se detallan a continuación:

**Tabla 4.2**  
**Discreción de variables del proceso de ahumado para la paleta de cordero**

Muestras	VARIABLES		
	Tiempo curado y madurado (días)	Tiempo ahumado (horas)	Temperatura ahumado (°C)
M1	5	3:30	75
M2	7	3:30	75
M3	5	3:45	75
M4	7	3:45	75
M5	5	3:30	83
M6	7	3:30	83
M7	5	3:45	83
M8	7	3:45	83

**Fuente:** Elaboración propia

En tal sentido, se realizó un análisis sensorial de las muestras elaboradas de la paleta ahumada de cordero, con la finalidad de identificar diferencias entre los productos elaborados a través de dieciséis jueces no entrenados para los atributos de color, aroma, sabor y textura.

#### **4.2.1.- EVALUACIÓN SENSORIAL PARA DETERMINAR EL PROCESO DE LA PALETA AHUMADA DE CORDERO**

En la tabla 4.3, se muestran los promedios obtenidos en la evaluación sensorial para los atributos de color, aroma, sabor y textura. En base a dieciséis jueces no entrenados, con datos extraídos del (Anexo A.2) para los atributos de color, aroma, sabor y textura para el proceso de la paleta ahumado de cordero.



**Tabla 4.3**  
**Resultados promedio de la evaluación sensorial del proceso de la paleta ahumada de cordero**

Muestras	Atributos sensoriales (escala hedónica)			
	Color	Aroma	Sabor	Textura
M1	7,31	6,12	7,18	6,56
M2	6,62	6,36	7,00	6,68
M3	6,68	6,87	6,93	6,43
M4	6,93	6,56	7,56	7,06
M5	7,31	6,75	7,68	7,50
M6	6,62	6,50	7,12	7,00
M7	7,06	6,87	7,12	6,75
M8	7,50	7,18	7,56	6,87
<b>Promedio</b>	6,88	6,65	7,26	6,87

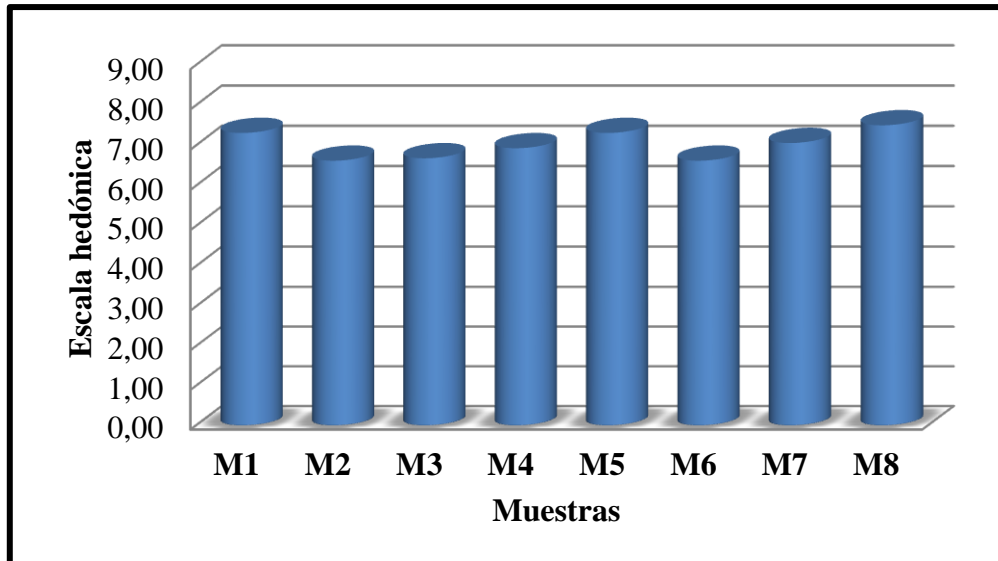
**Fuente:** Elaboración propia

En base a los resultados obtenidos de la tabla 4.3, se procedió a interpretar en forma gráfica y analítica de los diferentes atributos sensoriales analizados.

#### **4.2.2.- EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO COLOR EN EL PROCESO DE LA PALETA AHUMADA DE CORDERO**

En la figura 4.1, se muestran los resultados promedio de la evaluación sensorial del atributo color en el proceso de elaboración de paleta ahumada de cordero con datos extraídos de la tabla 4.3.

**Figura 4.1**  
**Valores promedio del atributo color en el proceso de la paleta ahumada de cordero**



**Fuente:** Elaboración propia

En la figura 4.1, se puede observar que las muestras de mayor aceptación por los jueces son M1=7,31; M5=7,31; M8=7,50; M7=7,06 en escala hedónica; en comparación a las muestras M4=6,93; M3=6,68; M2 y M6=6,62, que son menores.

#### **4.2.2.1.- ANÁLISIS DE VARIANZA DEL ATRIBUTO COLOR PARA EL PROCESO DE LA PALETA AHUMADA DE CORDERO**

En la tabla 4.4, se observa el análisis de varianza del atributo color para el proceso de la paleta ahumada de cordero; extraído del (Anexo: A.3).

**Tabla 4.4**  
**Análisis de varianza del atributo color del proceso de la paleta ahumada de cordero**

<b>Fuente de variación (FV)</b>	<b>SC</b>	<b>GL</b>	<b>CM</b>	<b>F<sub>CAL</sub></b>	<b>F<sub>TAB</sub></b>
<b>Entre tratamiento</b>	17,61	7	2,51	1,96	2,110
<b>Entre jueces</b>	37,17	15	2,47	1,92	1,773
<b>Error</b>	134,46	105	1,28		
<b>Total</b>	189,24	127			

**Fuente:** Elaboración propia

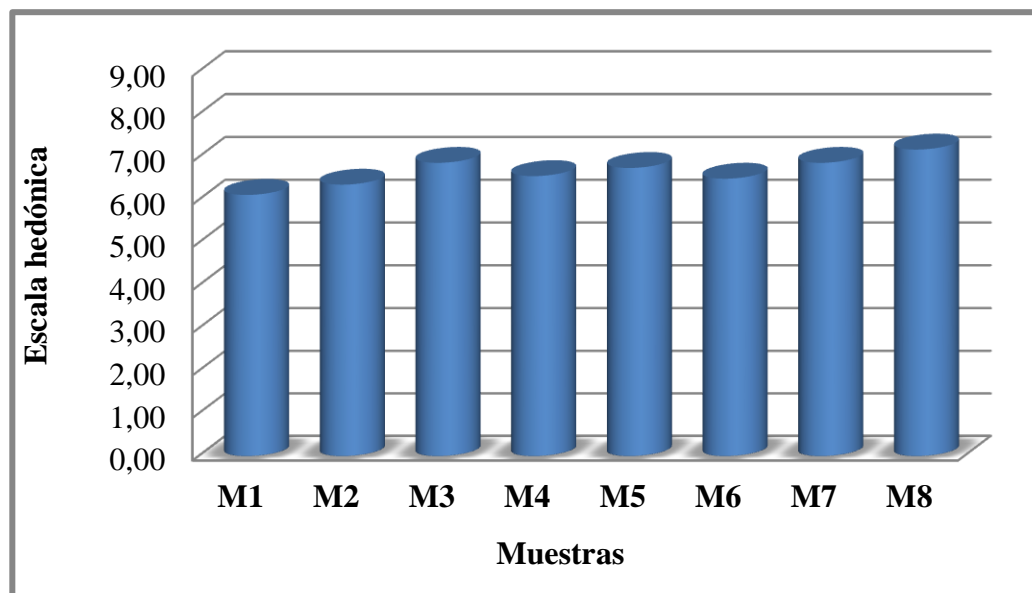
Como se observa en la tabla 4.4,  $F_{cal} < F_{tab}$  ( $1,96 < 2,110$ ) para los tratamientos se acepta la hipótesis planteada. Por lo que se demuestra que no existen diferencias significativas entre muestras del atributo color para un nivel de significancia  $p < 0,05$ .

Pero tomando en cuenta los resultados del análisis sensorial, realizado por los jueces tienen preferencia por la muestra M<sub>8</sub> (7 días de curado y madurado, 3:45 horas de ahumado a 83°C de temperatura), con mayor aceptación en escala hedónica para el atributo color, como la mejor opción.

#### 4.2.3.- EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO AROMA EN EL PROCESO DE LA PALETA AHUMADA DE CORDERO

En la figura 4.2, se muestran los resultados promedio de la evaluación sensorial del atributo aroma en el proceso de elaboración de la paleta ahumada de cordero con datos extraídos de la tabla 4.3.

**Figura 4.2**  
Valores promedio del atributo aroma en el proceso de la paleta ahumada de cordero



**Fuente:** Elaboración propia

En la figura 4.2, se puede observar que las muestras de mayor aceptación por los jueces son M8=7,18; en escala hedónica; en comparación a las muestras M1= 6,12; M2= 6,36; M3= 6,87; M4= 6,56; M5=6,75; M6=6,50 y M7= 6,87, que son menores.

#### 4.2.3.1.- ANÁLISIS DE VARIANZA DEL ATRIBUTO AROMA PARA EL PROCESO DE LA PALETA AHUMADA DE CORDERO

En la tabla 4.5, se observa el análisis de varianza del atributo aroma para el proceso de la paleta ahumada de cordero; extraído del (Anexo: A.4).

**Tabla 4.5**  
**Análisis de varianza del atributo aroma para determinar el proceso de la paleta ahumada de cordero**

Fuente de Variación (FV)	SC	GL	CM	F <sub>CAL</sub>	F <sub>TAB</sub>
Entre tratamiento	12,49	7	1,78	1,89	2,110
Entre jueces	75,63	15	5,04	5,361	1,773
Error	98,75	105	0,94		
Total	186,87	127			

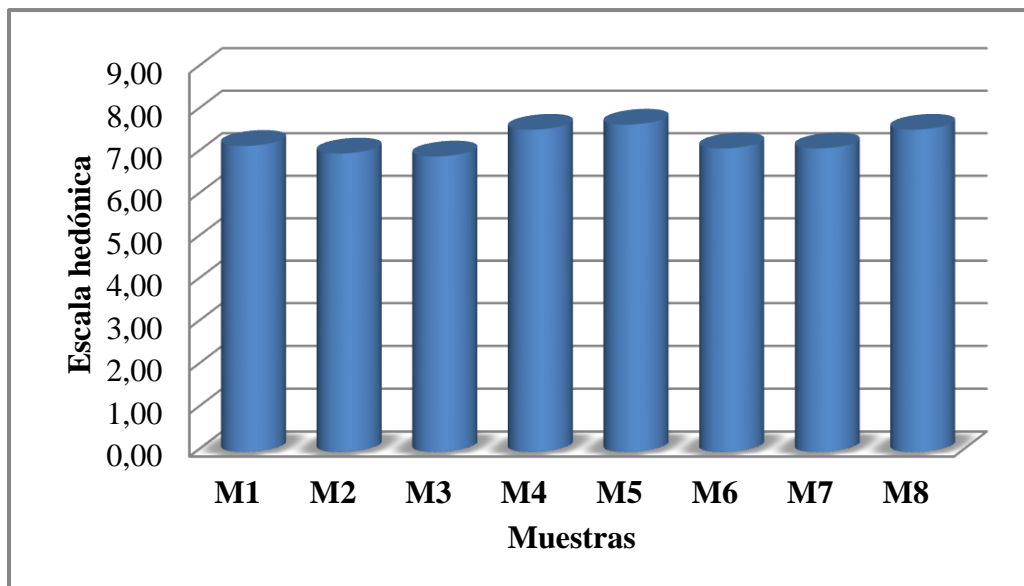
**Fuente:** Elaboración propia

Como se observa en la tabla 4.5,  $F_{cal} < F_{tab}$  ( $1,89 < 2,110$ ) para los tratamientos se acepta la hipótesis planteada. Por lo que se demuestra que no existen diferencias significativas entre muestras del atributo aroma para un nivel de significancia  $p < 0,05$ . Pero tomando en cuenta los resultados del análisis sensorial, realizado por los jueces tienen preferencia por la muestra M<sub>8</sub> (7 días de curado y madurado, 3,45 horas de ahumado a 83°C de temperatura), con mayor aceptación en escala hedónica para el atributo aroma, como la mejor opción.

#### 4.2.4.- EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO SABOR EN EL PROCESO DE LA PALETA AHUMADA DE CORDERO

En la figura 4.3, se muestran los resultados promedio de la evaluación sensorial del atributo sabor en el proceso de elaboración de la paleta ahumada de cordero con datos extraídos de la tabla 4.3

**Figura 4.3**  
**Valores promedio del atributo sabor en el proceso de la paleta ahumada de cordero**



**Fuente:** Elaboración propia

En la figura 4.3, se puede observar que las muestras de mayor aceptación por los jueces son M5 = 7,68; M4 y M8 = 7,56; M1 = 7,18; M6 y M7 = 7,12; M2=7,00 en escala hedónica; en comparación a las muestras M3 = 6,93; que son menores

#### **4.2.4.1.- ANÁLISIS DE VARIANZA DEL ATRIBUTO SABOR PARA EL PROCESO DE LA PALETA AHUMADA DE CORDERO**

En la tabla 4.6, se observa el análisis de varianza del atributo sabor para el proceso de paleta ahumada; extraído del (Anexo: A.5).

**Tabla 4.6**  
**Análisis de varianza del atributo sabor para determinar el proceso de la paleta ahumada**

Fuente de Variación (FV)	SC	GL	CM	F <sub>CAL</sub>	F <sub>TAB</sub>
Entre muestras	9,22	7	1,31	1,488	2,110
Entre jueces	36,805	15	2,45	2,784	1,773
Error	93,4	105	0,88		
Total	139,42	127			

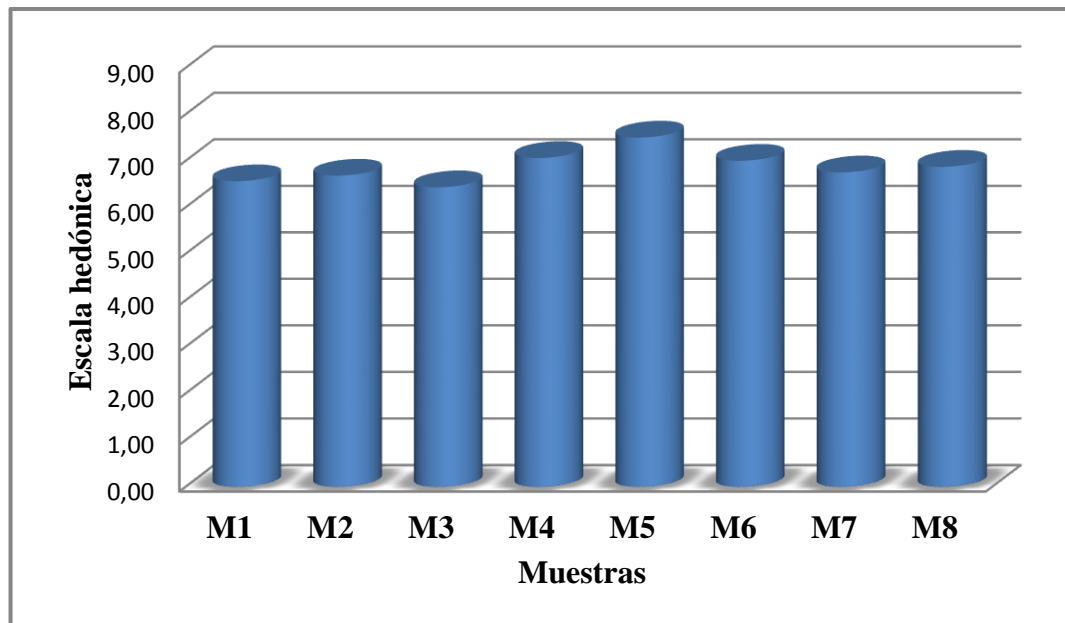
**Fuente:** Elaboración propia

Como se observa en la tabla 4.6,  $F_{cal} < F_{tab}$  ( $1,488 < 2,110$ ) para los tratamientos se acepta la hipótesis planteada. Por lo que demuestra que no existen diferencias significativas entre muestras del atributo sabor para un nivel de significancia  $p < 0,05$ . Pero tomando en cuenta los resultados del análisis sensorial, realizado por los jueces tienen preferencia por la muestra M<sub>5</sub> (5 días de curado y madurado, 3:30 horas de ahumado a 83°C de temperatura) con mayor aceptación en escala hedónica para el atributo sabor, como la mejor opción.

#### 4.2.5.- EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO TEXTURA EN EL PROCESO DE LA PALETA AHUMADA DE CORDERO

En la figura 4.4, se muestran los resultados promedio de la evaluación sensorial del atributo textura en el proceso de elaboración de la paleta ahumada de cordero con datos extraídos de la tabla 4.3.

**Figura 4.4**  
**Valores promedio del atributo textura en el proceso de la paleta ahumada de cordero**



**Fuente:** Elaboración propia

En la figura 4.4, se puede observar que las muestras de mayor aceptación por los jueces son  $M5 = 7,50$ ;  $M4 = 7,06$ ;  $M6 = 7,00$  en escala hedónica; en comparación a las muestras  $M8 = 6,87$ ;  $M7 = 6,75$ ;  $M2 = 6,68$ ;  $M1 = 6,56$  y  $M3 = 6,43$ , que son menores.

#### 4.2.5.1.- ANÁLISIS DE VARIANZA DEL ATRIBUTO TEXTURA PARA EL PROCESO DE LA PALETA AHUMADA DE CORDERO

En la tabla 4.7, se observa el análisis de varianza del atributo textura para el proceso de la paleta ahumada de cordero; extraído del (Anexo: A.6).

**Tabla 4.7**  
**Análisis de varianza del atributo textura para determinar el proceso de ahumado**

Fuente de Variación (FV)	SC	GL	CM	F <sub>CAL</sub>	F <sub>TAB</sub>
Entre muestras	12,47	7	1,78	1,44	2,110
Entre jueces	59,72	15	0,47	0,382	1,773
Error	129,2	105	1,23		
Total	201,46	127			

**Fuente:** Elaboración propia

Como se observa en la tabla 4.7,  $F_{cal} < F_{tab}$  ( $1,44 < 2,110$ ) para los tratamientos se acepta la hipótesis planteada. Por lo que se demuestra que no existen diferencias significativas entre muestras del atributo textura para un nivel de significancia  $p < 0,05$ . Pero tomando en cuenta los resultados del análisis sensorial, realizado por los jueces tienen preferencia por la muestra  $M_5$  (5 días de curado y maduración, 3,30 horas de ahumado a  $83^{\circ}\text{C}$  de temperatura) con mayor aceptación en escala hedónica para el atributo textura, como la mejor opción.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la evaluación sensorial, la muestra  $M8$  obtuvo mayor puntuación por los jueces en los atributos de color (7,50), aroma (7,18), por lo tanto el mejor ahumado consistió en 7 días de curado y madurado, 3:45 horas ahumado y temperatura  $83^{\circ}\text{C}$ , la muestra  $M5$  obtuvo mayor puntuación por los

jueces en los atributos de sabor (7,68) y textura (7,50). Por lo tanto, el mejor proceso de ahumado consistió en 5 días de curado y madurado, 3:30 horas de ahumado y temperatura de ahumado de 83 °C

#### 4.3.- DETERMINACIÓN DE LAS VARIABLES DEL PROCESO DE AHUMADO PARA LA PALETA DE CORDERO

Para determinar la humedad del producto en el proceso de elaboración de paleta ahumada de cordero, se realizó tomando en cuenta el diseño factorial (tabla 3.7) con los niveles de variación (tabla 3.6); donde la variable respuesta fue el contenido de humedad y los resultados se muestran en la tabla 4.8.

**Tabla 4.8**  
**Diseño factorial en función del contenido de humedad**

Corridas	Combinación de Tratamientos	Factores			Réplica I	Réplica II	Respuestas
		CM	tA	TA			Yi
1	1	-1	-1	-1	54,65	71,34	125,99
2	CM	+1	-1	-1	52,78	69,74	122,52
3	tA	-1	+1	-1	57,32	67,50	124,82
4	CM*tA	+1	+1	-1	61,31	73,53	134,84
5	TA	-1	-1	+1	43,81	51,65	95,46
6	CM*TA	+1	-1	+1	48,32	45,75	94,07
7	tA*TA	-1	+1	+1	51,32	42,32	93,64
8	CM*tA*TA	+1	+1	+1	41,56	52,31	93,87
<b>Total</b>							<b>885,21</b>

**Fuente:** Elaboración propia

En base a los resultados de la tabla 4.8, se procedió a realizar el análisis de varianza de los valores del contenido de humedad (tabla 4.8) para un diseño experimental de  $2^3$ ; extraídos de la tabla B.2.3 y (Anexo B.1).



**Tabla 4.9**  
**Análisis de varianza para las variables del proceso de la paleta ahumada de cordero**

<b>Fuente de Variación</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Grados Libertad</b>	<b>Cuadrados Medios</b>	<b>Fcal</b>	<b>Ftab</b>
Total	758,545	15			
Factor CM	1,815	1	1,815	0,026	5,32
Factor tA	5,209	1	5,209	0,076	5,32
Interacción CM.tA	14,269	1	14,269	0,210	5,32
Factor TA	1074,69	1	1074,69	15,865	5,32
Interacción CM.TA	3,715	1	3,715	0,054	5,32
Interacción tA.TA	10,84	1	10,84	0,160	5,32
Interacción CM.tA.TA	8,806	1	8,806	0,130	5,32
Error experimental	541,9	8	67,737		

**Fuente:** Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 4.9,  $F_{cal} < F_{tab}$  ( $0,026 < 5,32$ ) para el factor (tiempo de curado y madurado); por lo cual se acepta la hipótesis y no existe diferencia significativa de este factor en el proceso de la paleta ahumada para ( $p < 0,05$ ).

Como se puede observar en la tabla 4.9,  $F_{cal} > F_{tab}$ , para los factores TA (temperatura de ahumado); por lo cual se rechaza la hipótesis evidenciando que existe diferencia significativa entre los factores analizados para  $p < 0,05$ .

En la interacción de los factores tA (tiempo de ahumado), en la interacción de los factores CM\*tA (tiempo de curado y madurado - tiempo de ahumado), en la interacción de los factores CM\*TA (tiempo de curado y madurado -temperatura de ahumado); interacción tA\*TA (tiempo de ahumado-temperatura de ahumado) e interacción CM\*tA\*TA (tiempo de curado y madurado - tiempo de ahumado-temperatura de curado y madurado); por lo cual se acepta la hipótesis; ya que ( $F_{cal} < F_{tab}$ ) y no existe diferencia significativa para ( $p < 0,05$ ).

En tal sentido, se puede decir que los factores tiempo de ahumado y temperatura de ahumado son importantes en el proceso de elaboración de la paleta ahumada de cordero y no así el factor tiempo de curado y maduración; en relación al contenido de humedad.

#### **4.4.- CARACTERIZACIÓN DEL PRODUCTO TERMINADO**

Para caracterizar el producto terminado, se tomó en cuenta los siguientes aspectos: análisis físico, análisis químico, análisis microbiológico y análisis sensorial.

##### **4.4.1.- ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DEL PRODUCTO TERMINADO**

En la tabla 4.10, se muestran los resultados del análisis fisicoquímico del producto terminado; realizado en el Laboratorio de aguas, suelos, alimentos y análisis ambiental (RIMH).

**Tabla 4.10**  
**Composición fisicoquímico del producto terminado**

<b>Parámetros</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valores</b>
Humedad	%	74,56
Sólidos volátiles	%	78,90
Materia seca	%	25,44
Ceniza (base seca)	%	21,10
Proteína total	%	38,91
Materia grasa	%	39,98
Fibra	%	0,00
Carbohidratos	%	0,00
Valor energético	Kcal/100g	515,42

**Fuente:** RIMH, 2014

Como se puede observar en la tabla 4.10, los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico del producto terminado, se tiene un contenido de humedad 74,56%, sólidos volátiles 78,90 %, materia seca 25,44%, ceniza 21,10%, proteína 38,91%,

materia grasa 39,98%, fibra 0,0%, carbohidratos 0,0% y valor energético 515,42 Kcal/100g.

#### **4.4.2.- ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL PRODUCTO TERMINADO**

La tabla 4.11, muestra los resultados de los análisis microbiológicos del producto terminado realizados en el laboratorio de aguas, suelos, alimentos y análisis ambiental (RIMH).

**Tabla 4.11**  
**Resultado del análisis microbiológico del producto terminado**

<b>Tipo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valores</b>
Coliformes fecales	NMP/g	0,00,E+00
Coliformes totales	NMP/g	0,00,E+00
Salmonella	NMP/g	0,00,E+00
Escherichia coli	NMP/g	0,00,E+00
Mohos	UFC/g	0,00,E+00

**Fuente:** RIMH, 2014

Como se puede observar en la tabla 4.11, los resultados obtenidos del análisis microbiológico del producto terminado presentan: coliformes fecales (0 NMP/g), coliformes totales (0 NMP/g), ausencia de salmonella (0 NMP/g), escherichia coli (0NMP/g) y Mohos (0 UFC/g) lo que demuestra que es un producto seguro para ser consumido.

#### **4.4.3.- EVALUACIÓN SENSORIAL DEL PRODUCTO TERMINADO**

En la tabla 4.12, se muestra la evaluación sensorial del producto terminado que se realizó con un panel de degustación compuesto de doce jueces no entrenados, los cuales calificaron los atributos: color, aroma, sabor, textura y aceptabilidad de los resultados obtenidos del (Anexo A.7).

**Tabla 4.12**  
**Evaluación sensorial promedio de los atributos para el producto terminado**

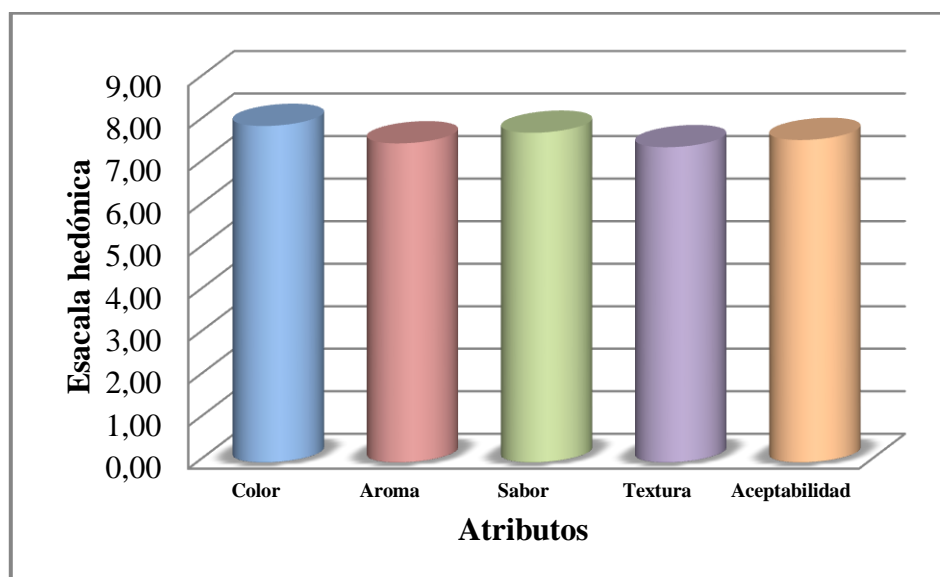
Producto terminado	Atributos sensoriales				
	Color	Aroma	Sabor	Textura	Aceptabilidad
PT	7,91	7,50	7,75	7,41	7,58

Fuente: Elaboración propia

En base a los resultados obtenidos de la tabla 4.12, se procedió a interpretar en forma gráfica y analítica los diferentes atributos sensoriales del producto terminado.

En la figura 4.5, se muestran los resultados promedio de la evaluación sensorial de los atributos del producto terminado con los datos extraídos de la tabla 4.12.

**Figura 4.5**  
**Valores promedio de los atributos sensoriales del producto terminado**



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.5, se puede observar que los atributos con mayor aceptación por los jueces fueron color (7,91) y sabor (7,75) en escala hedónica; en comparación con aceptabilidad (7,58), aroma (7,50), y textura (7,41), que son menores. Por lo que el producto presenta una importante aceptación organoléptica.

#### 4.4.3.1.- ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS ATRIBUTOS PARA EL PRODUCTO TERMINADO

En la tabla 4.13, se observa el análisis de varianza de los atributos para el producto terminado de la paleta ahumada de cordero; extraído del (Anexo: A.7).

**Tabla 4.13**  
**Análisis de varianza de los atributos del producto terminado**

Fuente de Variación (FV)	SC	GL	CM	F <sub>CAL</sub>	F <sub>TAB</sub>
Entre muestras	1,93	4	0,482	1,662	2,055
Entre jueces	9,13	11	0,83	2,862	2,055
Error	12,87	44	0,290		
Total	23,93	59			

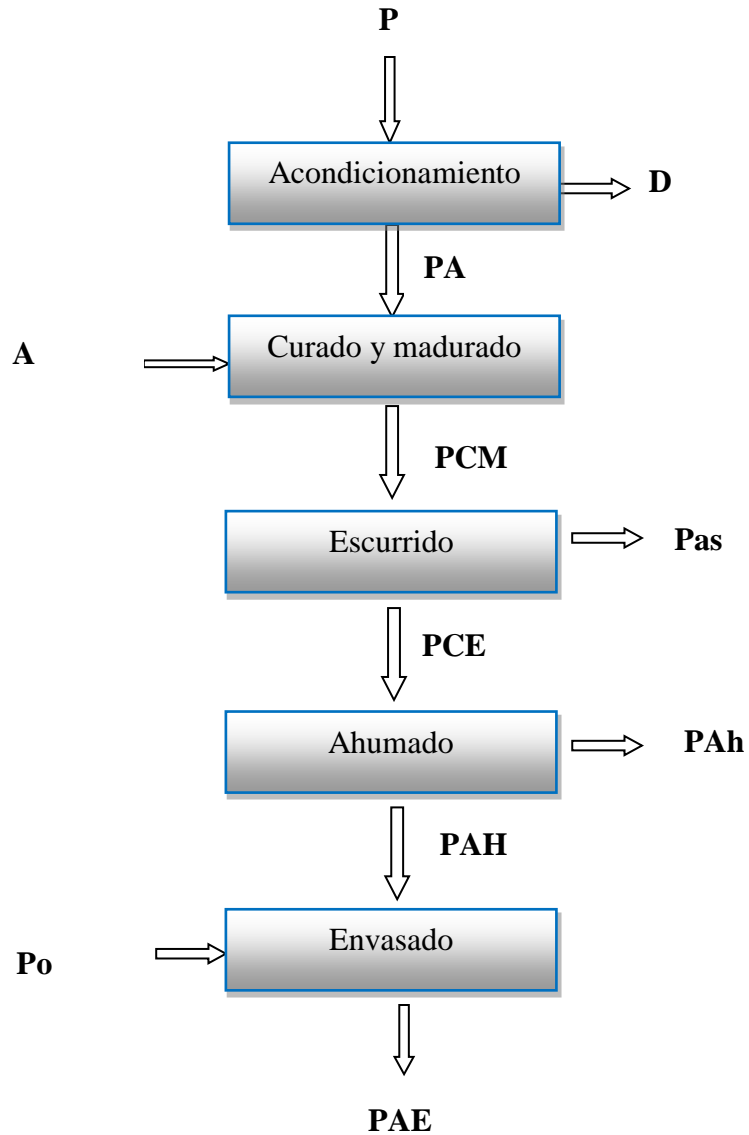
**Fuente:** Elaboración propia

Como se observa en la tabla 4.13,  $F_{cal} < F_{tab}$  ( $1,662 < 2,055$ ) para los atributos se acepta la hipótesis planteada. Por lo que se demuestra que no existen diferencias significativas entre los atributos de color, aroma, sabor, textura y aceptabilidad para un nivel de significancia de  $p < 0,05$ .

#### 4.5.- BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE PALETA AHUMADA DE CORDERO

En la figura 4.6, se muestra el diagrama de bloques general del balance de materia para el proceso de elaboración de paleta ahumada de cordero.

**Figura 4.6**  
**Diagrama de bloques general del balance de materia para el proceso de elaboración de paleta ahumada de cordero**



**Fuente:** Elaboración propia

**Donde:**

- $P$  = Cantidad de paleta de cordero (g)
- $D$  = Cantidad de despojos (g)
- $PA$  = Cantidad de paleta acondicionada (g)

- **A** = Cantidad aditivos (g)
- **PCM** = Cantidad de paleta curada y madurada (g)
- **Pas** = Cantidad de pérdida de agua durante el secado (g)
- **PCE** = Cantidad de paleta curado y escurrido (g)
- **PAh** = Cantidad de pérdida de agua durante el ahumado (g)
- **PAH** = Cantidad de paleta ahumado (g)
- **Po** = Cantidad de polietileno (envase) (g)
- **PAE** = Cantidad de paleta ahumado envasado (g)

**Datos obtenidos durante la práctica:**

$$P = 1650g$$

$$D = ?$$

$$PA = 1120g$$

$$A = 64,029g$$

$$PCM = ?$$

$$Pas = ?$$

$$PCE = 1173,65g$$

$$PAh = ¿$$

$$PAH = 1022,41g$$

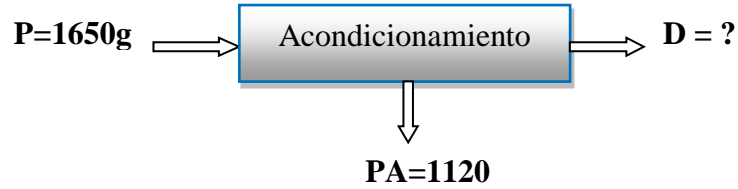
$$Po = 6,2 g$$

$$PAE = ¿$$

**4.5.1.-BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE ACONDICIONAMIENTO DE LA PALETA DE CORDERO**

En la figura 4.7, se observa el proceso de acondicionamiento de la materia prima, para realizar el balance de materia con los siguientes datos obtenidos.

**Figura 4.7**  
**Balace de materia en el proceso de acondicionamiento de la paleta de cordero**



**Fuente:** Elaboración propia

**Donde:**

- **P** = Cantidad de paleta de cordero(g)
- **PA** = Cantidad de paleta acondicionada (g)
- **D** = Cantidad de despojos (g)

**Datos:**

$$P = 1650g$$

$$PA = 1120g$$

$$D = ?$$

- Balance de materia en el proceso de acondicionamiento

$$P = PA + D \quad \text{Ecuación (4.1)}$$

Reordenando la ecuación (4.1):

$$D = P - PA \quad \text{Ecuación (4.2)}$$

$$D = (1650 - 1120) g$$

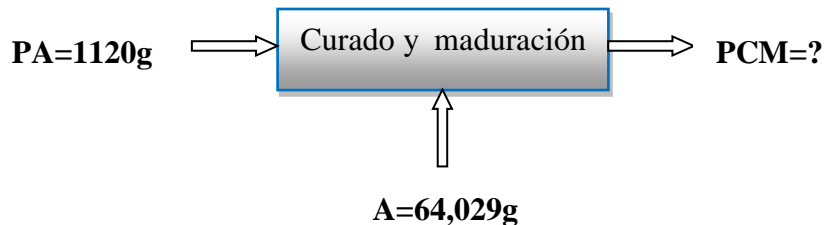
$$D = 530g \text{ de pérdida de despojos durante el proceso de acondicionamiento}$$



#### 4.5.2.-BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE CURADO Y MADURADO DE LA PALETA DE CORDERO

En la figura 4.8, se observa el proceso de curado de la materia prima, para realizar el balance de materia con los siguientes datos obtenidos.

**Figura 4.8**  
**Balance de materia en el proceso de curado y madurado**



**Fuente:** Elaboración propia

**Donde:**

- **PA** = Cantidad de paleta acondicionada (g)
- **PCM** = Cantidad de paleta curada y madurado (g)
- **A** = Cantidad de aditivos (g)

**Datos:**

$$\mathbf{PA} = 1120\text{g}$$

$$\mathbf{PCM} = ?$$

$$\mathbf{A} = 64,029\text{g}$$

- Balance de materia en el proceso de curado y madurado:

$$\mathbf{PA + A = PCM} \quad \text{Ecuación (4.3)}$$

Reordenando la ecuación (4.3):

$$\mathbf{PCM = PA + A} \quad \text{Ecuación (4.4)}$$

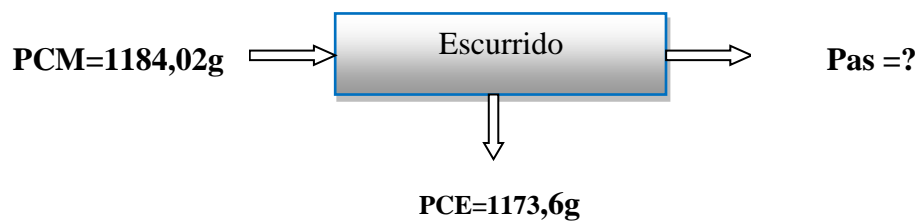
$$\mathbf{PCM = (1120 + 64,029) g}$$

$$\mathbf{PCM = 1184,029g \text{ cantidad de paleta curada y madurado}}$$

### 4.5.3.-BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE ESCURRIDO DE LA PALETA DE CORDERO

En la figura 4.9, se observa el proceso de escurrido de la materia prima, para realizar el balance de materia con los siguientes datos obtenidos.

**Figura 4.9**  
**Balance de materia en el proceso de escurrido**



**Fuente:** Elaboración propia

**Donde:**

- **PCM** = Cantidad de paleta curada y madurado (g)
- **PCE** = Cantidad de paleta curado y escurrido (g)
- **Pa<sub>S</sub>** = Cantidad de pérdida de agua durante el secado (g)

**Datos:**

$$\text{PCM} = 1184,029\text{g}$$

$$\text{PCE} = 1173,65\text{g}$$

$$\text{Pa}_S = ?$$

- Balance de materia en el proceso de escurrido:

$$\text{PCM} = \text{PCE} + \text{Pa}_S \quad \text{Ecuación (4.5)}$$

Reordenando la ecuación (4.5):

$$\text{Pa}_S = \text{PCM} - \text{PCE} \quad \text{Ecuación (4.6)}$$

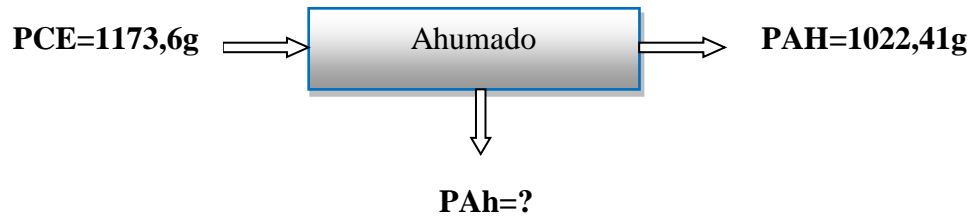
$$\text{Pa}_S = (1184,029 - 1173,65) \text{ g}$$

$$\text{Pa}_S = 10,379\text{g de pérdida de agua durante el escurrido}$$

#### 4.5.4.-BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE AHUMADO DE LA PALETA DE CORDERO

En la figura 4.10, se observa el proceso de ahumado de la materia prima para realizar el balance de materia con los siguientes datos obtenidos.

**Figura 4.10**  
**Balance de materia en el proceso de ahumado**



**Fuente:** Elaboración propia

**Donde:**

- **PCE** = Cantidad de paleta curada y escurrido
- **PAH** = Cantidad de paleta ahumado
- **Pah** = Cantidad de pérdida de agua durante el ahumado

**Datos:**

$$\mathbf{PCE} = 1173,65\text{g}$$

$$\mathbf{PAH} = 1022,41\text{g}$$

$$\mathbf{Pah} = ?$$

- Balance de materia en el proceso de ahumado:

$$\mathbf{PCE} = \mathbf{PAH} + \mathbf{Pah} \quad \text{Ecuación (4.7)}$$

Reordenando la ecuación (4.7):

$$\mathbf{Pah} = \mathbf{PCE} - \mathbf{PAH} \quad \text{Ecuación (4.8)}$$

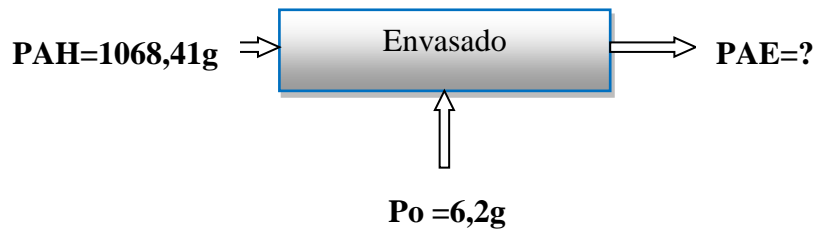
$$\mathbf{Pah} = (1173,65 - 1068,41) \text{ g}$$

$$\mathbf{Pah} = 151,24\text{g de pérdida de agua durante el ahumado.}$$

#### 4.5.5.-BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DEL ENVASADO PALETA AHUMADA DE CORDERO

En la figura 4.11, se observa el proceso de envasado de la materia prima para realizar el balance de materia con los siguientes datos obtenidos.

**Figura 4.11**  
**Balance de materia en el proceso de envasado**



**Fuente:** Elaboración propia

**Donde:**

- **PAH** = Cantidad de paleta ahumado (g)
- **PAE** = Cantidad de paleta envasado (g)
- **Po** = Cantidad de polietileno (g)

**Datos:**

$$\mathbf{PAH} = 1068,41\text{g}$$

$$\mathbf{PAE} = \text{¿}$$

$$\mathbf{Po} = 6,2\text{g}$$

- Balance de materia en el proceso de envasado:

$$\mathbf{PAE} = \mathbf{PAH} + \mathbf{Po}$$

Ecuación (4.9)

Reemplazando en la ecuación (4.9):

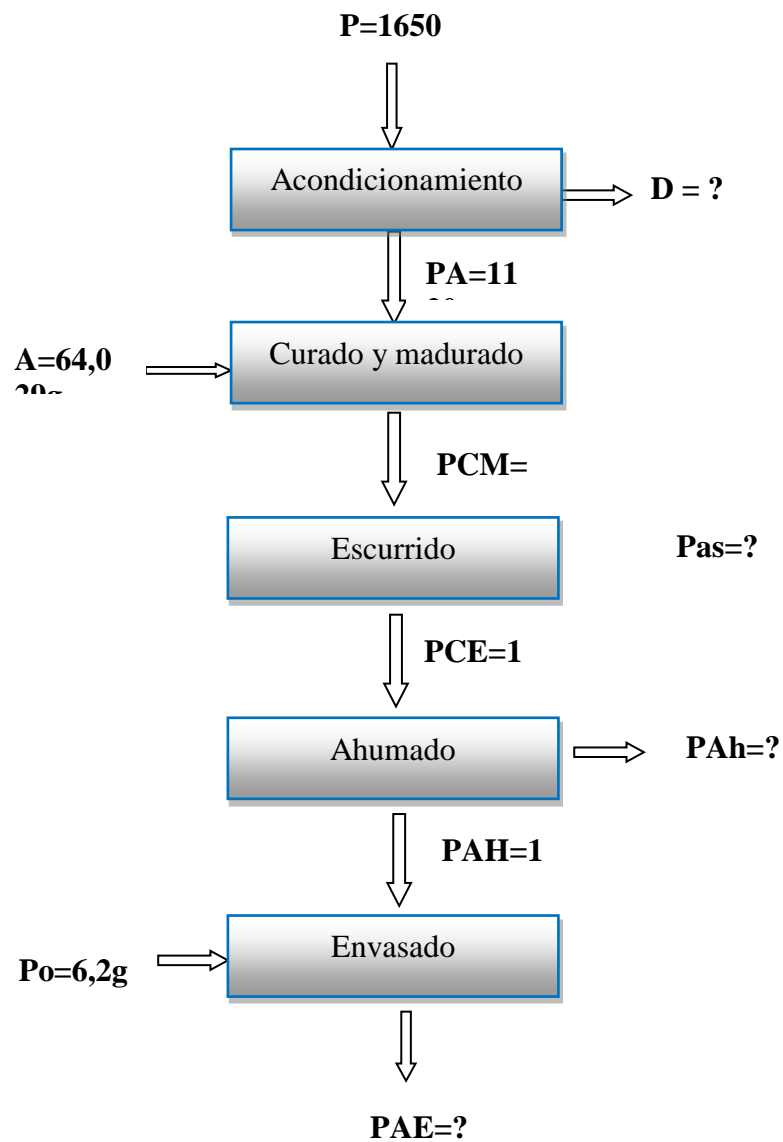
$$\mathbf{PAE} = 1068,41 + 6,2$$

$$\mathbf{PAE} = 1074,61\text{g cantidad paleta ahumada envasado}$$

#### 4.5.6.- RESUMEN DEL BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE PALETA AHUMADA DE CORDERO

En la figura 4.12, se muestra el resumen del balance de materia para el proceso de elaboración de paleta ahumada de cordero.

**Figura 4.12**  
Resumen general del balance de materia para el proceso de elaboración de paleta ahumado de cordero



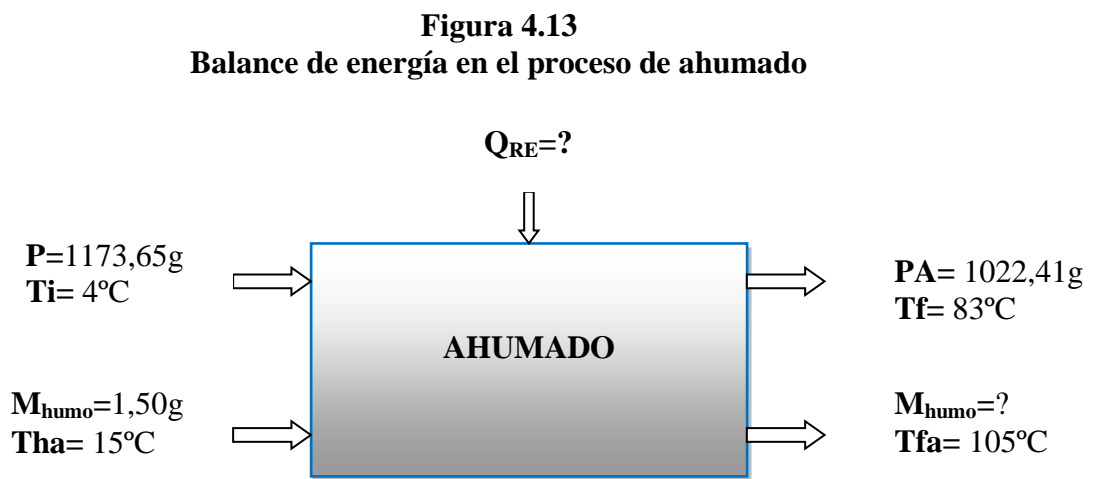
**Fuente:** Elaboración propia

**Donde:**

- **P** = 1650g Cantidad de paleta de cordero
- **D** = 530g Cantidad de despojos
- **PA** = 1120g Cantidad de paleta acondicionada
- **A** = 64,029g Cantidad aditivos
- **PCM** = 1184,029g Cantidad de paleta curada y madurada
- **Pas** = 10,379g Cantidad de pérdida de agua durante el secado
- **PCE** = 1173,65g Cantidad de paleta curado y escurrido
- **PAh** = 151,24g Cantidad de pérdida de agua durante el ahumado
- **PAH** = 1022,41g Cantidad de paleta ahumado
- **Po** = 6,2g Cantidad de polietileno (envase)
- **PAE** = 1074,61g Cantidad de paleta ahumado envasado

#### 4.5.7.- BALANCE DE ENERGÍA EN EL PROCESO DE AHUMADO DE LA PALETA DE CORDERO

En la figura 4.13, se observa el proceso de ahumado de la paleta curada para realizar el balance de energía con los siguientes datos obtenidos.



**Fuente:** Elaboración propia

**Donde:**

- **P** = paleta de cordero(g)
- **PA** = paleta ahumada (g)
- **T<sub>i</sub>** = Temperatura inicial del paleta (°C)
- **T<sub>f</sub>** = Temperatura final del paleta °C
- **M<sub>humo</sub>** = Cantidad de masa del humo (g)
- **T<sub>ha</sub>** = Temperatura inicial del humo (°C)
- **T<sub>fa</sub>** = Temperatura final del humo (°C)
- **Q<sub>RE</sub>** = ?

Para determinar la cantidad de calor que cede durante el proceso de ahumado, se utilizó la ecuación (4.10), y ecuación (4-11); citada por (Valiente, 1994).

$$Q = m \cdot C_p \cdot \Delta T \quad \text{Ecuación (4-10)}$$

$$Q_{\text{cedido}} = Q_{\text{ganado}} \quad \text{Ecuación (4-11)}$$

**Q** = Cantidad de calor (Kcal)

**m** = Cantidad de masa del humo (Kg)

**C<sub>p</sub>** = Capacidad calorífica del humo (Kcal/Kg°C)

**ΔT** = Temperatura del humo (°C)

Para calcular el volumen del ahumador se midió las dimensiones del equipo:

Altura= 1,90m; Ancho= 1,95m; Largo= 0,93m

Según (Kurt, 1995), para calcular el volumen, se utilizó la ecuación (4.12).

$$V = a \cdot b \cdot c \quad \text{Ecuación (4-12)}$$

$$V = (1,90 \cdot 1,95 \cdot 0,93) \text{ m}$$

$$\text{Volumen del ahumador} = 4,78 \text{ m}^3$$

En la tabla 4.14 se muestra la composición porcentual del humo de la viruta de pino.

**Tabla 4.14**  
**Composición porcentual del humo de viruta de pino**

Componentes	%
Carbonó	50,31
Hidrógeno	6,2
Nitrógeno	0,04
Oxígeno	43,08
H <sub>2</sub> O	0,37

**Fuente:** UDELAR, 2014

Para calcular la densidad del humo se tomó en cuenta la composición porcentual de la viruta del pino de la tabla 4.14, como se muestran a continuación.

Según (Valiente, 1994), la ecuación (4.13), para calcular la densidad:

$$\rho = \text{masa/volumen} \quad \text{Ecuación (4-13)}$$

Calculando la densidad porcentual para el carbonó

$$\rho_C = 1,50\text{kg} \cdot 0,5031 / 4,78\text{m}^3 = \mathbf{0,1578\text{kg/m}^3}$$

Calculando la densidad porcentual para el hidrógeno

$$\rho_H = 1,50\text{kg} \cdot 0,062 / 4,78\text{m}^3 = \mathbf{0,0194\text{kg/m}^3}$$

Calculando la densidad porcentual para el nitrógeno

$$\rho_N = 1,50\text{kg} \cdot 0,0004 / 4,78\text{m}^3 = \mathbf{0,000125\text{kg/m}^3}$$

Calculando la densidad porcentual para el oxígeno

$$\rho_O = 1,50\text{kg} \cdot 0,4308 / 4,78\text{m}^3 = \mathbf{0,1351 \text{kg/m}^3}$$

Calculando la densidad porcentual para el H<sub>2</sub>O

$$\rho_{H_2O} = 1,50\text{kg} \cdot 0,0037 / 4,78\text{m}^3 = \mathbf{0,00116 \text{kg/m}^3}$$

Calculando la densidad total del humo

$$\rho_{\text{total}} = 0,1578\text{kg/m}^3 + 0,0194\text{kg/m}^3 + 0,000125\text{kg/m}^3 + 0,1351 \text{kg/m}^3 + 0,00116 \text{kg/m}^3$$

$$\rho_{\text{total}} = \mathbf{0,3138\text{kg/m}^3}$$



Para determinar la masa del humo, se reordeno la ecuación (4.13), la masa del humo

$$\text{➤ } m = \rho V \quad \text{Ecuación (4-14)}$$

$$m = (0,3138 * 4,78)$$

$$m = 1,49 \text{kg de humo}$$

Calculando el calor específico de gases y vapores según (Lewis, 1993).

$$\text{➤ } C_p = a + bT + cT^2 + dT^3 \quad \text{Ecuación (4-15)}$$

**Donde:** a, b y c son constantes características de los gases y la temperatura (T) absoluta.

En la tabla 4.15, se muestra los valores para las constantes para algunos gases más comunes y permiten la determinación del calor específico, para un amplio rango de temperaturas.

**Tabla 4.15**  
**Valor de las constantes a, b y c para determinar el Cp de los gases**

Gas	A	10 <sup>2</sup> b	10 <sup>3</sup> c	10 <sup>5</sup> d	10 <sup>9</sup> e	Rango de temperatura °K
Hidrógeno	29,09	-0,1916	-	0,40	-0,870	273-1,8000
Nitrógeno	27,32	0,6226	-	0,0950	-	273-3,800
Oxígeno	25,46	1,519	-	-0,7150	1,311	273-1800
Carbonó	1,1771	-	0,771	-0,867	-	273-Tmáxima
Agua	32,22	0,1920	-	1,054	-3,594	273-1,8000

**Fuente:** Lewis, 1993

Remplazando datos a la ecuación (4.15), y remplazando el Cp para el carbono (C).

$$C_{pC} = 1,1771 + 0,771 \times 10^{-3}(378) - 0,867 \times 10^{-5}(378)^2$$

$$C_{pC} = 1,771 + 0,2914 - 1,2388$$

$$C_{pC} = 0,8236/24$$

$$C_{pC} = 0,034 \text{kJoule/kg}^\circ\text{K}$$

En la tabla 4.16, se muestra los resultados del calor específico para los componentes de la viruta de pino.

**Tabla.4.16**  
**Calor específico de los componentes del humo**

Componente	Cp (KJ/kg°K)
Carbonó	0,034
Hidrógeno	1,445
Nitrógeno	1,064
Oxígeno	0,945
Agua	1,903

**Fuente:** Elaboración propia

Calculando la capacidad calorífica molar de la mezcla del humo según (Smith, 1997).

$$\text{Cp}_{\text{mezcla}} = y_A \text{Cp}_A + y_B \text{Cp}_B + y_C \text{Cp}_C \quad \text{Ecuación (4.16)}$$

**Donde:** Cp<sub>A</sub>, Cp<sub>B</sub>, y Cp<sub>C</sub> son las capacidades caloríficas molares de A, B y C puras en estado de gas ideal.

Remplazando los componentes en la ecuación (4.16), tenemos:

$$\text{Cp}_{\text{humo}} = y_C \text{Cp}_C + y_H \text{Cp}_H + y_N \text{Cp}_N + y_O \text{Cp}_O + y_{\text{H}_2\text{O}} \text{Cp}_{\text{H}_2\text{O}} \quad \text{Ecuación (4.17)}$$

Remplazando los datos a la ecuación (4.17), se tiene:

$$\text{Cp}_{\text{humo}} = 0,5031 * 0,034 + 0,062 * 1,445 + 0,0004 * 1,064 + 0,4308 * 0,945 + 0,037 * 1,903$$

$$\text{Cp}_{\text{humo}} = 0,5846 \text{ kJoule/kg}^\circ\text{K}$$

Calculo del Cp de la paleta de cordero:

Relación entre el calor específico y la composición; según (Lewis, 1993).

$$\text{Cp} = m_a \text{Cp}_a + m_c \text{Cp}_c + m_p \text{Cp}_p + m_g \text{Cp}_g + m_z \text{Cp}_z \quad \text{Ecuación (4.18)}$$

**Donde:** m<sub>a</sub>, m<sub>c</sub>, m<sub>p</sub>, m<sub>g</sub> y m<sub>z</sub> son las fracciones de masa de los respectivos componentes y c<sub>a</sub>, c<sub>c</sub>, c<sub>p</sub>, c<sub>g</sub> y c<sub>z</sub> los calores específicos.

En la tabla 4.17, se muestran los valores para los calores específicos de los componentes del alimento.

**Tabla 4.17**  
**Calores específicos de componentes alimentarios**

Componentes	Cp (KJ/kg°K)
Agua	4,18
Carbohidratos	1,4
Proteína	1,6
Grasa	1,7
Ceniza	0,8

**Fuente:** Lewis, 1993

Remplazando datos a la ecuación (4.18) se tiene:

$$C_p = 0,5192(4,18) + 0,0067(1,4) + 0,1720(1,6) + 0,2516(1,7) + 0,0505(0,6)$$

$$C_p = 2,9229 \text{ KJoule/Kg}^\circ\text{C de la paleta ahumado de cordero}$$

Calculando el calor total, según (Valiente, 1994)

$$\text{➤ } Q_{RE} = m_h * C_{p_h} * \Delta T_h + m_t * C_{p_t} * \Delta T_t \quad \text{Ecuación (4.19)}$$

**Donde:**

$Q_{RE}$  = calor requerido

$m_h$  = masa del humo

$C_{p_h}$  = calor específico del humo

$\Delta T_h$  = temperatura del humo

$m_t$  = masa de la paleta de cordero

$C_{p_t}$  = calor específico de la paleta de cordero

$\Delta T_t$  = temperatura de paleta de cordero

Remplazando los datos a la ecuación (4.19) tenemos:

$$Q_{RE} = (1,499)\text{kg} * (0,5846)\text{Kjul/Kg}^\circ\text{C} * (105-15)^\circ\text{C} + (1,02241)\text{Kg} * (2,9229)\text{Kjul/Kg}^\circ\text{C} * (83-4)^\circ\text{C}$$

$$Q_{RE} = (78,868 + 236,083) \text{ KJoule}$$

$$Q_{RE} = 314,951 \text{ K Joule utilizado para ahumar paleta de cordero}$$

## 5.1.- CONCLUSIONES

- En cuanto a la composición fisicoquímica de la paleta de cordero, se tiene un contenido de ceniza del 5,05%, fibra 0,0%, hidratos de carbono 2,69%, materia grasa 21,74%, humedad 71,80%, proteína total 22,83% y un valor energético de 438,25 kcal/100g.
- De acuerdo a la evaluación sensorial en el proceso de elaboración de la paleta ahumada de cordero, se puede observar que los factores tiempo de curado y madurado (5 a 7) días, tiempo de ahumado (3:30 a 3:45) horas y temperatura de ahumado (75 a 83)°C, no existe diferencia significativa en el proceso de elaboración de la paleta ahumada de cordero para una  $p < 0,05$ ; en tal forma se puede decir que la variación de los factores no influyen en el proceso de paleta ahumada para determinar la cantidad de humedad.
- En el proceso de elaboración de la paleta ahumada de cordero, se pudo constatar que la muestra de mayor aceptación por los dieciséis jueces no entrenados; para evaluar los atributos de color (7,5), aroma (7,18), fue la muestra M8 (7 días de curado y madurado, tiempo de 3:45 horas de ahumado a una temperatura de 83°C ). Para evaluar los atributos de sabor (7,68) y textura (7,5), fue la muestra M5 (5 días de curado, tiempo de 3:30 horas de ahumado a una temperatura de 83 °C ), la que obtuvo mayor aceptación en escala hedónica como el mejor proceso de elaboración de la paleta ahumada de cordero.
- Así mismo en el proceso de elaboración de la paleta ahumada de cordero, se utilizó un diseño factorial de  $2^3$  donde se estableció las variables de tiempo de curado y madurado (5 a 7) días, tiempo de ahumado (3:30 a 3:45) horas y temperatura de ahumado (75-83) °C; en función del contenido de humedad. Estadísticamente, se observó para el factor CM (tiempo de curado y

madurado), se tiene  $F_{cal} < F_{tab}$  ( $0,026 < 5,32$ ), aceptando la hipótesis planteada; mientras que los factores TA (temperatura de ahumado), se tiene  $F_{cal} > F_{tab}$  ( $23,829 > 5,32$ ) lo cual se rechaza la hipótesis evidenciando que existe diferencia significativa entre los factores analizados para  $p < 0,05$ .

- En el proceso de elaboración del producto terminado se tuvo una evaluación sensorial en base a 12 jueces no entrenados, los atributos con mayor aceptación por los jueces fueron color (7,91) y sabor (7,75) en escala hedónica; en comparación con aceptabilidad (7,58), aroma (7,5), y textura (7,41), que son menores. Por lo que el producto presenta una importante aceptación organoléptica, estadísticamente se observó que  $F_{cal} < F_{tab}$  ( $1,662 < 2,055$ ) para los atributos mencionados, por lo que se acepta la hipótesis planteada. Lo que demuestra que las muestras pueden ser elegidas entre los atributos de color, aroma, sabor, textura y aceptabilidad para un nivel de significancia  $p < 0,05$ .
- De acuerdo al análisis fisicoquímico del producto terminado, éste tiene un contenido de humedad 74,56%, sólidos volátiles 78,90 %, materia seca 25,44%, ceniza 21,10%, proteína 38,91%, materia grasa 39,98%, fibra 0,0%, carbohidratos 0,0% y valor energético 515,42 Kcal/100gr.
- De acuerdo al análisis microbiológico del producto terminado, éste presenta coliformes fecales (0 NMP/g), coliformes totales (0 NMP/g) y ausencia de salmonella (0 NMP/g); escherichia coli (0 NMP/g), Mohos (0 UFC/g) lo que demuestra que es un producto seguro para ser consumido.

## 5.2.- RECOMENDACIONES

- Se recomienda usar maderas blancas y blandas como el nogal, debido a que éstas en su composición química contienen menos sustancias agresivas para la elaboración de la paleta ahumada de cordero, ya que el producto adquiere sabor y olor característico de la madera durante el proceso de ahumado.
- Realizar un estudio para determinar la vida útil del producto final, con el objetivo de establecer la durabilidad de la paleta ahumada de cordero durante el almacenamiento.
- En base a la elaboración de las paletas ahumadas de cordero, se recomienda continuar con pruebas experimentales, con otros tipos de carnes que existen en el medio, para obtener otros productos, mejorando las características organolépticas.
- Se recomienda a los municipios de nuestro departamento incentivar a la producción de productos ahumados de cordero (paleta y otros), con el objetivo de generar recursos económicos, para los productores de ovino del Departamento de Tarija.