

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**LA MOLINA**

**FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**



**TITULACIÓN POR EXAMEN PROFESIONAL**

**Trabajo Monográfico:**

**“MEJORAMIENTO DE LA TEXTURA DE CARNE DE VACUNO  
CON EL USO DE LA ENZIMA PROTEOLÍTICA (PAPAÍNA)”**

Presentado por:

**ZARELA CHAUCA VELA**

Lima – Perú

2018

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**“MEJORAMIENTO DE LA TEXTURA DE CARNE DE VACUNO CON EL USO  
DE LA ENZIMA PROTEOLÍTICA (PAPAÍNA)”**

Presentado por:

ZARELA CHAUCA VELA

**TRABAJO MONOGRÁFICO PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

Sustentado y aprobado ante el siguiente jurado:

---

Mg.Sc. Walter F. Salas Valerio

PRESIDENTE

---

Mg.Sc. Fanny Ludeña Urquiza

MIEMBRO

---

Dra. Ana Aguilar Galvez

MIEMBRO

---

Mg.Sc Carlos Elías Peñafiel

TUTOR

Lima - Perú

2018

# ÍNDICE GENERAL

## RESUMEN

### ABSTRACT

<b>I.</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II.</b>	<b>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>3</b>
2.1	GENERALIDADES DE LA CARNE .....	3
2.2	COMPOSICIÓN E IMPORTANCIA NUTRITIVA DE LA CARNE .....	4
2.3	CARACTERÍSTICAS DE LA INDUSTRIA BOVINA EN EL PERÚ .....	5
2.3.1	PRODUCCIÓN NACIONAL DE CARNES .....	5
2.3.2	IMPORTACIONES DE CARNE EN EL PERÚ .....	7
2.3.3	CONSUMO DE CARNE DE RES .....	8
2.3.4	INDUSTRIALIZACIÓN DE LA GANADERÍA .....	10
2.4	CLASIFICACIÓN DEL MÚSCULO .....	10
2.4.1	FIBRA MUSCULAR ESTRIADA .....	12
2.4.2	COMPOSICIÓN DEL MÚSCULO ESTRIADO .....	14
2.5	CONVERSIÓN DEL MÚSCULO EN CARNE.....	28
2.5.1	<i>RIGOR MORTIS</i> .....	29
2.6	CALIDAD DE LA CARNE.....	30
2.6.1	FACTORES QUE AFECTAN A LA CALIDAD FINAL DE LA CARNE.....	31
2.7	PARÁMETROS QUE DEFINEN LA CALIDAD ORGANOLÉPTICA DE LA CARNE .....	37
2.7.1	TEXTURA .....	38
2.8	CÓRTES DE CARNE.....	41
2.9	LAS ENZIMAS.....	43
2.9.1	ENZIMA PAPAÍNA .....	43
2.9.2	USOS Y APLICACIONES .....	45
2.10	ANÁLISIS SENSORIAL.....	45
2.10.1	TIPOS DE PRUEBAS SENSORIALES .....	48
<b>III.</b>	<b>DESARROLLO DEL TEMA.....</b>	<b>50</b>
3.1	OBJETIVOS.....	50
3.2	MATERIALES Y MÉTODOS .....	50
3.2.1	ELABORACIÓN DEL SAZONADOR A BASE DE PAPAÍNA .....	50
3.2.2	EVALUACIÓN SENSORIAL.....	54

3.3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	58
3.3.1	ANÁLISIS DE PH Y CRA DE LA CARNE CRUDA.....	58
3.3.2	ANÁLISIS SENSORIAL.....	59
<b>IV.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>63</b>
<b>V.</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>64</b>
<b>VI.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>65</b>
<b>VII.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>72</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Cuadro 1:</b>	<b>Composición química proximal de carne de vacuno .....</b>	<b>4</b>
<b>Cuadro 2:</b>	<b>Parámetros químicos y biológicos de la enzima papaína .....</b>	<b>51</b>
<b>Cuadro 3:</b>	<b>Características de la pieza de carne de vacuno sometida a la evaluación sensorial .....</b>	<b>54</b>
<b>Cuadro 4:</b>	<b>Composición de las mezclas en polvo del sazónador evaluadas sensorialmente .....</b>	<b>55</b>
<b>Cuadro 5:</b>	<b>Resultados del análisis de prueba error de tiempos de reposo de la papaína.....</b>	<b>56</b>
<b>Cuadro 6:</b>	<b>Descripción de la muestra de consumidoras utilizada en la evaluación sensorial .....</b>	<b>57</b>
<b>Cuadro 7:</b>	<b>Resultados del análisis fisicoquímico realizado al asado pejerrey .....</b>	<b>59</b>
<b>Cuadro 8:</b>	<b>Resumen de resultados de preferencia sensorial.....</b>	<b>59</b>
<b>Cuadro 9:</b>	<b>Resumen de ANOVA de la prueba sensorial.....</b>	<b>61</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b>	<b>Producción anual de carne de res .....</b>	<b>6</b>
<b>Figura 2:</b>	<b>Evolución de la producción anual de carne de res .....</b>	<b>6</b>
<b>Figura 3:</b>	<b>Perú - Importación de carne de res (1998-2003) .....</b>	<b>7</b>
<b>Figura 4:</b>	<b>Origen de las importaciones de carne en el Perú 2002 .....</b>	<b>7</b>
<b>Figura 5:</b>	<b>Consumo <i>per cápita</i> de carne de res 2001.....</b>	<b>8</b>
<b>Figura 6:</b>	<b>Preferencia de consumo de carne en el Perú .....</b>	<b>9</b>
<b>Figura 7:</b>	<b>Consumo promedio per cápita anual de carne de res, según ámbito geográfico y principales ciudades (kg por persona).....</b>	<b>9</b>
<b>Figura 8:</b>	<b>Beneficio del ganado vacuno por departamento - 2002.....</b>	<b>10</b>
<b>Figura 9:</b>	<b>Representación diagramática de la estructura del músculo.....</b>	<b>13</b>
<b>Figura 10:</b>	<b>Representación del musculo relajado y contraído .....</b>	<b>14</b>
<b>Figura 11:</b>	<b>Corte longitudinal de la canal de vacuno .....</b>	<b>41</b>
<b>Figura 12:</b>	<b>Fotografía del despiece del cuarto trasero .....</b>	<b>42</b>
<b>Figura 13:</b>	<b>Cortes de carne en el Perú .....</b>	<b>42</b>
<b>Figura 14:</b>	<b>Estructura de la enzima de papaína .....</b>	<b>45</b>
<b>Figura 15:</b>	<b>Diagrama de flujo de la elaboración de sazónador con papaína .....</b>	<b>53</b>
<b>Figura 16:</b>	<b>Diagrama de flujo de la elaboración de la prueba sensorial .....</b>	<b>57</b>
<b>Figura 17:</b>	<b>Descriptivo cuantitativo de la carne vacuno pieza asado pejerrey ...</b>	<b>60</b>
<b>Figura 18:</b>	<b>Escala de aceptabilidad de carne frita control y con papaína.....</b>	<b>62</b>

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1:	FICHA TÉCNICA DE LA PAPAÍNA UTILIZADA.....	72
ANEXO 2:	PRINCIPALES MAQUINARIAS UTILIZADAS EN LA ELABORACIÓN DEL SAZONADOR A BASE DE PAPAÍNA .....	73
ANEXO 3:	RESULTADOS DE LA MEDICIÓN DE LA DUREZA INSTRUMENTAL DE LAS PIEZAS DE VACUNO MADURADAS 7 O 14 DÍAS.....	75
ANEXO 4:	FOTOGRAFÍAS DE LOS CORTES DE ASADO PEJERREY, EVALUADOS EN LAS MEDICIÓN DE LA DUREZA INSTRUMENTAL DE LAS PIEZAS DE VACUNO.....	75
ANEXO 5:	FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL.....	76
ANEXO 6:	TABLA DE PREFERENCIA PARA DEFINIR EL NÚMERO CRÍTICO DE RESPUESTA CORRECTAS EN LA PRUEBA DE DOS COLAS DE PREFERENCIA.....	77
ANEXO 7:	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DEL SAZONADOR A BASE DE PAPAÍNA .....	78
ANEXO 8:	RESUMEN DE RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL RESPECTO A LA CARACTERÍSTICA EVALUADA- DUREZA .....	79
ANEXO 9:	RESUMEN DE ANÁLISIS DE VARIANZA DE DOS MUESTRAS EVALUADAS POR MEDIO DE ANÁLISIS SENSORIAL RESPECTO A LA DUREZA .....	82

## RESUMEN

Con el propósito de disminuir la dureza de la carne vacuno, se elaboró un sazonador a base de papaína con condimentos, sal y glutamato mono sódico; el cual se aplica espolvoreando sobre una muestra de asado pejerrey y mediante un proceso mecánico llamado «bifurcación», la enzima penetra la carne previamente se aplica un tiempo de 30 minutos de reposo, esta muestra es cocinada para obtener un producto sumamente tierno y succulento. La papaína es una enzima vegetal que se extrae de la papaya y que tiene la capacidad de metabolizar las proteínas de los alimentos y su uso principal es como mejorador de carne. El objetivo de la presente investigación fue demostrar si existe diferencias significativas y preferencia respecto al factor de calidad: dureza de la carne de vacuno en el corte asado pejerrey; el cual se caracteriza por ser usado en sancochados y se percibe como una carne dura; este estudio sensorial se realizó en 80 consumidores de Lima Metropolitana, a quienes se les entregó dos muestras del corte asado pejerrey frita, en donde una muestra ha sido pre sazonada con una mezcla en polvo que contiene papaína como insumo principal vs la otra muestra pre sazonada con una mezcla en polvo sin papaína. Además, se revisó los principales indicadores de calidad de la carne cruda como el pH y el CRA, para determinar las características de la carne cruda. A un valor estadísticos superior al valor obtenido en el análisis sensorial con un nivel de significancia de cinco por ciento, se encuentran diferencia significativa en la textura de carne respecto a la dureza de la carne, donde la receta a base de papaína presenta mayor intensidad de dureza que el control y además se encuentra diferencia significativa en la preferencia de aceptabilidad de los consumidores.

**Palabras clave:** Papaína, Asado Pejerrey, Carne de Res, Evaluación Sensorial, CRA, pH.



## **ABSTRACT**

In order to reduce the hardness of the beef, a seasoning based on papain was prepared with condiments, salt and mono sodium glutamate; which is applied by sprinkling on a sample of roasted pejerrey and by a mechanical process called «bifurcation», the enzyme penetrates the meat previously applied a time of 30 minutes of rest, this sample is cooked to obtain an extremely tender and succulent product. Papain is a plant enzyme that is extracted from papaya and has the ability to metabolize proteins in food and its main use is as a meat improver. The objective of the present investigation was to demonstrate if there are significant differences and preference with respect to the quality factor: hardness of the beef in the roast cut pejerrey; which is characterized by being used in parboiled and is perceived as a hard meat; this sensory study was carried out on 80 consumers in Metropolitan Lima, who were given two samples of fried roast pejerrey, where a sample was pre-seasoned with a powder mixture containing papain as the main input vs the other pre-seasoned sample with a powder mix without papain. In addition, the main quality indicators of raw meat, such as pH and CRA, were reviewed to determine the characteristics of raw meat. At a statistical value higher than the value obtained in the sensory analysis with a level of significance of five percent, there is a significant difference in the texture of meat with respect to the hardness of the meat, where the recipe based on papain has a higher intensity of hardness that control and in addition there is significant difference in the preference of consumers acceptability.

**Keywords:** Papain, Roasted Pejerrey, Beef, Sensory Evaluation, CRA, pH.

## I. INTRODUCCIÓN

Forrest (1979) menciona que uno de los alimentos más nutritivos para consumo humano es la carne de vacuno, debido a que aporta proteínas de alto valor biológico, vitaminas del complejo B, minerales como hierro, zinc y fósforo y ácidos grasos esenciales por tal su consumo es necesario en dieta de las personas, pero como menciona la FAO (2001), en el Perú, el consumo *per cápita* de carne de vacuno es de 5,7 kg por año, lo cual representa un nivel de consumo muy bajo respecto al consumo de los países de Sudamérica como Brasil y Argentina con consumos *per cápita* de 37,3 y 67,2 kg por año, respectivamente (TechnoServe 2004); estos índices de consumo pueden deberse a muchos factores como por ejemplo el precio, el acceso a conseguir el alimento y la disponibilidad de carne de vacuno de buena calidad.

En muchas ocasiones la textura de la carne, específicamente la dureza, es una de las características más importantes para el consumidor, ya que se percibe al cortar y masticar. Downey y Hildrum, citados por Lazzaroni *et al.* (2007), indicaron que la terneza en la carne se ve afectada por varios factores tales como: edad, corte de carne, condiciones de *post mortem*, pH, temperatura y cantidad de enzimas presentes. Lo que ayuda a la ruptura de los filamentos musculares que se contraen en la rigidez cadavérica.

Según el MINAGRI (2013), la mayoría de los vacunos son destinados para la producción de carne, producción de leche y para el arado de suelos, obteniéndose carcasas de menor calidad debido al triple propósito y esfuerzo al que son sometidos. En el Perú, uno de los más grandes problemas de la ganadería es la calidad de carne posee una alta percepción de dureza, ya que se faenan animales de avanzadas edades que por disponibilidad estos han terminado su ciclo productivo, cuyo fin inmediato es el sacrificio para su posterior aprovechamiento.

Por eso este trabajo buscó evaluar con consumidores el uso de un nuevo producto que brinda la alternativa de mejorar la calidad de la carne disminuyendo su dureza, mediante el uso de un ablandador que contiene una enzima de origen vegetal denominada «Papaína», proveniente de la papaya y posee propiedades proteolíticas que ayudan a disminuir la dureza de la carne (Barón y García 2013).

## **II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 GENERALIDADES DE LA CARNE**

Price y Schweigert (1994) señalan que el término «carne» se utiliza con diferentes significados, a veces adquiere un sentido genérico en el que se incluyen todas las partes de los animales de abasto que sirven para alimento del hombre, mientras que otras veces se limita a la musculatura esquelética. Según el Código Alimentario Español, la denominación genérica de carne incluye la parte comestible de los músculos de los bóvidos, óvidos, suidos, caprinos, équidos y camélidos sanos, sacrificados en condiciones higiénicas. Por extensión, se aplica también a la de los animales de corral, caza de pelo y pluma, y mamíferos marinos. La carne será limpia, sana, estará debidamente preparada e incluirá los músculos del esqueleto y los de la lengua, diafragma y esófago, con o sin grasa, así como porciones de hueso, piel, tendones, aponeurosis, nervios y vasos sanguíneos que normalmente acompañan al tejido muscular y que no se separan de éste en el proceso de preparación de la carne. Presentará un olor característico, y su color debe oscilar del blanco rosáceo al rojo oscuro, dependiendo de la especie animal, raza, edad, alimentación, forma de sacrificio y periodo de tiempo transcurrido desde que aquél fue realizado.

Según Price y Schweigert (1994), la industria de la carne, a diferencia de la mayoría de las grandes industrias modernas, asienta sus raíces en los tiempos prehistóricos. Aparecen ya en la más antigua literatura referencias que indican que ciertas prácticas de conservación de la carne eran ya de conocimiento común. Los aborígenes de América desecaban la carne; las técnicas de ahumado y salazón eran conocidas antes del tiempo de Homero (año 1 000 a.C.); la elaboración y especiado de algunos tipos de embutidos era común en Europa y en la zona mediterránea mucho antes del tiempo de los Césares.

Téllez (1992) define en forma genérica a la carne como la parte blanca pulposa de una carcasa y muy nutritiva. Esta definición propone que su procedencia proviene de animales sanos que luego han sido beneficiados en establecimientos adecuados dentro de normas de

higiene y sanidad. La carcasa es la expresión utilizada para referirse al animal beneficiado desprovisto de su piel (a excepción del porcino) vísceras y apéndices que ha sido revisado e inspeccionado sanitariamente y se encuentra apto para el consumo humano.

Barón y García (2013) definen la carne como sigue:

Se entiende por carne la parte muscular comestible de los animales de abasto sacrificados en mataderos autorizados constituida por todos los tejidos blandos que rodean el esqueleto tendones vasos nervios aponeurosis y todos los tejidos no separados durante la faena. Además, se considera carne el diafragma, pero no los músculos de sostén del hioides el corazón y el esófago.

## 2.2 COMPOSICIÓN E IMPORTANCIA NUTRITIVA DE LA CARNE

Hernández (1999) menciona que la carne está constituida mayoritariamente por agua (65-80 por ciento), proteínas (16 -22 por ciento) y grasa (2-13 por ciento); aunque también posee pequeñas cantidades de otras sustancias como las nitrogenadas no proteicas (aminoácidos libres, péptidos, nucleótidos, creatina, etc.), carbohidratos, ácido láctico, minerales, vitaminas, etc. La composición de la carne depende la especie y, dentro de la misma especie puede variar ampliamente dependiendo de diversos factores como edad, sexo, alimentación y zona anatómica estudiada. En cuadro 1, pueden apreciarse las diferencias en la composición química debidas a la especie y a la región anatómica.

**Cuadro 1: Composición química proximal de carne de vacuno**

MUESTRA	PROTEÍNA	HUMEDAD	GRASA	CENIZA
Carne de vacuno	20-22	46-,71-7	5-7-38,8	0,6-1 a
	14,2-20,2	70-73	4-4,8	1 b
	21,5	69,5	8	1,5 c
	18,8	66	13,7	1 d

a: Fennema 1982, b: Price 1976; c: Forrest 1979; d: Téllez 1992.

**FUENTE:** Elaborado con base en Fennema 1982, Price 1976, Forrest 1979 y Téllez 1992

## **2.3 CARACTERÍSTICAS DE LA INDUSTRIA BOVINA EN EL PERÚ**

La ganadería en el Perú representa sólo el 3,5 por ciento del Producto Bruto Interno (PBI), por ello, de todas las actividades agrarias, es aquella que sufre mayor abandono y falta de promoción a pesar de ser la principal fuente de ingreso de la población rural alto andina, y campesina, generadora de trabajo y contribuir con la seguridad alimentaria del país, además que permite generar productos con valor agregado significativo como leche, lana, carne y cueros (MINAGRI 1995).

El desarrollo de la ganadería en el Perú es urgente porque permitiría mejorar la economía y calidad de vida en muchas comunidades campesinas, y de la población en general, también resulta crucial para frenar las migraciones masivas a las ciudades costeras y a la selva (coca ilegal), creando trabajo productivo en cada región (MINAGRI 1995).

La ganadería vacuna, en la sierra del país la crianza es mayormente extensiva mientras que en la costa es intensiva y estabulada (con ganado Holstein y Brown Swiss). La población vacuna al 2008 tuvo un incremento de 32 por ciento con respecto al estancamiento producido en 1990 con tendencia ascendente (MINAGRI 1995).

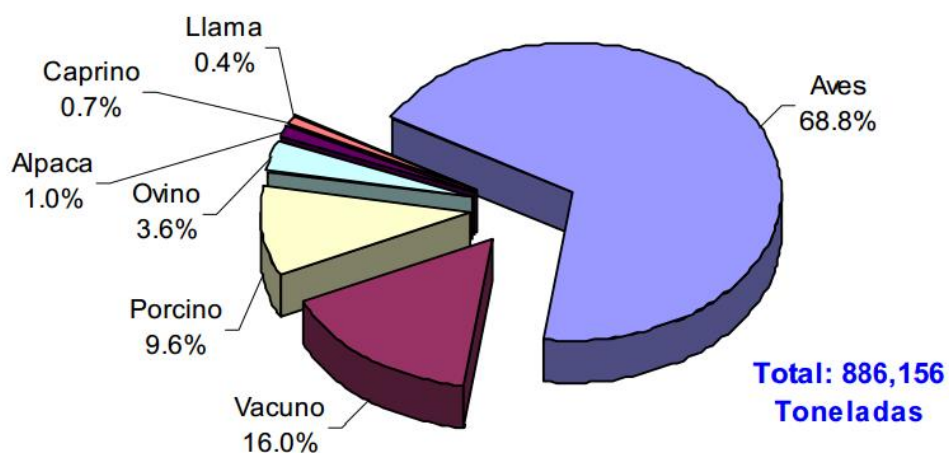
Al año 2012, según el INEI, el Perú cuenta con una población de 5 millones 156 mil 044 cabezas de ganado. Además, el consumo per cápita de carne de ganado vacuna también va en aumento, en el año 2001 en el Perú se consumía 5,4 kg/habitante-año mientras que para el 2006 ya se llegaba a consumir 6 kg/habitante-año (MINAGRI 2013).

Aproximadamente un 80 por ciento del total de la ganadería existente en el país se encuentra en la Sierra y Selva bajo sistemas de producción extensiva o semi-intensivo y el 20 por ciento restante en la Costa principalmente en condiciones de crianza intensiva (MINAGRI 2013).

### **2.3.1 PRODUCCIÓN NACIONAL DE CARNES**

Según MINAGRI (2013) la mayoría de los vacunos son destinados para la producción de carne, producción de leche y para el arado de suelos, obteniéndose carcasas de menor calidad debido al triple propósito y esfuerzo al que son sometidos.

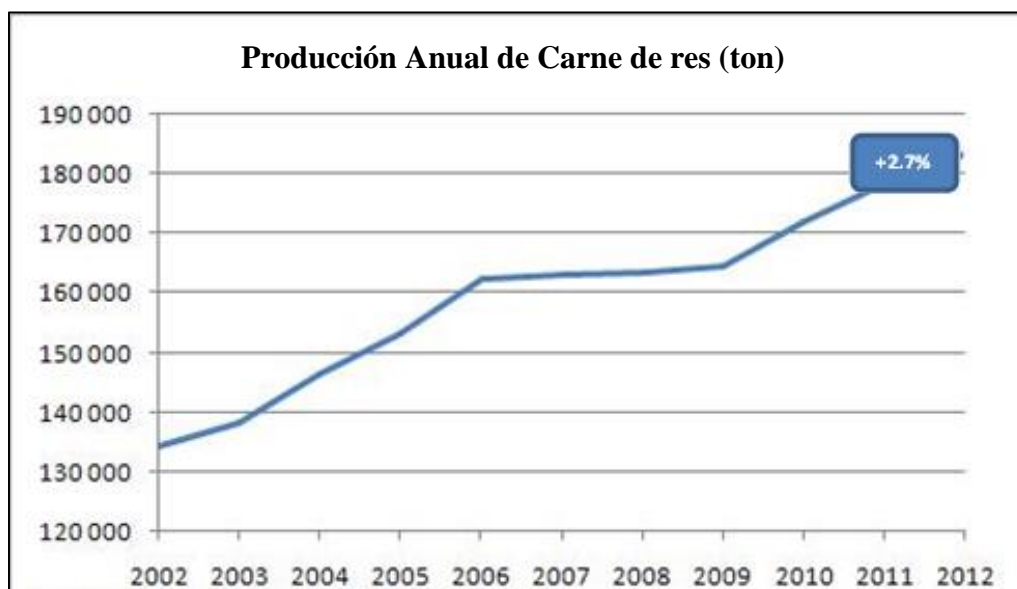
La producción de carne de res es la segunda en importancia de acuerdo al volumen de producción (figura 1).



**Figura 1: Producción anual de carne de res.**

**FUENTE:** Tomado de TechnoServe 2004

En el 2012 la producción de carne de res fue 2,7 por ciento mayor que la producción del año 2011, la cual ha venido creciendo ininterrumpidamente (figura 2).

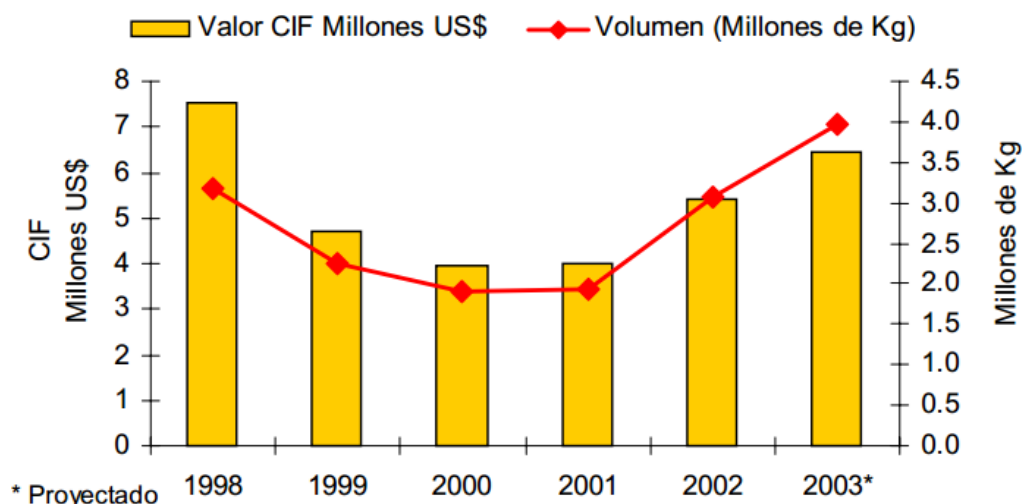


**Figura 2: Evolución de la producción anual de carne de res.**

**FUENTE:** Tomado de MINAGRI 2013

### 2.3.2 IMPORTACIONES DE CARNE EN EL PERÚ

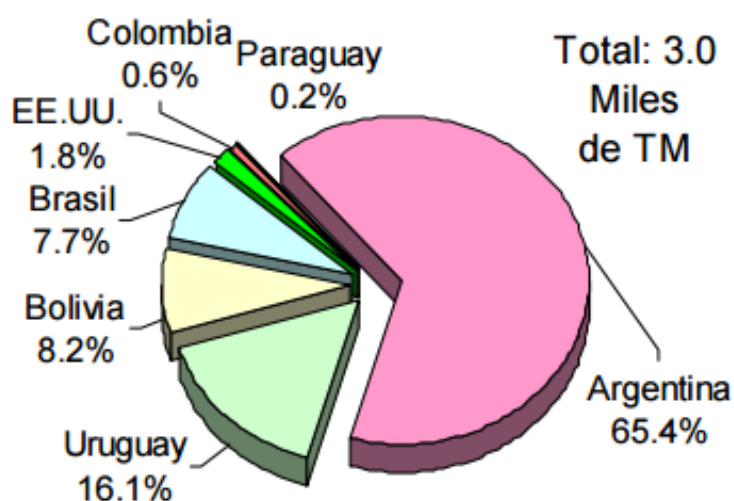
El volumen de carne de res importada ha venido mostrando una tendencia creciente a partir del 2001; en la figura 3 se observa que el costo de la carne aumenta en equilibrio al incremento de los volúmenes importados (TechnoServe 2004).



**Figura 3: Perú - Importación de carne de res (1998-2003).**

**FUENTE:** Tomado de TechnoServe 2004

Los principales países abastecedores de carne de res importada son Argentina y Uruguay (figura 4), estos países poseen una ganadería tecnificada por lo que exportan carne de alta calidad.



**Figura 4: Origen de las importaciones de carne en el Perú 2002.**

**FUENTE:** Tomado de TechnoServe 2004

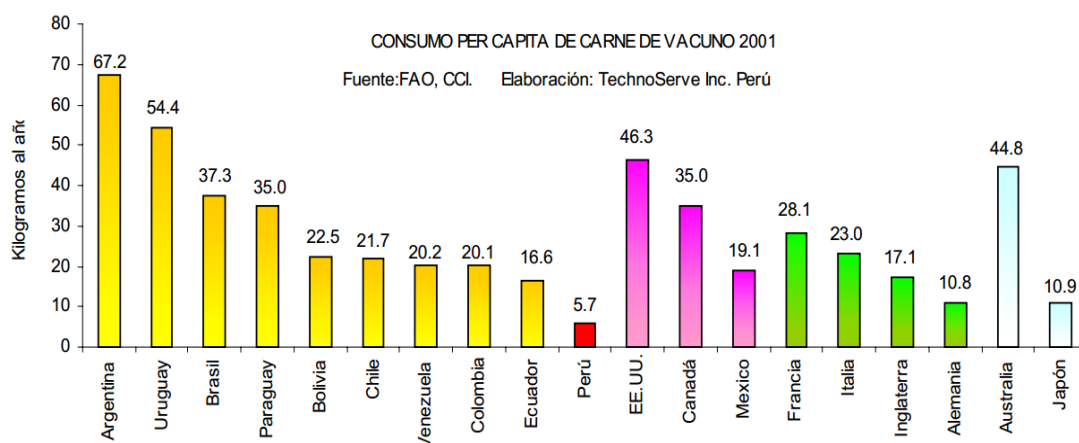


La carne de res importada está destinada primordialmente a los supermercados, su precio al consumidor final es mayor en comparación con el precio de la carne del mercado, por eso este canal de venta se caracteriza por ofertar carne de mejor calidad (con textura suave) e inocua.

### 2.3.3 CONSUMO DE CARNE DE RES

#### a. Consumo per cápita en Sudamérica

En Sudamérica los países que consumen más carne son: Argentina con 67,2 kg/ año, Brasil 37,3 kg/ año, Bolivia 22,5 kg/ año y Chile 21,7 kg/ año (figura 5), es en este último donde el consumo se encuentra asociado al incremento del ingreso *per cápita* de la población, pudiendo destinar más recursos al consumo de proteína animal (TechnoServe 2004).

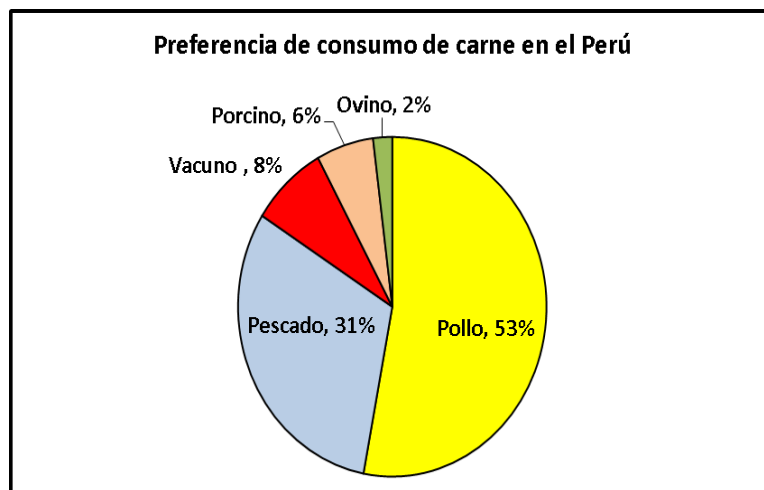


**Figura 5: Consumo per cápita de carne de res 2001.**

**FUENTE:** Tomado de TechnoServe 2004

#### b. Consumo Per Cápita en Perú

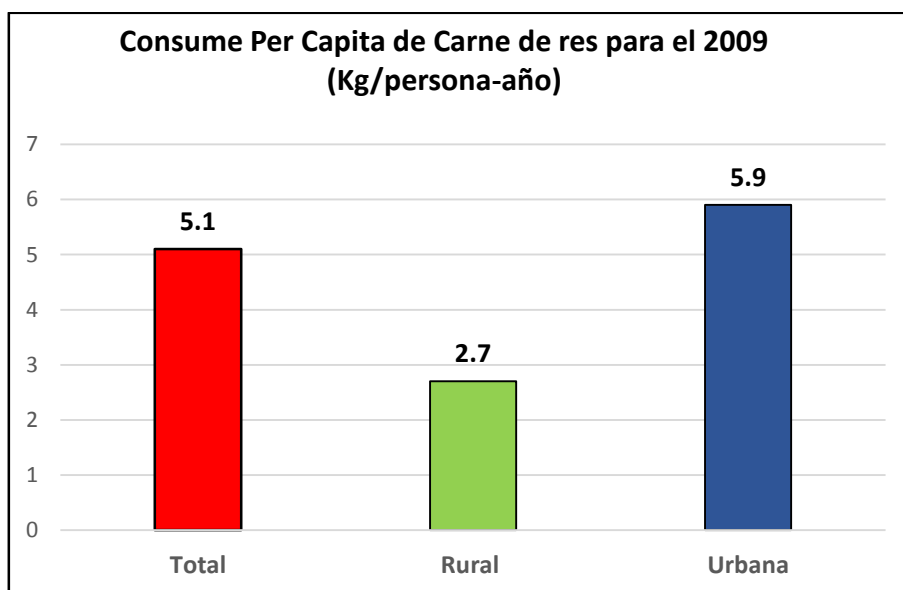
La carne de res es la tercera en preferencia por los peruanos, (8 por ciento del total de consumo de carne), principalmente, por las costumbres de consumo alimenticio en el Perú, calidad de la carne, el precio más alto que otras carnes como la del pollo y por qué existe alta sustitución de carne de res por carne pollo (figura 6).



**Figura 6: Preferencia de consumo de carne en el Perú.**

**FUENTE:** Elaborado con base en Gestión 2014

La carne de res es un alimento que tiene un consumo diferenciado por ámbito geográfico y costumbre alimenticia. En el área urbana se consume en promedio 5,9 kg por persona al año, que significa 2,2 veces más que en el área rural (figura 7).

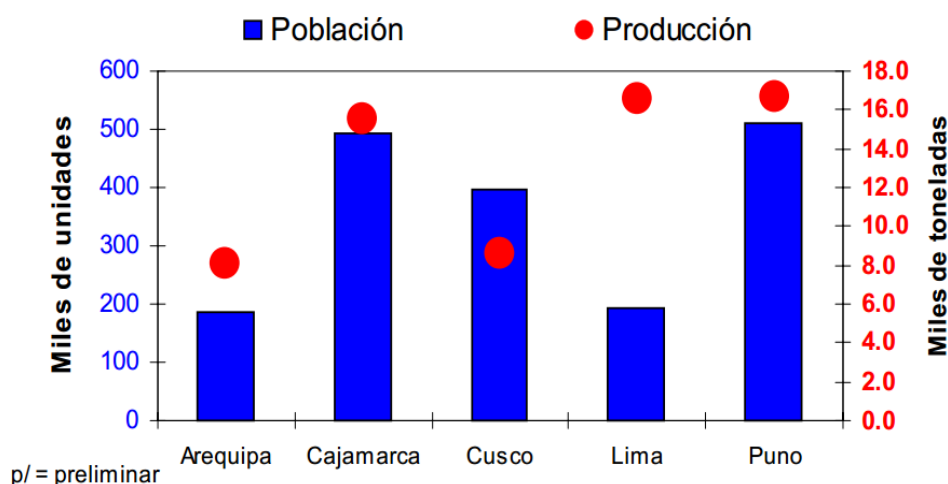


**Figura 7: Consumo promedio *per cápita* anual de carne de res, según ámbito geográfico y principales ciudades (kg por persona).**

**FUENTE:** Elaborado con base en Gestión 2014

### 2.3.4 INDUSTRIALIZACIÓN DE LA GANADERÍA

En el Perú, el mercado más grande se encuentra en Lima, por eso congrega ganado de otras regiones los cuales son beneficiados en los camales de Lima. La figura 8 muestra que la mayoría de camales se encuentran en Lima a pesar de poseer menor volumen de población de ganado, corroborándose de que los animales son sometidos a muchas horas transporte para su beneficio.



**Figura 8: Beneficio del ganado vacuno por departamento - 2002.**

**FUENTE:** Tomado de TechnoServe 2004

### 2.4 CLASIFICACIÓN DEL MÚSCULO

Swatland (1991) menciona que los músculos de los animales de carnicería están formados por tres tejidos fundamentales: muscular, adiposo y óseo. El porcentaje de tejido óseo es muy poco variable. El tejido muscular da origen a la carne, bien solo o acompañado parcialmente por tejido adiposo; además Angulo (1997) señala que el tejido muscular corresponde a la parte carnosa del cuerpo del animal. Este tejido está compuesto de fibras musculares, que son células multinucleares alargadas llamadas sarcómeros, cuya membrana se conoce como sarcolema y el citoplasma como sarcoplasma. El tamaño de los haces de fibras musculares determina la textura del músculo. El conocimiento de la estructura del músculo es esencial para entender las relaciones entre las propiedades del músculo y su empleo como carne.

Ramírez (2004) menciona que el tejido conectivo es aquel que aporta soporte al tejido muscular, es un tejido flexible pero resistente que une y mantiene conexas las diversas partes del organismo, formando los tendones y las membranas envolventes: endomisio, que envuelve cada fibra del tejido muscular; perimisio, que envuelve un conjunto de fibras musculares separándolas en haces; y epimisio, que envuelve un grupo de músculos y forma los tendones.

El tejido muscular es un tejido alta y específicamente organizado, tanto a nivel morfológico como bioquímico, cuyo fin es producir energía química para convertirla posteriormente en trabajo. Existen varias clasificaciones de los músculos, así que se sugiere la recogida por Carballo y López de Torre (1991).

#### **a. Según su color**

- Músculo rojo (R), rico en mitocondrias y mioglobina. Presenta abundante irrigación sanguínea y metabolismo aerobio oxidativo.
- Músculo blanco (W), con escaso contenido en mitocondrias y mioglobina. Tiene poca irrigación y metabolismo anaerobio.

Los músculos blancos son generalmente de contracción rápida ( $\alpha$ ) y los músculos rojos pueden ser de contracción rápida ( $\alpha$ ) o lenta ( $\beta$ ). Los músculos de contracción lenta quemar, en presencia de oxígeno, los ácidos grasos y los glúcidos aportados por la sangre y suelen estar bien irrigados. Por el contrario, los de contracción rápida suelen tener poca mioglobina y estar pobremente irrigados, degradando anaerobia y rápidamente los azúcares (Pearson y Young 1989).

Mediante la combinación de estos factores podemos encontrar en los animales adultos tres tipos de músculos:

#### **• Según su velocidad de contracción y su color (Potter 1973):**

- Músculo rojo de contracción lenta ( $R\beta$ ), generalmente de pequeño diámetro.
- Músculo rojo de contracción rápida ( $R\alpha$ ), de diámetro intermedio.
- Músculo blanco de contracción rápida ( $W\alpha$ ), de gran diámetro.

- **Según su inervación:**

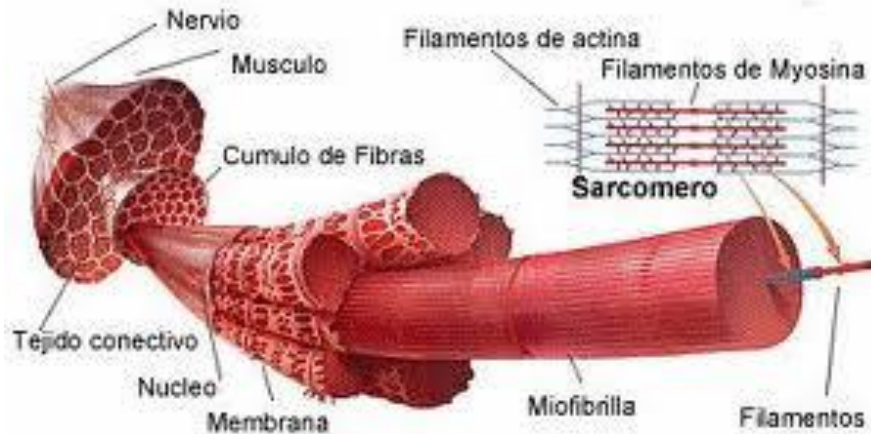
- Músculos lisos de contracción involuntaria (por ejemplo: en tubo digestivo).
- Músculos estriados de contracción involuntaria (cardiaco).
- Músculos estriados de contracción voluntaria (esqueléticos), que deben su nombre al aspecto que presentan bajo el microscopio óptico y que dan lugar, tras la muerte del animal, a lo que se conoce como carne. Comprenden alrededor del 40 por ciento del peso corporal y están formados por grupos de elementos asociados en haces y en grupos de haces, rodeados de tejido conjuntivo y con infiltraciones de grasa (Carballo y López de Torre 1991). Presentan una capa exterior de colágeno rodeando al músculo, llamada epimisio, que se prolonga para formar las aponeurosis y los tendones, por donde el músculo se fija al tejido óseo (Trotter, citado por Onega 2003). El epimisio también se prolonga hacia el interior, rodeando cada haz de fibras musculares, denominándose entonces perimisio. A su vez, cada fibra está rodeada por una capa de colágeno, de elastina y de reticulina, conocida como endomisio (McCormick, citado por Onega 2003).

#### **2.4.1 FIBRA MUSCULAR ESTRIADA**

Swatland (1991) señala que los músculos estriados constan de fibras musculares, que constituyen la unidad diferenciada del tejido muscular. Estas fibras son multinucleadas, largas y más o menos tubulares. Los extremos son cónicos o adelgazados con un diámetro de fibra entre 10 y 100  $\mu\text{m}$  y la longitud de la fibra varía enormemente, desde 1 hasta 40 milímetros. En algunos músculos las fibras siguen una dirección paralela a la del eje del músculo, pero el patrón común es una organización mucho más complicada. En el músculo *m. longissimus thoracis et lumborum*, por ejemplo, las fibras se disponen formando un ángulo con el eje longitudinal del músculo, y el ángulo evoluciona desde una dirección craneal a caudal (Eisenhut, citado por Onega 2003).

En la figura 9 se puede observar la composición de músculo donde las fibras están rodeadas por el sarcolema, que es una membrana excitable eléctricamente, mediante la cual las fibras musculares se unen entre sí o al tejido conectivo. La fibra muscular está constituida por muchas miofibrillas paralelas, que están sumergidas en el sarcoplasma o fluido intracelular. Si se observa la sección longitudinal de una miofibrilla, se detecta una estructura repetida

cada 2,3  $\mu\text{m}$ , denominada sarcómero y que constituye la unidad funcional de la miofibrilla (McCormick 1994).



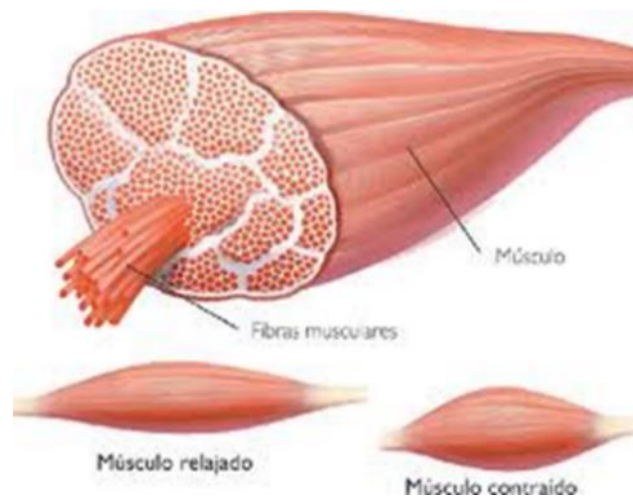
**Figura 9: Representación diagramática de la estructura del músculo.**

**FUENTE:** Tomado de Restrepo y Diego 1991

Las miofibrillas presentan unas estriaciones transversales representadas por las bandas oscuras A (anisótropas, observadas con microscopio óptico bajo luz polarizada), con una región central menos densa, denominada zona H, que presenta en su centro una línea oscura M (Knappéis y Carlsen, citados por Onega 2003). Además, existen unas bandas claras I (isótropas) que se alternan regularmente con las oscuras, y que incluyen una línea estrecha Z muy densa. Con menor frecuencia se ha podido observar en la zona media entre la línea Z y la banda A, una nueva banda oscura llamada banda N (Wang y Williamson, citados por Onega 2003). Dos líneas Z contiguas constituyen un sarcómero (McCormick 1994).

Cuando se produce la muerte del animal el músculo se contrae y la distancia entre dos líneas Z o longitud del sarcómero disminuye. Las miofibrillas están constituidas por dos tipos de filamentos: gruesos, con un diámetro aproximado de 150 A, con la miosina como proteína mayoritaria, además de las proteínas C y M, y delgados, con un diámetro aproximado de 70 A, formados por actina, tropomiosina, troponina y una pequeña cantidad de  $\beta$ -actinina (Price y Schweigert 1994). La banda I sólo posee filamentos delgados, mientras que los gruesos únicamente se encuentran en la zona H de la banda A; por tanto, los filamentos delgados no abarcan la longitud del sarcómero desde una línea Z a otra (Knappéis y Carlsen, citados por Onega 2003). Durante la contracción muscular los filamentos gruesos y delgados se solapan

manteniendo su longitud, pero haciendo que el músculo se acorte hasta un tercio de la misma (Carballo y López de Torre 1991), lo cual se observa en la figura 10.



**Figura 10: Representación del músculo relajado y contraído.**

**FUENTE:** Tomado de Restrepo y Diego 1991

## 2.4.2 COMPOSICIÓN DEL MÚSCULO ESTRIADO

Price y Schweigert (1994) señalan que en las principales especies productoras de carne, el músculo estriado posee un elevado porcentaje de agua. La relación agua/proteína es bastante constante y es indicativa de la calidad de la carne. Las grasas varían mucho dependiendo de la procedencia del músculo, siendo más abundantes en el porcino.

### a. Proteínas

Las proteínas del músculo son trascendentales en los cambios post mortem involucrados en la transformación del músculo en carne, además de ser la mayor fuente de proteína de alta calidad en la dieta humana (Prändl *et al.* 1994). Constituyen el componente mayoritario de la materia seca del músculo estriado.

Amerling, citado por Marrasquin (2016), clasifica las proteínas de la carne en tres grupos: proteínas miofibrilares, sarcoplasmáticas y del estroma. Las proteínas en su totalidad corresponden al 18 por ciento de la composición total del músculo.

Existen múltiples clasificaciones de las proteínas cárnicas (Carballo y López de Torre 1991):

- Según su forma: globulares y fibrosas.
- Según su localización: (a) Extracelulares (están fuera del sarcolema, como el colágeno y la elastina), (b) intracelulares (la mioglobina y las enzimas glucolíticas), (c) miofibrilares (forman parte del apartado contráctil), y (d) reguladoras.
- Según su solubilidad: (a) Sarcoplásmicas (son solubles en agua y funcionalmente son enzimas), (b) miofibrilares (forman el 50-60 por ciento de todas las proteínas cárnicas, son insolubles en agua y solubles en solución salina 1 M; por ejemplo, miosina y actina); y (c) conectivas (insolubles en agua y soluciones salinas; por ejemplo, colágeno y elastina).

Pero la clasificación más aceptada actualmente es la que se refiere simultáneamente a la solubilidad y a la localización de las proteínas. Según esto, se dividen en:

- **Proteínas insolubles o del estroma.** Son insolubles en medio neutro y de bajo valor biológico porque carecen de triptófano y de lisina. La más importante es el colágeno. Constituyen las fibras extracelulares de colágeno, elastina y reticulina que, a su vez, forman parte del tejido conectivo típico que recubre las fibras y haces musculares. Ramírez (2004) menciona que el principal constituyente del tejido conectivo es la proteína de colágeno, seguido de la elastina y la reticulina. El colágeno influye negativamente en la ternura de la carne debido a que posee baja capacidad de retención de agua, se encoje con el calentamiento dejando escapar el agua, no tiene la capacidad de emulsionar ni es hidrosoluble.
- **Proteínas solubles en solución salina concentrada o miofibrilares.** Varnam y Sutherland, citados por Marrasquin (2016), señalan que estas son las abundantes, constituyendo el 65-75 por ciento del total de las proteínas, además son las más importantes desde el punto de vista funcional. En este grupo se incluyen un gran número de proteínas asociadas con los filamentos gruesos y delgados del tejido muscular, destacando la actina, miosina, actomiosina, tropomiosina, troponina, actininas, proteínas C y M. Todas estas proteínas tienen, de una u otra forma, una gran importancia en los cambios bioquímicos que suceden tras el sacrificio del animal. De las proteínas miofibrilares, las más importantes son la actina y la miosina, que se encargan de transformar la energía química en energía mecánica durante la contracción y relajación muscular del animal vivo. Las proteínas miofibrilares tienen gran



importancia a nivel tecnológico, la miosina y la actina, y en menor proporción la tropomiosina, son las principales responsables de la CRA. El punto isoeléctrico de estas proteínas se alcanza a un pH de 5,0. En este punto existe un máximo de enlaces iónicos, por lo que la matriz proteica está contraída. Al elevar el pH aumentan las cargas negativas, las moléculas de proteína se repelen entre sí y la matriz proteica se ensancha. Al mismo tiempo se incrementa la fuerza de atracción eléctrica de los dipolos de agua, lo cual ocasiona una elevación de la CRA, un efecto análogo sucede del lado ácido cuando se incrementan las cargas eléctricas positivas (Varnam y Sutherland, citados por Marrasquin 2016).

- **Proteínas solubles en solución salina diluida o sarcoplásmicas.** A este grupo pertenecen dos tipos principales de proteínas: el primero compuesto de enzimas, y el segundo de sustancias que participan en el color de la carne como la mioglobina y pequeñas cantidades de hemoglobina, dado que esta se elimina, en su mayoría, durante la sangría. Amerling, citado por Marrasquin (2016), menciona que la proteína sarcoplasmática es la mioglobina, que es básicamente un pigmento respiratorio con capacidad de fijar el oxígeno transportado por la sangre y que confiere a la fibra su característica coloración roja

A continuación, se citan las principales proteínas cárnicas que influirán de un modo u otro en la calidad final de la carne. La miosina es la proteína muscular que posee mayor capacidad de retención de agua, de emulsión y de gelificación, propiedades funcionales muy importantes en tecnología de alimentos (Carballo y López de Torre 1991). Está formada por dos cadenas enrolladas entre sí, que presentan varias zonas  $\alpha$ -hélice hacia uno de sus extremos, y hacia los otros varios grupos sulfhídricos, que forman la parte más voluminosa y activa de la molécula, porque se relaciona con la actina y posee actividad GTPásica (Lowey y Goldstein, citados por López 1987).

Tratada con tripsina, la miosina rinde dos moléculas, meromiosina ligera (LMM) y meromiosina pesada (HMM). Esta última molécula, tratada con papaína, da lugar a dos fracciones, la S1 o fracción de cabeza y la S2 o fracción de cola (Swatland 1991). Es la porción de meromiosina pesada de la molécula de miosina la que forma los puentes cruzados con los filamentos finos durante la contracción y el *rigor mortis* (Huxley y Brown 1967; Reedy, citado por Onega 2003).

La miosina se une a los filamentos delgados de actina por la fracción S1, formando el complejo actomiosina durante la contracción muscular. En presencia de ATP, este complejo se rompe formando actina libre y miosina-ATP. A continuación, se hidroliza el ATP, quedando miosina-ADP-Pi, que tiene elevada afinidad por la actina y ya está preparada para iniciar de nuevo el ciclo de unión a la actina. Esta actina presenta poca afinidad por el complejo miosina-ATP y acelera la liberación del ADP del complejo ADP-Pi-actomiosina (Lymn y Taylor 1971). La actividad ATPasa de la miosina se ha correlacionado con la velocidad máxima de acortamiento del músculo (Bárány, citado por Onega 2003).

La actina es una proteína globular, constituida por una cadena polipeptídica simple que une una molécula de nucleótido (ATP o ADP) y un catión divalente (calcio o magnesio) por monómero (Straub y Feuer, citados por Onega 2003). Los filamentos delgados están formados principalmente por dos moléculas de actina, que presentan dos formas, globular o actina G, que se polimeriza favorecida por la  $\beta$ -actinina, y forma la actina F o fibrosa (Swatland 1991). Posteriormente se descubrió que también existe una forma L-actina que favorece la polimerización de la G-actina y su transformación en F-actina (Bechtel 1986). Tiene un elevado valor biológico por su contenido en triptófano y cistina.

La tropomiosina es una molécula  $\alpha$ -helicoidal formada por dos cadenas, que presenta dos tipos de subunidades,  $\alpha$  y  $\beta$  (Cohen y Holmes, citados por Onega 2003). Su composición en aminoácidos es similar a la de la miosina y se coloca en los surcos que forman al enrollarse las dos F-actinas, estabilizando el filamento delgado. La tropomiosina se encuentra generalmente unida a la troponina formando la tropomiosina activa su ausencia de prolina y triptófano (Carballo y López de Torre 1991).

La troponina es importante en la relajación-contracción muscular (Mannherz y Goody, citados por Onega 2003). Está formada por tres fracciones, la troponina T (unida fuertemente a la tropomiosina), la troponina C (se une a los iones calcio) y la troponina I (inhibe la interacción entre miosina y actina). Al iniciarse la contracción muscular se libera una gran cantidad de iones calcio, atrapados por la troponina C, que aumenta la avidez por las otras dos fracciones de troponina, dejando libre a la actina para formar complejo con la miosina (Bechtel 1986).

Existen otra serie de proteínas que ejercen funciones reguladoras, como las actininas, que regulan el estado físico de la actina (Price y Schweigert 1994), o como las denominadas proteínas reguladoras menores, asociadas a los filamentos de miosina y actina. Algunas de ellas son: la proteína C, la proteína M, la proteína F y la proteína I (Ohashi *et al.*, citados por Onega 2003).

Las proteínas del citoesqueleto representan una clase de proteínas que desempeñan un papel estructural en la arquitectura de la miofibrilla y de la célula muscular. Se cree que estas proteínas dan continuidad mecánica a lo largo de la miofibrilla, y que en última instancia son las que proporcionan elasticidad a la fibra. Las más importantes son la conectina o titina (Maruyama *et al.*, citados por Onega 2003).

Las proteinasas del músculo se clasifican en tres grupos según su pH óptimo. Hay proteasas alcalinas y neutras (Bird *et al.*, citados por Onega 2003), que parecen ser enzimas solubles libres en el plasma, y hay proteasas ácidas o catepsinas encontradas en el interior de los lisosomas (Price y Schweigert 1994). La proteasa neutra activada por el calcio o CANP parece estar relacionada con el proceso de ablandamiento post mortem (Abbott, citado por Marrasquin 2016). Aunque hay que señalar que el pH del músculo tras el sacrificio es mucho más bajo que el óptimo de la enzima, y frecuentemente se encuentra en un nivel en el que la actividad de la enzima queda completamente inhibida.

La mioglobina es la principal responsable del color de la carne y sirve como depósito o transportador de oxígeno en el músculo vivo. El oxígeno que llega al músculo con la hemoglobina difunde desde los capilares a la fibra muscular, donde es unido a la mioglobina para su posterior uso en el metabolismo aerobio. La molécula de mioglobina consta de un grupo proteico, la globina, y de un grupo prostético hemo, con un átomo de hierro y un anillo de porfirina que consta de cuatro grupos pirrólicos (Cross *et al.*, citados por Onega 2003). El átomo de hierro presenta seis enlaces de coordinación, cuatro de los cuales están ocupados por el anillo de porfirina, y con el quinto se une al nitrógeno imidazólico de la histidina de la cadena polipeptídica. El sexto enlace de coordinación queda libre para unirse al oxígeno o a otras moléculas, determinando las propiedades y el color del complejo (Bodwell y Anderson 1986).

La mioglobina, en la carne fresca, está presente en tres formas diferentes que se intercambian constantemente: mioglobina reducida o desoximioglobina, de color rojo púrpura, con hierro ferroso ( $\text{Fe}^{2+}$ ), cuando la presión parcial de oxígeno es baja, como en el interior de la carne. Mioglobina oxigenada u oximioglobina, de color rojo brillante, con hierro ferroso ( $\text{Fe}^{2+}$ ), que se forma cuando la proteína entra en contacto con el oxígeno, como en la superficie de la carne. Y mioglobina oxidada o metamioglobina, de color pardo, con hierro férrico ( $\text{Fe}^{3+}$ ). La mioglobina reducida de color púrpura, en presencia de oxígeno, se puede transformar en oxihemoglobina, del color rojo brillante típico de las carnes (Clydesdale y Francis, citados por Marrasquin 2016), o en metamioglobina, que confiere un color marrón menos deseado (Hood y Riordan, citados por Onega 2003). En la carne fresca la producción de sustancias reductoras naturales provoca la reducción continua de metamioglobina a mioglobina, siempre que exista oxígeno en el medio (Cross *et al.*, citados por Onega 2003).

El colágeno, junto con la elastina, forma parte de las proteínas del tejido conectivo, desempeñando un papel determinante en la dureza de la carne. La unidad fundamental del colágeno, el tropocolágeno, está formado por tres cadenas polipeptídicas en hélice, unidas por enlaces muy fuertes (Harper, citado por Marrasquin 2016). El colágeno tiene un 30 por ciento de glicina y un 25 por ciento de prolina e hidroxiprolina. Cuanto más abundantes sean estos aminoácidos, más rígido y resistente es el colágeno. La hélice de tropocolágeno presenta en uno de sus extremos grupos ionizados que favorecen la formación de enlaces. Las moléculas de tropocolágeno se asocian entre sí formando fibrillas; para ello, se orientan todas en el mismo sentido, dislocadas 64 nanómetros la una con relación a la otra, lo que explica la estructura cristalina del colágeno, así como su rigidez y resistencia a la masticación. Las modificaciones extracelulares convierten la molécula de tropocolágeno en colágeno y lo incorporan a una fibrilla entrelazada estable (Onega 2003).

El colágeno es la proteína más abundante en los mamíferos, pero la de peores propiedades funcionales, ya que tiene baja capacidad de retención de agua. Al carecer de triptófano y de cisteína es de bajo valor biológico, pero de fácil digestión. Forma parte del epimisio, endomisio y perimisio de los músculos y existen cinco tipos principales de colágeno (además de otros minoritarios), que se diferencian en la secuencia de aminoácidos (Onega 2003):

- Colágeno I, constituye el 90 por ciento del total, forma el epimisio y el perimisio
- Colágeno II, presente en el músculo, además de en otros tejidos

- Colágeno III, se encuentra en el perimisio y en menor proporción en el endomisio.
- Colágeno IV, presente en mayor proporción en el endomisio (Bateman *et al.* 1996).
- Colágeno V, aislado de muchos tejidos, incluyendo el muscular. Está en forma de trazas en el perimisio (Bateman *et al.* 1996).

El contenido en colágeno depende de muchos factores. Dentro de la misma especie y raza, el contenido en colágeno se ve influido tanto por la edad como por el tipo de músculo (Horgan *et al.*, citados por Marrasquin 2016), pudiendo llegar a ser hasta tres veces superior en un músculo que en otro (Heinze *et al.*, citados por Onega 2003).

Este contenido también varía en un mismo músculo desde la periferia a la parte más interna del mismo (Beltrán y Roncales 2000). Diversos estudios realizados en animales de abasto aportan informaciones contradictorias respecto a los cambios cuantitativos que se producen en función de la edad. Bornstein y Traub, citados por Onega (2003), entre otros, observan un incremento del contenido en colágeno con la edad del animal, mientras que no encuentran una relación significativa entre ambos factores. Kurosu, citado por Onega (2003), sin embargo, señala que cuanto más viejo es el animal menos cantidad de colágeno posee el músculo. La edad no influye tanto en el contenido como en la calidad, porque aumenta el número de enlaces, provocando una textura mucho más dura (Kopp, citado por Onega 2003). Los puentes cruzados son vitales para la función normal de las fibras y estos puentes cruzados maduros son estables a altas temperaturas y valores extremos de pH (Hill, citado por Onega 2003).

## **b. Grasas**

La grasa es un componente mayoritario de la canal de los animales de abasto. Comprende el 18-30 por ciento del peso de la canal del ternero y el 12-20 por ciento del peso vivo de un cerdo listo para el mercado. Por su parte Hernández (1999), menciona que la carne está constituida de 2-13 por ciento de grasa. Los valores inferiores son generalmente consecuencia de la raza o de criterios comerciales (Prändl *et al.* 1994). Hernández (1999) señala que el tejido graso o adiposo presente en la carne es un aspecto que depende factores como la edad, raza, sexo, alimentación y castración del animal.

El término «grasa animal» comprende usualmente todas las especies de lípidos, incluyendo triglicéridos (los más abundantes), fosfolípidos, esteroides, ésteres de esteroles y otros lípidos

si están presentes. En la carne los lípidos están localizados en el tejido adiposo (subcutáneo e intermuscular) y en el tejido muscular (Pearson 1986). A pesar de que se puede controlar la cantidad de grasa visible de la carne que es ingerida, recortándola antes o después del procesado, incluso las carnes más magras contienen algo de grasa (2-3 por ciento) (Dugan 1994).

Los lípidos de la carne son compuestos solubles en disolventes orgánicos y contienen en su composición ácidos grasos, predominando los ácidos grasos libres y esterificados. Se presentan con cadenas de 2 a 30 carbonos, tanto saturadas como no saturadas, en forma *cis*. Pueden estar esterificados con glicerina, como los triglicéridos (los más abundantes), los diglicéridos y los monoglicéridos (Prändl *et al.* 1994). En la carne también se encuentran fosfolípidos y esfingomielinas, siendo la concentración de colesterol y de fosfolípidos relativamente constante en el músculo esquelético (Bodwell y Anderson 1986).

Los fosfolípidos son componentes esenciales de las membranas celulares, ayudan a regular el metabolismo celular y son relativamente constantes (0,8-1,0 por ciento) en los tejidos magros (Horstein *et al.*, citados por Onega 2003). Cuando son expuestos al aire ocurren cambios marcados en el aroma, el color y el *flavor* de la carne, que se aceleran con el calentamiento (Sato y Hegarty, citados por Onega 2003). La composición en ácidos grasos, además de ser importante para la consistencia, influye en la calidad organoléptica. Cuanto mayor es el índice o presencia de ácidos grasos no saturados, mayor es la probabilidad de oxidación en detrimento de la calidad. Los ácidos grasos insaturados más comunes en la grasa cárnica son: el ácido oleico, el linoleico y el linolénico (Bodwell y Anderson 1986).

El colesterol, aunque es un componente minoritario de los lípidos, tiene importantes funciones fisiológicas y aparece en todos los tejidos animales como componente esencial de la membrana celular. Los músculos magros de vacuno, cerdo y cordero contienen 60-80 mg de colesterol total por 100 g, del que más del 90 por ciento se encuentra en forma libre (Lawrie 1998).

Los lípidos del tejido muscular son los que se ingieren con la carne cuando se quita la grasa de alrededor, y se subdividen en intramusculares e intracelulares. Los lípidos intramusculares forman parte de las fibras musculares y dan a la carne un aspecto marmóreo (*marbling* o *veteado*). La composición es similar a la del tejido adiposo, pero la

grasa intramuscular es más fácilmente alterable al estar en contacto con sustancias del músculo con actividad oxidante. Estos lípidos dan jugosidad a la carne y, además, la grasa es un aislante que permite que la carne infiltrada pueda ser sometida a mayores tratamientos térmicos con poca pérdida de calidad. Los lípidos intracelulares forman parte de las mitocondrias, membranas, etc., y están compuestos principalmente por fosfoglicéridos y lipoproteínas (Carballo y López de Torre 1991).

A pesar de que la grasa animal es considerada generalmente como «saturada», los ácidos grasos saturados contribuyen a menos del 50 por ciento del total de ácidos grasos de la carne. Las grasas cárnicas contienen un mayor porcentaje de ácidos grasos saturados que la mayoría de los aceites vegetales y, en general, menos ácidos grasos esenciales. Dos ácidos grasos poliinsaturados presentes en la grasa cárnica, el linoleico y el araquidónico, son esenciales para los humanos y han de ser aportados por la dieta, ya que no pueden ser sintetizados por el organismo. Sin embargo, el ácido linoleico puede ser convertido en araquidónico en los tejidos (Dugan 1994).

Las grasas de la carne pueden sufrir una alteración hidrolítica consistente en la liberación de ácidos grasos por la acción de lipasas y fosfolipasas, principalmente de los microorganismos y, en menor medida, por las propias de la carne. Esta alteración apenas influye en el sabor. También se da una alteración oxidativa que produce grandes pérdidas económicas, aunque es deseable en ciertos productos (curados) siempre que esté controlada. Se presenta, a su vez, bajo dos formas, la autooxidación y la oxidación catalítica (Watt y Merrill 1963). La primera de ellas produce un olor a rancio característico y se acelera cuando la carne se almacena a temperaturas elevadas (Dugan 1994).

Por su parte, la oxidación catalítica exige la presencia de un hidroperóxido y la intervención de los grupos hemo, proporcionando también aromas al producto. Existen diferencias entre la carne de diferentes especies en su susceptibilidad a la oxidación lipídica, así como entre diferentes tejidos en la misma especie. Por ejemplo, los lípidos de vacuno son más estables que los de pollo (Onega 2003). La dieta de los animales antes del sacrificio puede alterar la susceptibilidad de los tejidos a la oxidación (Pearson 1986). También influyen las condiciones climáticas presentando grasas más saturadas las carnes de zonas más frías. Además, influye el sexo en la cantidad, siendo mayor en las hembras que en los machos castrados, y en estas que en los machos enteros (Barriada, citado por Onega 2003). En la

fracción liposoluble están presentes los aromas característicos de la especie animal de que se trate y de la alimentación a la que están sometidos. Pueden ser aromas agradables o desagradables, como el olor sexual del verraco (Patterson, citado por Onega 2003) o el WOF (*Warmer Over Flavor*) (Watt y Merrill 1963), que se desarrolla en la carne cocida y refrigerada durante 48 horas, debido a la oxidación catalítica que provoca la desnaturalización por el calor de la mioglobina.

### **c. Carbohidratos**

Numerosas moléculas del organismo que juegan un papel fundamental en el metabolismo, o que funcionan como componentes estructurales, contienen una porción glucídica. En los tejidos animales, el contenido en glúcidos representa el uno por ciento del peso húmedo. De acuerdo a Hernández (1994), la cantidad de glucógeno presente en el sacrificio, y la velocidad del proceso de glicolisis *post mortem*, afectan al color del músculo, a la textura, a la capacidad de retención de agua, a la capacidad emulsificante y a su vida útil. Además, Merckel, citado por Beltran y Roncales (1994), indica que los proteoglicanos y los glucosaminglicanos, que son glúcidos unidos a otras moléculas, y que están asociados a la matriz extracelular de los tejidos conectivos, contribuyen indudablemente a la dureza de la carne.

White *et al.*, citados por Nega (2003); señalan que los carbohidratos son polihidroxialdehídos o polihidroxicetonas y sus derivados. Se clasifican según el número de unidades simples de azúcar que contienen en mono-, di-, tri-, oligo- o polisacáridos. Los glúcidos en el organismo animal son monosacáridos, polisacáridos, sus intermediarios glicolíticos, o porciones de moléculas tales como ácidos nucleicos, nucleótidos, nucleósidos y algunas proteínas (glicoproteínas) y lípidos (glicolípidos). Las pentosas y las hexosas son los monosacáridos predominantes, y el más abundante es la D-glucosa que interviene en el metabolismo de todas las células.

Según Hascall y Kimura, citados por Onega (2003), se establece una división entre los polisacáridos de reserva y los estructurales. El polisacárido de reserva más importante es el glucógeno, que se almacena en muchos tejidos, pero fundamentalmente en el músculo esquelético y cardíaco y en el hígado. El contenido normal en el tejido muscular esquelético es del 0,5-2,0 por ciento con una media de algo menos del uno por ciento. Los polisacáridos estructurales se asocian con el tejido conectivo, y se incluyen los glicosaminglicanos y los



proteoglicanos, presentes en la matriz extracelular o sustancia fundamental amorfa del tejido conectivo y funcionan como cementante intercelular, como barrera protectora contra agentes invasores, como lubricante, como reservorio de agua y microiones, y como regulador de la distribución de varias macromoléculas por exclusión estérica. Para Merkel, citado por Onega (2003), son esenciales en el mantenimiento de la integridad estructural de muchos tejidos conectivos). Prändl *et al.* (1994) mencionan que el contenido en glucógeno no tiene, en realidad, ningún significado desde el punto de vista nutritivo. Sin embargo, es esencial para la acidificación *post mortem* de la carne (pH final) y tiene una importante repercusión sobre la conservabilidad, el sabor y la dureza de la carne.

#### **d. Compuestos inorgánicos**

Bodwell y Anderson (1986) señalan que para que el cuerpo humano pueda hacer frente a sus necesidades nutricionales, las vitaminas y minerales de la carne presentan una gran disponibilidad. Al contrario que la mayoría de alimentos vegetales, la carne no contiene sustancias, como taninos o fitatos, que puedan interferir en la digestión o absorción de estos compuestos.

Prändl *et al.* (1994) mencionan que, en la conversión del músculo en carne, los constituyentes inorgánicos juegan un papel significativo, directa o indirectamente. La concentración de compuestos con fosfato inorgánico y de alta energía regula, con toda seguridad, las reacciones glucogenolíticas. El calcio, el magnesio, el sodio y el potasio están relacionados directamente con el proceso de contracción en el músculo vivo, el magnesio y, particularmente, el calcio, contribuyen indudablemente al estado de contracción *post mortem*, afectando a la dureza de la carne. Price y Schweigert (1994) mencionan que los iones antes mencionados afectan a la capacidad de retención de agua por su contribución en los efectos estéricos.

En los músculos frescos el contenido en minerales es de un uno por ciento. El hierro se encuentra en su mayor parte asociado a compuestos orgánicos (mioglobina, hemoglobina y derivados) y, por ello, es mejor absorbido a nivel intestinal que el procedente de alimentos vegetales (Godber, citado por Hernández 1994). La carne también es una importante fuente de zinc, porque se encuentra formando combinaciones que favorecen su absorción; sin embargo, es bastante pobre en calcio (Moreiras *et al.*, citados por Onega 2003).

Las cantidades de las diferentes vitaminas presentes en un trozo de carne dado dependen de la especie, la edad, el grado de engrasamiento, el tipo de alimentación y la localización en la canal. Rice *et al.*, citados por Onega (2003), mostraron que las proporciones de las vitaminas entre un músculo y otro eran constantes de animal a animal. En la carne hay pocas vitaminas A y C y, además, se pierden en gran medida durante el procesado y cocinado. La carne también contiene cantidades insignificantes de vitaminas D, E y K (Moreiras *et al.*, citados por Onega 2003).

Muchas de las vitaminas de la carne, como la riboflavina y la niacina, son relativamente estables frente a los procedimientos de cocinado o procesado, aunque puedan aparecer cantidades sustanciales en la salsa o en el líquido de goteo. La tiamina y, en menor medida, la vitamina B6, son termolábiles. Estas vitaminas son parcialmente destruidas en el curso de procesos como el curado, el ahumado, el enlatado, la deshidratación y el tratamiento con radiaciones ionizantes. La vitamina B6 es más estable y sufre un 50 por ciento menos de pérdidas que la tiamina. Grandes asados, que deben ser cocinados durante largo tiempo, sufren mayores pérdidas que filetes o chuletas que se cocinan rápidamente y con un mínimo de agua. Además de las cantidades destruidas, parte de estas vitaminas se lixivian desde la carne hacia la salsa. Esta pérdida no excede del 20 por ciento a menos que se cueza (Bodwell y Anderson 1986). El tratamiento con microondas tiene aproximadamente el mismo efecto sobre las vitaminas que el cocinado tradicional, pero produce pérdidas por goteo algo mayores (McCrae y Paul, citados por Onega 2003). El almacenamiento en refrigeración o en congelación tiene nulo o muy débil efecto sobre los contenidos de vitaminas de la carne (Somers y Hagen, citados por Garrido y Bañón 2000).

#### **e. Agua**

Hernández (1999) menciona que el agua de la canal se encuentra principalmente en el tejido muscular magro, el tejido adiposo contiene poca agua. Por tanto, cuanto mayor sea la proporción de grasa, tanto menor será el contenido acuoso total de la canal o de una pieza de carne. Esta relación inversa es independiente de otros factores que afectan a la composición química corporal (sexo, raza, edad, alimentación, etc.) (Lawrie 1998).

Cuantitativamente, el agua es el constituyente más importante de la carne. La carne cruda, inmediatamente después del sacrificio, puede contener alrededor del 75 por ciento de agua (parte de esta agua se pierde por diversos procesos: por evaporación durante el enfriamiento

de las canales (hasta un dos por ciento en el caso del bovino); por goteo al seccionar los tejidos (hasta un seis por ciento, que puede doblarse tras la descongelación). Sin embargo, el proceso que provoca mayores pérdidas es el cocinado de la carne, ya que pueden superar el 40 por ciento.

El agua del músculo se encuentra en un 70 por ciento en las proteínas miofibrilares, en un 20 por ciento en las sarcoplásmicas y en un 10 por ciento en el tejido conectivo (Hamm 1986). Este contenido varía con el de grasa; si la grasa aumenta, el agua decrece y se aproxima al contenido de agua del tejido adiposo, cercano al 10 por ciento. La proporción entre proteína y agua es casi constante en un amplio rango de contenido graso. Esta regla se aplica a la carne de cerdo procedente de animales con un peso vivo al sacrificio de más de 90 kg y a la de vacuno con pesos vivos superiores a los 450 kg. En animales más jóvenes esta relación es menor (Price y Schweigert 1994).

Muchas de las propiedades físicas de la carne, como el color, la textura, la firmeza de la carne cruda, así como la jugosidad palatabilidad y dureza de la cocinada depende en parte de la capacidad de la retención de agua de la carne, íntimamente relacionada con el pH final de la misma.

#### - **Capacidad de retención de agua (CRA)**

Arango (2001) menciona que la importancia de la mordida, la cual está asociada a la jugosidad, es un atributo de calidad que contribuye a la aceptabilidad de la carne. El concepto de jugosidad mientras se consumen la carne es difícil de describir y cuantificar, sin embargo, tiene un gran efecto sobre los demás atributos sensoriales de la carne. La resequedad está asociada con el decremento de los demás atributos de palatabilidad, especialmente con la carencia de sabor y el incremento de la dureza, y a su vez está íntimamente relacionada con la capacidad de retención de agua.

Para Hamm (1986) el término «CRA» se define como la propiedad de una proteína cárnica para retener el agua tanto propia como añadida, cuando se somete a un proceso de elaboración. Otros autores distinguen la CRA como capacidad de retener el agua propia y la CLA (capacidad de ligar agua) como capacidad para retener el agua añadida (Carballo y López de Torre 1991).

De esta propiedad dependen otras como el color, la dureza y la jugosidad de la carne y de los productos cárnicos (Hamm 1986). Determina dos importantes parámetros económicos: las pérdidas de peso y la calidad de los productos obtenidos. Las pérdidas de peso se producen en toda la cadena de distribución y transformación y pueden alcanzar al 4-5 por ciento del peso inicial, siendo corrientes pérdidas del 1,5 al 2 por ciento.

No se sabe con total certeza como se encuentra el agua en el músculo, aunque mediante estudios de resonancia magnética nuclear se ha concluido que existe un cinco por ciento imposible de separar y el 95 por ciento restante está considerada como agua libre, capaz de migrar (Hazlewood *et al.*, citados por Onega 2003). En la década de los 70, Fennema (1982) lanzó una teoría, generalmente aceptada, que supone que el agua está unida al músculo en tres formas diferentes:

- Agua de constitución, el cinco por ciento del total. Forma parte de la misma carne y no existe forma de extraerla.
- Agua de interfase, unida a la interfase proteína-agua. A su vez se subdivide en agua vecinal, más cercana a la proteína, formando dos, tres o cuatro capas, y agua multicapa, que está más alejada de las proteínas.
- Agua normal. Se subdivide en dos tipos: agua ocluida, que está retenida en el músculo envuelta en las proteínas gelificadas, y agua libre, que es la que se libera cuando se somete la carne a tratamiento térmico externo

La CRA depende de dos factores fundamentales: el tamaño de la zona H, que es el espacio donde se retiene el agua, y la existencia de moléculas que aporten cargas y permitan establecer enlaces dipolo-dipolo con las moléculas de agua. El agua en la carne está predominantemente escondida en la red de las miofibrillas, incluso tras la homogeneización de la carne. El volumen de las miofibrillas es crucial en su capacidad para unir agua (Wismer-Pedersen, citado por Onega 2003). La relativa rigidez de las líneas Z y M impone límites al aumento de volumen. Este aumento también se halla limitado por las fibras de tejido conectivo y membranas que rodean a la fibra muscular.

Un factor limitante de la repulsión de los filamentos inducida por el pH son los puentes que se establecen en el rigor mortis (Sayre y Briskey, citados por Onega 2003). El descenso del pH o la adición de cationes divalentes están asociados con un incremento en el espacio extra

celular (Heffron y Hegarty, citados por Onega 2003). Los cambios en la CRA son indicadores muy sensibles de cambios en las proteínas miofibrilares (Hamm 1986).

## 2.5 CONVERSIÓN DEL MÚSCULO EN CARNE

De acuerdo a Bendall (1961), evidentemente la conversión de los músculos en carne tiene lugar después de que los animales han sido sacrificados. El músculo es un tejido vivo cuya actividad contráctil característica es regulada normalmente de una forma determinada por el sistema nervioso. Cuando los músculos se han convertido totalmente en carne ya no son capaces de contraerse mediante deslizamiento de los filamentos. Sin embargo, la conversión comercial de los músculos en carne no es un suceso instantáneo (Swatland 1991). Después de ser sangrado un animal, las fibras musculares sobreviven durante algún tiempo mediante glicólisis anaerobia, aunque más tarde o más temprano agotan la energía (Bendall 1961). Puede agotarse, bien su depósito primario de carbohidratos, el glucógeno, o bien el producto final de la glicólisis anaerobia, el lactato. Es entonces cuando las fibras musculares comienzan a perder su integridad al no disponer de energía (Bodwell y Anderson 1986).

Los hechos que deberán producirse para la conversión óptima de los músculos en carne son bastante complejos. El pH deberá descender como consecuencia de la formación de lactato por glicólisis anaerobia. La formación incorrecta de lactato puede traducirse en la obtención de carnes oscuras, firmes y secas (DFD), que son carnes con un pH último elevado de más de 6,0 unidades (Fisher y Hamm 1980). Por otro lado, un exceso de lactato, formado con demasiada rapidez mientras los músculos se encuentran aún calientes, genera un descenso muy rápido del pH, y puede originar carnes pálidas, blandas y exudativas (PSE) (Brennan 1980).

Tras el sacrificio, debido al fenómeno conocido como *rigor mortis* los músculos aparecerán consistentes como resultado de la formación de enlaces cruzados entre sus filamentos gruesos y delgados (Marsh y Carse, citados por Onega 2003). Sin embargo, la formación de un exceso de enlaces cruzados puede provocar dureza en la carne. El largo periodo que transcurre durante la conversión de los músculos en carne es llamado acondicionamiento o maduración, y durante el mismo se liberan las propias enzimas de la carne (Swatland 1991). Así, por ejemplo, las enzimas proteinasas comienzan la digestión de las proteínas de la carne,

fragmentándolas, lo que se traduce en un ablandamiento lento (Abbott, citado por Marrasquin 2016).

### 2.5.1 *RIGOR MORTIS*

El proceso bioquímico hasta el comienzo de la rigidez cadavérica o rigor mortis puede dividirse en dos fases. Una primera fase en la que la flexibilidad y la elasticidad del músculo permanecen inalteradas. La carne es blanda y elástica. Esta fase tiene una duración variable, de 1 a 20 horas, dependiendo de la reserva de glucógeno y creatinfosfato, así como de la temperatura del músculo. La hidrólisis del ATP aumenta como consecuencia de la disminución progresiva del pH, pero permanece compensada por la capacidad de resíntesis del ATP (Pearson 1986).

Una segunda fase en la que la extensibilidad y elasticidad disminuyen rápidamente, en unas dos o tres horas. Esto es debido a la desaparición del ATP y al incremento de la concentración de calcio, que conduce a la unión irreversible de actina y miosina, dando lugar a la instauración de la rigidez cadavérica (Bendall 1961).

El periodo de tiempo que transcurre hasta la aparición de la rigidez cadavérica depende, como ya se ha mencionado, de ciertos factores internos y externos. Los factores internos más importantes son la cuantía de la reserva de glucógeno y de creatinfosfato. Cuantos mayores sean los niveles de estos compuestos del músculo en el momento del sacrificio más tarde aparecerá la rigidez cadavérica y viceversa. Como factor externo ejerce una gran influencia la temperatura (Greaser 1986). La glicólisis y la consiguiente caída del pH, transcurren más lentamente cuanto menor es la temperatura de la carne. Con el enfriamiento rápido de la carne los procesos post mortem son retardados y la rigidez cadavérica aparece más tarde que cuando la temperatura de la carne es mayor (Marsh y Carse, citados por Onega 2003).

Los procesos bioquímicos se detienen, casi por completo, cuando la carne se congela antes de la aparición de la rigidez cadavérica. De esta forma el *rigor mortis* se presenta sólo cuando la carne se descongela, dando lugar al fenómeno denominado rigor de la descongelación o *thaw rigor*. Este fenómeno causa excesivas pérdidas de agua por goteo en los tejidos tras la descongelación (Marsh y Carse, citados por Onega 2003). Por otro lado, el enfriamiento rápido de la carne después del sacrificio a temperaturas inferiores a los 14 °C provoca una

contracción irreversible de la musculatura de bóvidos y óvidos, denominada acortamiento por el frío o *cold shortening*, que supone un incremento de la dureza de la carne. Los músculos pueden llegar a acortarse hasta un 50 o 60 por ciento y la fuerza máxima de cizallamiento determinada con una sonda de Warner-Bratzler puede incrementarse en tres o cuatro veces (Marsh y Carse, citados por Onega 2003).

## 2.6 CALIDAD DE LA CARNE

En términos generales, la composición de la carne se establece completamente durante la vida del animal, mientras que su calidad se ve fuertemente afectada por factores tanto *ante mortem* como *post mortem*. Todos los procesos que se producen tras el sacrificio son de gran importancia para los productos de calidad, porque la canal es mucho más susceptible que el animal vivo a tratamientos que puedan fomentar sus atributos de palatabilidad. Por ello, en este apartado sólo mencionaremos los factores *ante mortem* y nos extenderemos más en los *post mortem*.

La calidad es un término muy complejo que tiene diversas acepciones dependiendo de cuál sea la etapa del proceso (producción, comercialización, etc.) en que nos encontremos. La calidad higiénica es lo primero que debe tener la carne, libre de agentes bacterianos y de residuos que constituyan un riesgo para el consumo de esa carne (Gracey 1989). Existe una legislación al respecto con unos parámetros mínimos de calidad. La calidad bromatológica hace referencia al valor nutritivo de la carne. La calidad tecnológica se relaciona con las propiedades de la carne que determinan su aptitud para la transformación y conservación (Dikeman, citado por Onega 2003).

Sin embargo, el aspecto que más nos interesa, objeto de nuestro estudio, es la calidad organoléptica o sensorial (Romans y Norton, citados por Onega 2003), que puede definirse como las características percibidas por los sentidos en el momento de la compra o del consumo, que influyen en la satisfacción sensorial (Sañudo 1992). La caracterización de los factores determinantes de la calidad de la carne está adquiriendo una importancia creciente, en gran parte debida al interés de los consumidores por adquirir productos de calidad controlada, lo que ha desembocado en el incremento de las denominaciones de origen o de los distintivos de calidad en los productos alimenticios, que aseguran unas condiciones de producción y obtención controladas por instituciones oficiales (Barón y García 2013).

## 2.6.1 FACTORES QUE AFECTAN A LA CALIDAD FINAL DE LA CARNE

Se ha reconocido desde hace tiempo que muchos parámetros durante la vida del animal pueden ejercer una influencia significativa tanto sobre la calidad como sobre la composición de la carne: la edad, el sexo, la nutrición, la funcionalidad muscular, el estrés, etc. Sólo recientemente se ha admitido que la calidad puede verse modificada, a veces en gran medida, al aplicar diversos tratamientos *post mortem*: el enfriamiento diferido o retardado, la maduración a alta temperatura, la estimulación eléctrica, las altas presiones, etc.

### a. Factores *ante mortem*

Las características anatómicas del músculo influyen, sobre todo en el pH final, que varía en relación inversa al contenido en glucógeno en el momento del sacrificio. Temperaturas elevadas, de alrededor de 40 °C, aceleran el descenso del pH, necesitando menor número de horas para alcanzar el pH final (Pearson y Young 1989). Los músculos con fibras rojas se caracterizan por un bajo contenido en glucógeno, al contrario que los de fibras blancas (Lawrie 1998). Dentro de cada músculo hay diferente proporción de fibras blancas y/o rojas, por tanto, los valores de pH pueden ser distintos medidos en diferentes puntos del mismo músculo. Se han encontrado diferencias en el pH final de diferentes músculos debido a su distinto tipo metabólico (López 1987).

En el vacuno se ha observado que los músculos de la espalda y de los miembros posteriores, y en particular el m. *Longissimus thoracis et lumborum*, son los que alcanzan con más frecuencia valores de pH anormalmente elevados (Tarrant y Sherington 1980). La actividad muscular afecta al valor del pH, ya que cuanto menor sea ésta, la caída del pH será más rápida (Tarrant y Sherington 1980). Existen diferencias según la localización anatómica de los distintos músculos en la dureza, en función sobre todo del tejido conjuntivo que contienen, siendo los que presentan menor proporción de este tejido los más tiernos (Monin y Ouali 1989). También existen diferencias dentro de un mismo músculo, por ejemplo, en el músculo *Longissimus thoracis et lumborum* la cantidad de tejido conjuntivo aumenta gradualmente desde el centro hacia los extremos (Dumont, citado por Onega 2003).

Las razas con mejor morfología y alto nivel de engrasamiento tienen menos capacidad de retención de agua y presentan una carne más jugosa que las de morfología más pobre o razas más magras (Cross *et al.*, citados por Onega 2003). Se ha visto que el color de la carne puede



variar con la raza (Sañudo 1992). La raza afecta también a las características de ternera de la carne, puesto que existen diferencias raciales en el tejido conjuntivo y en el tejido muscular (May, citado por Barón y García 2013). De todas formas, la raza es un factor menos importante que otros, porque existen grandes variaciones intrarraciales, que pueden llegar a ser mayores que el mismo efecto de la raza.

Las diferencias entre sexos están bien definidas: a la misma edad, las hembras tienen la carne más tierna que los machos, y los machos castrados son más tiernos que los enteros (Field, citado por Marrasquin 2016). No obstante, algunos autores contradicen estos resultados, puesto que no encontraron diferencias significativas (López 1987). El ganado bovino, es más susceptible al estrés, sí se han encontrado diferencias (Jeremiah *et al.*, citados por Onega 2003). Respecto del color, tampoco se registraron diferencias significativas entre sexos (López 1987). También se han encontrado diferencias entre sexos debido al tejido conjuntivo (Prost *et al.*, citados por Onega 2003). Algunos autores relacionan la mayor dureza de la carne de los terneros machos con un mayor contenido de colágeno y de fibras rojas y una menor cantidad de grasa de infiltración que las hembras (Dreyer *et al.*, citados por Barón y García 2013). Otros añaden que una vez alcanzada la madurez fisiológica, la testosterona incrementa los niveles de colágeno en los machos y con ello la dureza de su carne (Hedrick *et al.*, citados por Onega 2003).

Otro factor que influye en los parámetros de calidad de la carne es la edad de los animales. En general, se puede decir que la velocidad de caída del pH aumenta con la edad, existiendo una cierta tendencia a tener valores de pH más bajos a mayor edad (Sañudo y Sierra 1982). Se admite, de forma general, que la cantidad de pigmentos aumenta con la edad (Lawrie 1998). Varios autores han encontrado una notable influencia de la edad de los animales sobre la ternera: cuanto más jóvenes, más tiernos son (Onega 2003), pero llega una determinada edad en la que esa ternera disminuye al aumentar la edad del animal (Riley *et al.*, citados por Beltrán y Roncalés 2000). Con el incremento de la edad se producen cambios en el colágeno (Dikeman *et al.*, citados por Onega 2003), con un aumento del número de enlaces covalentes entre las moléculas y, por tanto, con una menor solubilidad (Kopp, citado por Onega 2003).

La alimentación incide sobre el valor nutritivo de la carne, sobre su jugosidad (Harrison *et al.*, citados por Beltrán y Roncalés 2000), su dureza y su *flavor* (Lawrie 1998) y sobre todo

el color (López 1987). La mejora de la alimentación mejora también la ternura de la carne como consecuencia del incremento del contenido de grasa de infiltración y del descenso relativo de la cantidad de colágeno presente en el músculo (Fishell *et al.*, citados por Onega 2003).

El consumo de las reservas de glucógeno muscular en situación de estrés está relacionado directamente con la aparición de valores de pH elevados (Lawrie 1998). En general, la carne de los animales estresados es más oscura, presenta una mayor capacidad de retención de agua y es más susceptible al ataque de los microorganismos, tendiendo a producir sabores anormales (Braggins y Frost, citados por Onega 2003), siendo las denominadas carnes DFD.

#### **b. Factores *post mortem***

A continuación se detallan los factores post mortem.

##### **- Enfriamiento**

La velocidad y la temperatura de enfriamiento de la canal en las primeras horas tras la muerte tienen una gran influencia sobre la longitud y, por tanto, sobre la dureza de los músculos. Las bajas temperaturas *post mortem* pueden causar un acortamiento excesivo del músculo, dando lugar al problema denominado «acortamiento por el frío». No se observa un descenso apreciable de la ternura con acortamientos de un 20 por ciento que, sin embargo, desciende hasta un mínimo, para acortamientos entre un 35 y un 40 por ciento (Jaime 1988).

Curiosamente, músculos con un 60 por ciento de acortamiento son casi tan tiernos como aquellos que no han sufrido este proceso (Greaser 1986). Se ha visto que los mayores acortamientos se producen a bajas temperaturas (<5 °C) y que se incrementan después de alcanzar 35 °C aproximadamente (Jaime 1988). Parece ser que la causa de este proceso está relacionada con la imposibilidad del retículo sarcoplásmico para secuestrar y ligar el exceso de iones calcio liberados por el retículo sarcoplásmico y las mitocondrias, bajo la influencia de las bajas temperaturas y el descenso del pH en el músculo en *pre rigor* (Kanda *et al.*, citados por Onega 2003).

Este problema es serio en vacuno y cordero, pero carece de significación en el cerdo (Marsh y Carse, citados por Onega 2003), que tiene mayor proporción de fibras blancas en sus músculos. Estas fibras blancas contienen menos mitocondrias y tienen más desarrollado el retículo sarcoplásmico, lo que parece contribuir a la resistencia de las fibras blancas al acortamiento por el frío (Cassens, citado por Onega 2003).

Marsh y Carse, citados por Onega (2003), señalan que mantener las canales a 37 °C durante las primeras 2-4 horas *post mortem*, se incrementa la terneza. En ese mismo sentido, observaron que, manteniendo la carne en *pre rigor* a unos 16 °C hasta el comienzo del *rigor mortis*, se evitaba el acortamiento por frío y el consiguiente endurecimiento de la carne. Pero el método más utilizado para prevenir este fenómeno es la estimulación eléctrica de las canales, puesto que utilizar estas temperaturas tan altas durante la maduración de la carne puede favorecer el crecimiento microbiano más que las bajas temperaturas (Pearson 1986).

#### - **Maduración**

Los procesos metabólicos, aún en desarrollo en el músculo después de la muerte, pueden considerarse concluidos con la aparición de la rigidez cadavérica. La carne lista para el consumo se obtiene después de un cierto tiempo de almacenamiento en refrigeración (0-5 °C), tras el cual la carne resulta más tierna y jugosa (Carballo y López de Torre 1991).

Para una maduración correcta es importante que exista una adecuada acidificación de la carne (pH de 5,4 a 5,8). Valores finales de pH elevados pueden conducir a una alteración bacteriana. Durante la maduración se produce un ligero aumento del pH, aunque no debe superar el valor de 6,0 para evitar el riesgo de alteración microbiana, que aumenta con los días de maduración. Los mayores problemas de esta práctica consisten en el espacio de refrigeración requerido y en la apreciable pérdida de peso que tiene lugar a menudo (Pearson 1986).

Se acepta, generalmente, que existe una proteólisis del tejido conectivo y de las fibras musculares durante la maduración debido a la presencia de proteinasas endógenas del músculo (Bird *et al.*, citados por Onega 2003). También la proliferación microbiana puede contribuir con enzimas exógenas a la hidrólisis de diferentes proteínas de la carne. Mediante microscopía electrónica de transmisión se ha observado una evidente ruptura

de la línea Z en la carne madurada (Tarrant y Sherington 1980). Se piensa que estas enzimas juegan un papel fundamental; sin embargo, el grado de proteólisis ha sido menor del que cabría esperar por el incremento de terneza observado, pero incluso menores cambios en la estructura de las proteínas pueden causar mayores alteraciones en sus propiedades físicas (Whitaker, citado por Onega 2003).

Algunos autores han discutido la estructura y función del colágeno y su comportamiento durante la maduración. Sugieren que la cantidad de enlaces inter- e intramoleculares pueden alterar las propiedades del músculo, especialmente la terneza. Se sabe que ciertas enzimas hidrolizan el colágeno y podrían jugar un papel importante alterando las propiedades del tejido conectivo durante la maduración (Bodwell y Anderson 1986). Las proteínas miofibrilares y sarcoplásmicas experimentan un diferente grado de transformación durante la maduración. La actomiosina, que se encuentra en estado no disociado durante la rigidez cadavérica, es en cierta medida liberada dentro de la estructura miofibrilar, a no ser que se presente el acortamiento por el frío. En esta fase se extrae, junto con la actomiosina, la actina, la tropomiosina y la troponina (Bodwell y Anderson 1986).

Esta extracción de las proteínas miofibrilares está también condicionada por el pH final y por la temperatura. Cuanto más elevado sea el valor del pH final y menor sea la temperatura (no superior a -15 °C), mayor será la posibilidad de extracción de las proteínas miofibrilares y viceversa. La terneza de la carne está correlacionada con la facilidad de extracción de las proteínas miofibrilares. Se considera que en el ablandamiento de la carne interviene también la posibilidad de que la red del retículo sarcoplasmático pueda perder su integridad en torno a las miofibrillas individuales (Price y Schweigert 1994).

Entre los hechos que caracterizan la maduración de la carne cabe destacar el desarrollo del aroma y también la modificación del color. Durante este periodo se deseca la superficie de la carne, aumentando la concentración de sales y favoreciéndose la formación de metamioglobina (Lawrie 1998). Según algunos autores como Price y Schweigert (1994), la maduración aumenta el valor de  $a^*$  (índice de rojo) provocando que la carne posea un color más rojo y más intenso. Los procesos *post mortem* acontecidos hasta la instauración de la rigidez cadavérica conducen a la degradación de ATP hasta la

formación de inosín-monofosfato (IMP), que al degradarse da lugar a ribosa, fosfato e hipoxantina. A esta última molécula se le atribuye un efecto favorable sobre las características sensoriales de la carne (Prändl *et al.* 1994). También se producen compuestos que contribuyen al aroma de la carne madurada por degradación de proteínas y grasas (Touraille y Girard, citados por Onega 2003).

#### - **Método de cocinado**

El cocinado de la carne es un factor de gran importancia pues influye en muchas características de su calidad. El calor altera el tejido conectivo y las proteínas miofibrilares, y de este modo puede influir significativamente en la dureza de la carne, en su jugosidad y en su sabor.

Durante el cocinado se producen dos cambios fundamentales: las fibras musculares se hacen más duras por coagulación, y el tejido conectivo se hace más blando, por conversión del colágeno en gelatina (Lawrie 1998). Aunque el efecto endurecedor de las fibras y el ablandador del colágeno dependen del tiempo y de la temperatura (Dransfield *et al.*, citados por Onega 2003), es el factor tiempo el más importante en el caso del colágeno, mientras que para las fibras lo es la temperatura. Por ejemplo, para músculos o trozos de carne que poseen sólo pequeñas cantidades de tejido conectivo (por ejemplo, el lomo) se usan métodos de cocinado que combinan calor seco y tiempos cortos para minimizar el efecto endurecedor sobre las fibras musculares (Resurrección, citado por Marrasquin 2016).

El primer proceso producido cuando se calienta la carne es la coagulación de las proteínas musculares, que comienza entre 30 °C y 40 °C. Este proceso continúa y a los 50 °C se completa la degradación de la  $\alpha$ -actinina, que es la más lábil de todas estas proteínas. A los 55 °C se vuelven insolubles las cadenas ligeras de la miosina, y a 70-80 °C lo hace la actina. La miosina y la troponina son las proteínas más resistentes al calor y coagulan a 80 °C (Resurrección, citado por Marrasquin 2016).

Simultáneamente a la coagulación se produce un descenso en la CRA de la carne que se produce entre 40 °C y 50 °C y continúa hasta la temperatura final de cocinado (Hamm 1986). La degradación del colágeno comienza alrededor de los 70 °C, pero formación de

gelatina completa no se produce hasta alcanzar los 100 °C, a menos que el calentamiento se continúe durante un prolongado periodo de tiempo (Lawrie 1998).

Machlik y Draudt (1963) encontraron en el músculo m. *semitendinosus* que los valores de la fuerza de cizallamiento variaban poco a temperaturas hasta 50 °C, pero decrecían en muestras cocinadas a 54 °C y alcanzaban un mínimo en las cocinadas a 60-64 °C, se supone que debido a la contracción del colágeno.

Debido al calentamiento también se produce una fusión de la grasa, que junto con los cambios en la CRA de la carne dan lugar a variaciones en propiedades sensoriales como la jugosidad (Resurrección, citado por Marrasquin 2016). El desarrollo del *flavor* de la carne se produce a temperaturas superiores a los 70 °C (Cross *et al.*, citados por Onega 2003).

Dentro de los métodos de cocinado, el calentamiento en seco se caracteriza por usar tiempos cortos y temperaturas altas, pero produce un endurecimiento excesivo y, generalmente, no se recomienda. Por su parte, los valores de pérdidas por cocinado son menores para filetes asados al horno que para los asados a la plancha (Resurrección, citado por Marrasquin 2016). Un método muy utilizado en los últimos tiempos, el cocinado con microondas, produce mayores pérdidas por goteo que los métodos de asado convencionales (Resurrección, citado por Marrasquin 2016).

## **2.7 PARÁMETROS QUE DEFINEN LA CALIDAD ORGANOLÉPTICA DE LA CARNE**

La calidad organoléptica o sensorial, definida anteriormente, viene dada por unos parámetros enormemente variables, fácilmente modificables, objetivos y mensurables, intrínsecos a la propia naturaleza de la carne, y determinantes en el momento clave de todo proceso productivo-tecnológico, es decir, en el momento de la compra-ingestión. Las características organolépticas que van a influir en la palatabilidad de la carne son, fundamentalmente, la textura, la jugosidad, el aroma, el sabor y el color. Por su parte, estos atributos se hallan influidos, como ya se ha mencionado, por la especie, la raza, la edad, el sexo, la dieta y el manejo post mortem, entre otros.

### 2.7.1 TEXTURA

La textura de los alimentos es un conjunto de sensaciones distintas, un parámetro multidimensional, y por ello es complicado obtener una definición válida de la misma consultando el diccionario. Para Anzaldúa-Morales (1994), la textura es la propiedad sensorial de los alimentos que es detectada por los sentidos del tacto, la vista, el oído, y que se manifiesta cuando el alimento sufre una deformación. No se puede hablar de la textura de un alimento como una propiedad única de éste, sino que hay que referirse a los atributos o a las propiedades de textura de ese alimento.

Dentro de los atributos de la textura, el más destacado es la dureza. En este sentido, numerosos estudios sensoriales y de laboratorio muestran que la dureza es el atributo más importante en la carne de vacuno (AMSA 1978). Este parámetro es menos variable en la carne de cerdo, cordero y ternera, que en la de vacuno mayor.

La dureza de la carne cocinada se atribuye, fundamentalmente, al tejido conectivo y a las proteínas contráctiles (Marsh, citado por Beltrán y Roncales 2000). Para algunos autores la solubilidad del colágeno es el factor fundamental en la dureza de la carne (Hill, citado por Onega 2003); mientras que otros (Young y Braggins, citados por Onega 2003), señalan que la concentración de colágeno es determinante en la valoración de la dureza de la carne ovina por un panel sensorial, mientras que la solubilidad está más relacionada con la fuerza de corte. También influyen en este parámetro el número y el tamaño de los paquetes de fibras contenidas en el músculo. En animales grandes, como el ganado vacuno, estos paquetes son mayores que en animales más pequeños como el cordero o el cerdo (Carballo y López de Torre 1991).

Sobre la dureza influyen fundamentalmente tres componentes (Van Hoof, citado por Onega 2003). Por un lado, el «grano» de la carne y el tipo de fibras musculares, es decir, el tamaño de los haces de fibras musculares, y el número de fibras que cada uno de ellos contiene, ya que los distintos tipos de estas fibras presentan diferentes capacidades de contracción y de retención de agua y, por tanto, reaccionan de distinta forma a la temperatura. En segundo lugar, inciden sobre la dureza la longitud del sarcómero y de las miofibrillas, de forma que cuanto mayor es el estado de contracción mayor es la dureza. Fennema (1982) afirma que la dureza es completamente independiente de la longitud del sarcómero en los músculos de

rápida glicolisis *post mortem*. A medida que aumenta la longitud del sarcómero. Por último, como ya hemos dicho, influye la cantidad y naturaleza del tejido conjuntivo (Nakamura *et al.*, citados por Onega 2003). Una mayor cantidad de colágeno implica mayor dureza, pero mucho más si está muy polimerizado, con lo que disminuye su solubilidad (Torrescano *et al.* 2003).

Adicionalmente, la actividad enzimática es muy dependiente de la temperatura y a medida que la temperatura *post mortem* cae, la actividad de las enzimas implicadas en la degradación miofibrilar, calpaína y calpastatina, disminuye. Por tanto, la degradación miofibrilar, la cual se ha relacionado con descensos en la dureza de la carne, se ve reducida (Miller, citado por Gil *et al.* 2012). La extensión del ablandamiento es proporcional al nivel de calpaínas y de calpastatina (han observado que el inhibidor de las calpaínas (calpastatina) es el parámetro mejor correlacionado con la dureza tras 14 días de almacenamiento a 2 °C, y especularon sobre su papel como regulador de la dureza.

El pH también influye sobre la dureza; así algunos estudios han mostrado que la dureza probablemente alcanza su valor más bajo si la glicolisis *post mortem* se verifica a una velocidad intermedia (correspondiente a un pH alrededor de 5,9 a las tres horas *post mortem*) y es mayor con una velocidad más lenta o más rápida (Smulders *et al.*, citados por Onega 2003).

Dentro del mismo músculo la dureza también varía, por ejemplo, en el lomo, va aumentando desde el centro hacia los extremos, debido sobre todo a la cantidad de tejido conectivo que contienen (Dransfield *et al.*, citados por Onega 2003). Los animales jóvenes contienen más colágeno total que los animales más viejos. Se ha establecido claramente que muchos de los puentes covalentes que unen las moléculas de tropocolágeno son relativamente lábiles en los animales jóvenes y se hacen más estables conforme aumenta la edad (Miller, citado por Gil *et al.* 2012). Este descenso en la proporción de puentes covalentes lábiles/estables es el responsable de la contribución del colágeno a la dureza de la carne cocinada (Cross *et al.*, citados por Onega 2003).

Locker, citado por Onega (2003), observó que los músculos de una canal de vacuno entraban en rigor mortis en diferentes estados de contracción; después demostró que los músculos relajados eran menos duros que los que se habían acortado o contraído. Muchos estudios han



mostrado el endurecimiento que causa el «acortamiento por el frío» en vacuno (Marsh, citado por Beltrán y Roncales 2000).

También parecen existir diferencias en cuanto a la dureza debidas al factor raza (López 1987), aunque éstas son relativamente poco importantes, porque dentro de la misma raza se pueden dar variaciones mayores. Dransfield *et al.*, citados por Onega (2003), afirman que el grado de enfriamiento de la canal es un factor mucho más determinante que la raza.

El factor sexo tampoco parece tener un efecto especialmente importante. En animales jóvenes, Sañudo (1992) señala que encontraron diferencias significativas entre machos y hembras, como tampoco lo hicieron (López 1987). Dransfield *et al.*, citado por Onega (2003), tampoco encontraron diferencias en la dureza de machos enteros y castrados, al contrario que Alvi, citado por Gil *et al.* (2012); quien señala que se detectó que los animales enteros eran algo más duros que los castrados. Otros autores afirman que los machos tienen mayor dureza debido a un mayor contenido en colágeno y una menor cantidad de grasa de infiltración que las hembras (Dreyer *et al.*, citados por Barón y García 2013). Y a que la testosterona incrementa los niveles de colágeno (Hedrick *et al.*, citados por Onega 2003). Estos y otros factores, tanto *ante mortem* como *post mortem*, comentados en el apartado anterior, influyen en gran medida en la dureza de la carne.

La mejora del nivel de alimentación conduce a un descenso de la dureza, relacionado con un descenso de la tasa de conjuntivo, un veteado más abundante, un pH último ligeramente más elevado y un aumento de las fibras musculares blancas (Monin y Ouali 1989).

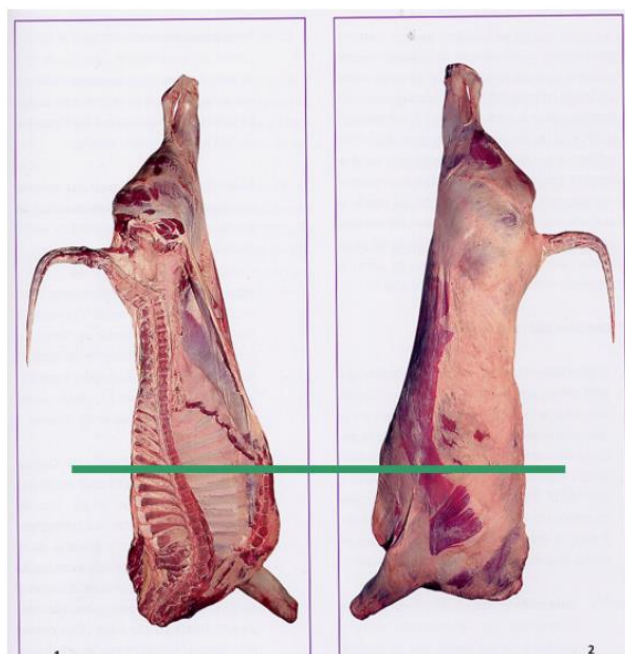
El consumidor confiere una mayor importancia a la dureza como principal atributo de la textura, siendo uno de los criterios determinantes de la calidad de la carne (Lawrie 1998). Chambers y Bowers, citados por Beltrán y Roncales (2000), afirman que la dureza decide el valor comercial de la carne, y confirman que el consumidor paga por una carne menos dura. En este sentido también coinciden Dransfield *et al.*, citados por Onega (2003), que afirman que el elemento prioritario considerado por los consumidores al valorar la calidad de la carne es la dureza (su ausencia, claro está). Otros autores señalan que tanto la dureza como el color de la carne son los parámetros principales que determinan las preferencias del consumidor (Pearson 1986; Prescott y Hinks 1968). Mientras que otros autores opinan que la dureza y el *flavor* son considerados por los consumidores como los elementos más importantes de la

calidad sensorial, mientras que el color es el principal atributo valorado en el punto de compra (Glitsch, citado por Onega 2003).

El conjunto de sensaciones ligadas a la textura son difíciles de medir mediante técnicas instrumentales; por ello, las técnicas sensoriales de momento son las más válidas para valorar este complejo atributo. Algunos investigadores han intentado relacionar el análisis instrumental de la textura con el análisis sensorial (Costell y Durán 1981), y de todos los parámetros instrumentales propuestos, la medida de la dureza es el que suele obtener mejores correlaciones el análisis sensorial.

## 2.8 CÓRTES DE CARNE

Según Huerta (2013) el canal de vacuno se denomina al cuerpo entero del animal después del sangrado, evisceración, ablación de las extremidades de los miembros a nivel del carpo y tarso, de la cabeza, de la cola y de las mamas y después del desollado. Las canales se dividen, mediante un corte longitudinal, en dos, de manera que de cada animal se obtienen dos encanales. Cada una se divide en dos partes o «cuartos» (trasero y delantero) según la figura 11.



**Figura 11: Corte longitudinal de la canal de vacuno.**

**FUENTE:** Tomado de Huerta 2013

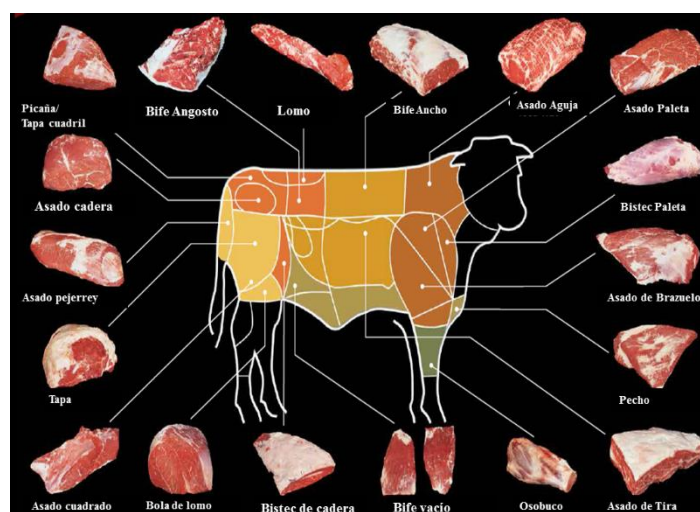


A: Asado pejerrey, músculo semitendinoso; B: Cadera, músculo glúteo medio; C: Lomo, músculos dorsales toracolumbares; D: Babilla, músculos cuádriceps femoral; E: Morcillo posterior, musculatura flexora y extensora de la pierna.

**Figura 12: Fotografía del despiece del cuarto trasero.**

**FUENTE:** Tomado de Huerta 2013

Según Huerta (2013) en el Perú los cortes de carne de vacuno son denominados por su ubicación según la figura 13.



**Figura 13: Cortes de carne en el Perú.**

**FUENTE:** Tomado de Huerta 2013

## **2.9 LAS ENZIMAS**

Las enzimas son biocatalizadores, agentes de origen biológico que aceleran la velocidad a la cual ocurren las reacciones químicas al disminuir los requerimientos de energía de activación necesaria para dichas reacciones (Cornish 1995). Las enzimas no se consumen en el proceso, por lo que una molécula de enzima sigue actuando.

La catálisis enzimática como se denomina a la acción de las enzimas es eficiente, altamente específica, puede llevarse a cabo en condiciones relativamente suaves como temperatura ambiente y pH neutro y permite un control muy preciso de la reacción. Por ello, la aplicación de las enzimas a la industria se constituye en uno de los primeros procesos biotecnológicos de la química moderna (Roberts 1995).

Las enzimas son una gran variedad de moléculas proteicas que actúan como catalizadores biológicos. Catalizan todas las reacciones del metabolismo celular y proporcionan los medios para que se realicen funciones complejas tales como las síntesis de material genético, de polímeros estructurales y de otras sustancias celulares. Las enzimas son también la base de industrias tradicionales a gran escala como la cervecera y la panadería (Braverman 1980).

Las enzimas han encontrado un gran número de aplicaciones en la industria, una de las clases de enzimas con mayor amplitud de aplicación son las proteasas. Las proteasas son enzimas que provocan la hidrólisis o digestión de otras proteínas en fragmentos más pequeños y en ciertas condiciones pueden ser usadas para la síntesis de nuevos compuestos de interés farmacéutico (Chaiwut 2007). Una de las proteasas cuyo uso se encuentra muy difundido es la papaína, en realidad una mezcla de papaína y quimopapaína, que es extraída del látex de los frutos verdes de la *Carica papaya*.

### **2.9.1 ENZIMA PAPAÍNA**

La papaína es una enzima proteolítica que está presente en el látex de las frutas de la *Carica papaya*, se extrae del látex de la papaya donde se encuentra en una concentración de 10 por ciento aproximadamente; tiene un peso molecular de 21 000 Da, tiene tres puentes disulfuro, un rango de pH óptimo de 6,5 a 7,8. Es una proteasa no muy específica (Aguirre 2011).

Según Fernández *et al.*, citado por Gil *et al.* (2012), la papaína es una enzima proteolítica presente en las papayuelas, la cual tiene alta actividad biológica y, por lo tanto, es un componente ampliamente usado en diferentes líneas medicinales, aislamiento de células, detergentes, cuero y textiles, cosméticos, industria farmacéutica y dermatológica, y en alimentos principalmente como clarificador de cerveza y ablandador de carnes. Basados en la última aplicación, se evidencia la importancia de la calidad organoléptica de la carne percibida actualmente por los consumidores más exigentes es la evaluación de la ternera en el momento de consumo lo que es su principal criterio de compra, por lo cual su utilización debe ser una preocupación por el productor para que no afecte la cadena de distribución.

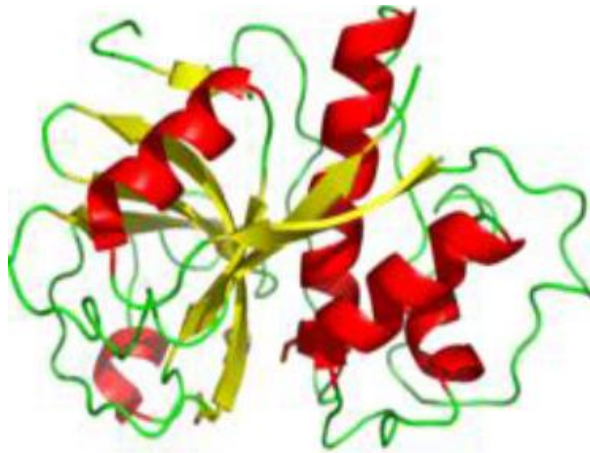
Gracias a la acción de los principios activos este látex se ha convertido en un negocio industrial y farmacéutico, que se comercializa en todo el mundo, con acentuada demanda en los mercados europeos y norteamericanos. Se considera que el creciente negocio mundial relacionado con la papaína, actualmente se calcula en unos 100 millones de dólares anuales. Además, el uso principal de esta enzima es como mejorador de la textura de las carnes (Aguirre 2011).

La papaína es una enzima proteolítica presente en las papayuelas, la cual tiene alta actividad biológica y, es ampliamente usada en diferentes líneas medicinales, aislamiento de células, detergentes, cosméticos, industria dermatológica, y en alimentos principalmente como clarificador de cerveza y ablandador de carne. Basados en la última aplicación, se evidencia la importancia de extracción de la enzima, ya que la calidad organoléptica de la carne percibida actualmente por los consumidores es la evaluación de la ternera en el momento de consumo lo que es su principal criterio de compra, por lo cual su utilización debe ser una preocupación por el productor para que no afecte la cadena de distribución (Aguirre 2011).

La papaína, se caracteriza por ser un polvo amorfo, granuloso de color blanco, grisáceo o parduzco; ligeramente higroscópico en insoluble en agua y en la mayoría de solventes orgánicos. Es soluble en alcohol etílico y metílico (Aguirre 2011).

La papaína bruta, contiene un poco de agua, glúcidos, ácido orgánicos y una mezcla de enzimas, donde destacan las denominadas proteasas que actúan rompiendo los enlaces péptidos en cualquier lugar de la cadena peptídica en la que se hallen situados (endopeptidasas). También contiene pequeñas cantidades de otras enzimas como la papaya

peptidasa A, lipasa y lisozima (enzimas que rompen las paredes de las células bacterianas) (Aguirre 2011).



**Figura 14: Estructura de la enzima de papaína.**

**FUENTE:** Tomado de Aguirre 2011

## **2.9.2 USOS Y APLICACIONES**

El uso de ablandadores en carne, mayormente compuestos de proteasas, inicia la ruptura de la integridad de los filamentos musculares contraídos debido a la rigidez cadavérica, así como de las triples hélices de colágeno. La suavidad del tejido conectivo varía de acuerdo con el contenido de colágeno, al diámetro de las fibras perimisiales y al entrecruzamiento de las fibras de colágeno. El colágeno empieza a acortarse a temperaturas de 60 °C a 70 °C y se convierte en gelatina a los 80 °C, este proceso a la vez influye en el ablandamiento de cortes con alto contenido de colágeno depende del método de cocción y de la temperatura final (Aguirre 2011).

## **2.10 ANÁLISIS SENSORIAL**

Desde hace algunas décadas se ha venido intentando cuantificar las sensaciones percibidas por los consumidores al probar un alimento. Como disciplina emergente que es, el análisis sensorial genera una serie de opiniones divergentes en cuanto a los medios y las maneras de realizarlo. Tradicionalmente, en la industria la evaluación sensorial se veía como algo que realizaba un «experto» de la compañía que, tras años de experiencia acumulada, era capaz de describir los productos de la empresa y de fijar un estándar de calidad.

La evaluación sensorial se comenzó a considerar de importancia a finales de los años 40, y durante los 50 fue promovida en parte por los esfuerzos del gobierno de los Estados Unidos para ofrecer una comida más aceptable para sus militares (Sancho 1999). Así, la Arthur D. Little Company introdujo el método del perfil de *flavor*, una forma cualitativa de análisis descriptivo que minimiza la dependencia de un técnico experto.

Este procedimiento reemplaza a dicho técnico por un grupo de unos seis expertos en *flavor*, responsables de alcanzar un consenso. Esta aproximación provocó controversia entre los científicos, al tiempo que creó un nuevo interés por esta disciplina, por lo que se estimuló la investigación y el desarrollo de todos los aspectos del proceso sensorial. A mediados de los 50, diversas universidades de los Estados Unidos comenzaron a ofrecer cursos sobre evaluación sensorial. Este desarrollo se reflejó en la literatura científica de ese periodo, que generó estudios muy interesantes sobre análisis sensorial (Sancho 1999).

Las pruebas o *tests* discriminativos fueron desarrollados por Boggs y Henson, citados por Sancho (1999). También se comenzaron a desarrollar pruebas para medir la aceptación, las diferencias y las preferencias entre los productos, recogidas y revisadas por varios autores (Costell y Durán 1981). Durante este periodo se crearon diversas sociedades científicas y técnicas centradas en la evaluación sensorial, que fueron impulsando esta disciplina hasta lo que es actualmente. En 1963 un grupo de investigadores del General Foods Corporation desarrollaron el método del *Perfil de Textura*, basado en el *Perfil de Flavor*, y que podía ser aplicado a cualquier alimento. La clasificación de las características de la textura, escalas de referencia y metodología fueron publicadas en 1963. Después de un largo y difícil proceso, la evaluación sensorial ha comenzado a emerger como una especialidad científica individualizada y reconocida (Sancho 1999).

Aplicando una definición general, se puede decir que la evaluación sensorial es una disciplina científica utilizada para provocar, medir, analizar e interpretar reacciones ante aquellas características de alimentos y materiales percibidas por los sentidos de la vista, el olfato, el gusto, el tacto y el oído. La evaluación sensorial se realiza con fines muy precisos: valorar el nivel de satisfacción de los consumidores antes de lanzar al mercado un producto alimenticio; verificar la similitud o la diferencia entre dos alimentos; y medir, del mismo modo que un instrumento, la intensidad de los atributos de los alimentos (Sancho 1999).

El análisis sensorial constituye una poderosa herramienta en los departamentos de I+D de la industria alimentaria, que les ayuda a enfocar las estrategias de *marketing* (Sancho 1999). La investigación en las sensaciones gustativas aporta un mayor conocimiento en campos de la Tecnología de Alimentos como los edulcorantes artificiales, la elaboración de alimentos «light», la formulación de nuevos alimentos bajos en grasa o en sal, etc. En la mayoría de los países desarrollados, el consumo de alimentos prácticamente ha alcanzado un nivel máximo, y dado que existe una gran diversidad de productos, la competitividad es muy alta.

Además, existe una mayor preocupación por parte de los consumidores respecto de la calidad de los alimentos. Las asociaciones de consumidores cada vez cobran mayor importancia y exigen normativas y sistemas que aseguren la calidad de los productos que están consumiendo. Todo esto justifica la necesidad de la evaluación sensorial en la industria alimentaria moderna. Debido a que las técnicas sensoriales son complicadas de realizar y costosas, la principal aspiración de la mayoría de empresas alimentarias e investigadores del sector es la de poder sustituir el análisis sensorial por un análisis químico e instrumental, más rápido, fácil y barato. Sin embargo, de momento, esto es del todo imposible debido a la complejidad de los sentidos humanos (Bett 1993).

Los resultados de los análisis instrumentales actuales poseen una alta repetibilidad, que los hace comparables entre sí, pero no permiten conocer cuál sería la sensación percibida por el consumidor. Por otra parte, los jueces siempre efectúan el análisis sensorial por comparación, lo que tiene la ventaja de que se acentúan las diferencias, pero, por el contrario, se exageran las puntuaciones otorgadas a los alimentos evaluados. Las técnicas sensoriales actuales no son válidas para comparar entre distintas experiencias y con diferentes jueces, y poder explicar el significado de esos valores sensoriales. Por este motivo había que referir las puntuaciones a un patrón para no tener que comparar alimentos similares entre sí, sino que cada muestra pudiera puntuarse en relación a una escala. Con este sistema, todos los jueces compararían con el mismo valor de referencia y, con un entrenamiento adecuado, actuarían como un instrumento de medida con un alto grado de objetividad (Abbott, citado por Marrasquin 2016).

Dado que los catadores constituyen el verdadero instrumento de medida en el análisis sensorial, el éxito del mismo dependerá de que se realice una óptima selección del panel, así como un buen entrenamiento y mantenimiento del mismo, debido a que, como cualquier



instrumento de medida, el catador debe ser «calibrado» periódicamente (Costell y Duran 1981).

### **2.10.1 TIPOS DE PRUEBAS SENSORIALES**

Existen tres tipos principales de pruebas para realizar un análisis sensorial: las pruebas afectivas, las discriminativas y las descriptivas. Se elegirán unas u otras dependiendo del objetivo que se pretenda alcanzar en un determinado estudio.

#### **a. Pruebas afectivas**

También llamadas estudios de consumidores, son aquellas pruebas en las cuales los jueces expresan su opinión personal y subjetiva sobre un producto, indicando si les gusta o les disgusta, si lo aceptan o lo rechazan, o si lo prefieren a otro producto (Larmond, citado por Onega 2003). Para realizarlas se utiliza un mínimo de 30 jueces no entrenados, que deben ser consumidores habituales o potenciales del alimento a evaluar. Presentan una gran variabilidad en los resultados obtenidos y éstos son difíciles de interpretar (Brennan 1980). Dentro de estas pruebas se distinguen tres tipos de ensayos: las pruebas de preferencia, las pruebas de grado de satisfacción y las pruebas de aceptación (Anzaldúa-Morales 1994).

#### **b. Pruebas de preferencia**

En esta prueba se pretende saber si los jueces prefieren una determinada muestra a otra. En este caso no se busca la capacidad de los jueces para discriminar muestras, simplemente se quiere conocer su opinión como consumidor habitual del producto (Larmond 1977).

Según Hernández (1994), la comparación de pares es probablemente el primer método formal desarrollado para evaluar las preferencias. En esta prueba los panelistas responden a la pregunta «¿cuál de las dos muestras codificadas prefieren?», ellos deben seleccionar una, incluso si ambas muestras les parecen idénticas. Las dos muestras (A y B) se presentan en recipientes idénticos, codificados con números aleatorios de tres dígitos. En esta prueba se permite saborear (probar) la muestra varias veces, si es necesario. Los resultados se analizan utilizando una prueba binomial de dos extremos, que es apropiada porque puede escoger cualquiera de las dos muestras, ya que la dirección de la preferencia no puede determinarse de antemano. En la literatura se describen el análisis estadístico de múltiples comparaciones

por pares y una variedad de análisis multidimensionales útiles para estudios de preferencia complejos.

**c. Pruebas de grado de satisfacción**

Cuando se pretende evaluar más de dos muestras a la vez, o se quiere obtener más información acerca de un producto que en la prueba anterior, se realiza este tipo de prueba. Para ello se recurre a unas escalas hedónicas que serán los instrumentos para medir las sensaciones producidas por el alimento en el juez, ya sean placenteras o desagradables (Anzaldúa-Morales 1994).

**d. Pruebas de aceptación**

El deseo de una persona de adquirir un producto es lo que se llama aceptación, y no sólo depende de la impresión agradable o desagradable que reciba el individuo al probar el alimento, sino también de aspectos culturales, socioeconómicos, etc. Con frecuencia el término «prueba de aceptación» es utilizado erróneamente para referirse a alguna de las dos pruebas anteriores, aunque la prueba de aceptación puede abarcar a una de las otras dos (Anzaldúa-Morales 1994).

### **III. DESARROLLO DEL TEMA**

#### **3.1 OBJETIVOS**

Evaluar la aceptabilidad y la preferencia sensorial de la textura de carne de vacuno, cuyas muestras de carne han sido tratadas con una mezcla en polvo de papaína y especias frente a un control similar, pero sin papaína.

#### **3.2 MATERIALES Y MÉTODOS**

En este trabajo primero se detalló la composición y el procedimiento de producción del sazónador a base de papaína; segundo, se abarcó la evaluación sensorial, donde se detalló el procedimiento para tratar las muestras evaluadas y se detalló el alimento utilizado (corte de carne) , es sobre este alimento donde se ha aplicado la muestra y se definió en donde los consumidores deben aplicarlo; para este estudio se ha utilizado un control de sazónador sin papaína y una muestra patrón a base de papaína.

##### **3.2.1 ELABORACIÓN DEL SAZONADOR A BASE DE PAPAÍNA**

###### **a. Insumos para la elaboración del sazónador a base de papaína**

Los condimentos utilizados para la elaboración del sazónador fueron seleccionados de acuerdo a criterios de compatibilidad de sabores, teniendo en cuenta recetas alimenticias de comidas hechas a base de carne ya que se espera que los consumidores utilicen este sazónador en esas recetas, como por ejemplo: el estudio se alinea al uso del sazónador en carne frita.

Los insumos utilizados para la elaboración este sazónador son los siguientes:

- Enzima papaína
- Sal
- Pimienta

- Maltodextrina
- Potenciador: Glutamato Mono sódico
- Ajo en polvo

Este trabajo, no tuvo como propósito el estudio de cada insumo, pero es importante distinguir el insumo principal de este sazónador la cual es la enzima de papaína.

– **Enzima papaína:**

Es una preparación de Enzimas de Brauzyn 100, usada para fines alimenticios que contiene enzima de papaína y maltodextrina. La apariencia de este producto es un polvo de color blanco a crema. Como se visualiza en la ficha técnica del insumo (anexo 1), además el cuadro 2 detalla los parámetros químicos y biológicos de la enzima papaína.

**Cuadro 2: Parámetros químicos y biológicos de la enzima papaína**

ITEM	ESPECIFICACIÓN
1. Humedad	$\leq 6,0\%$
2. Actividad Enzimática	$\geq 90$ TUP/mg
3. Aerobios	$\leq 10\ 000$ cfu/g

**b. Procedimiento para la elaboración del sazónador a base de papaína**

La elaboración del sazónador ha seguido el diagrama de flujo de la figura 15; donde se destacan las siguientes operaciones:

- **Pesado**

El pesaje se realiza en balanzas, y debe realizarse en dos partes:

- Primero, el pesaje de materia prima de alta proporción (sal y glutamato mono sódico).
- Luego, continuar con la materia prima de baja proporción. La papaína, pimienta, maltodextrina, y ajo en polvo.

- **Tamizado**

Todos los insumos mencionados en el apartado anterior pasan por una operación de tamizado, que se da a través de tamices que son tal como indica en el anexo 2. Según Oña y Serrano (2017), las mallas metálicas formadas por barras tejidas que dejan espacios entre sí, a través de los cuales se hace pasar el alimento en el proceso de tamizado, este es una operación que se emplea para separar mezclas clasificando sus componentes según

su tamaño de partícula. Consiste en hacer pasar una mezcla de partículas de diferentes tamaños por un tamiz o cedazo. Las partículas de menor tamaño pasan por los huecos del tamiz y las grandes quedan retenidas por el mismo. El tamiz ha de mantener un movimiento de vibración que hace que las partículas del producto se distribuyan por la superficie de tamizado.

El alimento sólido, para ser tamizado ha de ser triturado, ha de estar previamente triturado o tener un tamaño apropiado para la luz del tamiz. Las aberturas que deja el tejido constituyen la superficie de tamizado y pueden ser formas diferentes: cuadrados, redondo, etc.

Según Oña y Serrano (2017), en el tamizado se efectúa una adición de un líquido sobre la masa a tamizar, con el fin de que el líquido ejerza el arrastre a través del tamiz. En nuestro proceso se agrega aceite.

Los insumos alimentarán el tamizador vibratorio, en la cual se utilizará la malla y #18 y #100 para la sal, #10 para los otros insumos (papaína, pimienta, ajo en polvo y maltodextrina). Las maquinarias detalladas se visualizan en el anexo 2.

#### - **Mezclado**

Según: la operación de mezclado consiste en obtener, a partir de dos o más componentes, mediante su combinación, una distribución uniforme a la que se denomina «mezcla».

Esta operación a diferencia de otras, no tiene efecto de conservación sobre el producto y se emplea para modificar las características de los alimentos y obtener productos diferentes.

La mezcla se consigue mediante la agitación que suele conseguirse mediante procedimientos mecánicos. Esta agitación hace que los componentes de la mezcla se pongan en contacto entre sí.

De acuerdo a Oña y Serrano (2017), lo que se pretende es obtener una distribución homogéneas de polvos que inicialmente estaban separados, una mezcla de polvos secos es muy difícil, debido a la tendencia que presentan los diferentes componentes de

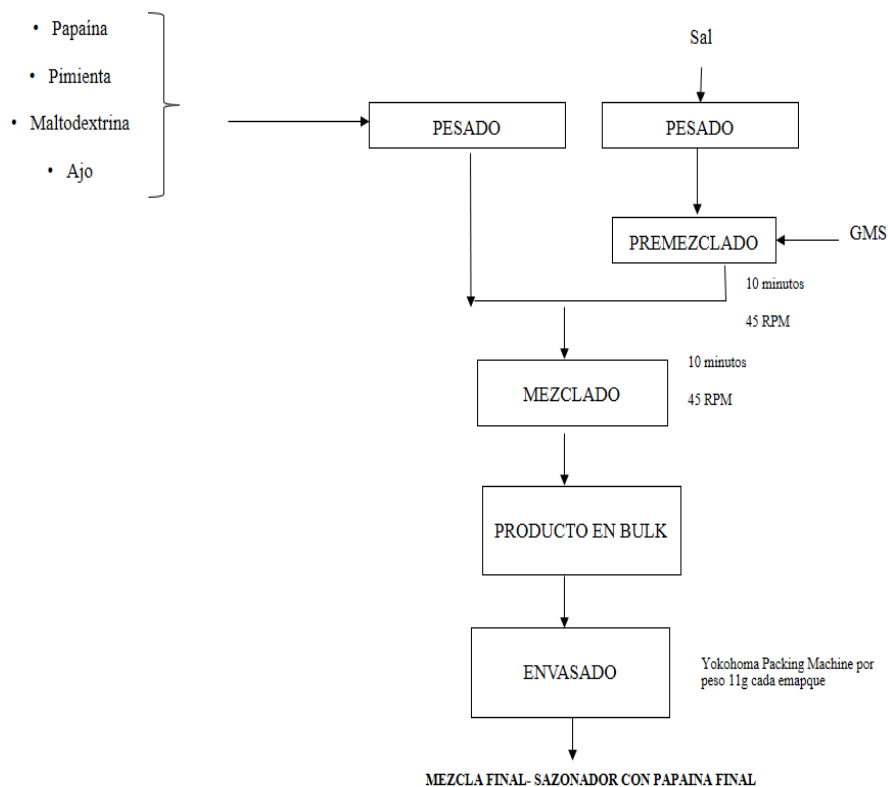
separarse ya que el éxito depende básicamente de las características de los componentes (tamaño, forma, humedad características de superficie, tendencia a formar agregados, densidad, etc.). La distribución al azar de los componentes es la mejor situación posible y una vez conseguida, la manipulación es muy cuidadosa para evitar que los componentes se separen.

Como se observa en el diagrama de flujo (figura 13), la mezcla para el producto final se realiza en dos pasos:

- Pre-mezcla: sal y GMS por 10 minutos a 45 rpm. Debe añadirse aceite de girasol a temperatura ambiente (0,30 por ciento).
- Mezcla final: Se mezclan todos los insumos mencionados anteriormente, y se considera el tiempo de mezcla efectivo total de mezclado debe ser de 10 minutos a 45 rpm. El producto en *bulk* se recibirá en una tolva de acero inoxidable.

#### - Empacado

El empacado se da en un máquina denominada Yokohama Packing Machine y se empaqueta por peso de 11 gramos de la mezcla obtenida en cada empaque, es una máquina de empacado de polvos granulados donde el empaque es un tri-laminado BOPP orientado.



**Figura 15: Diagrama de flujo de la elaboración de sazonador con papaina.**

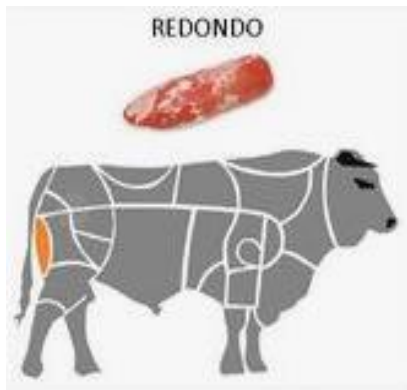
### 3.2.2 EVALUACIÓN SENSORIAL

Las variables a evaluar se detallan a continuación.

#### a. Carne de vacuno

El corte de carne usado ha sido Asado Pejerrey, es una pieza de carne de vacuno que se adquirió en el Mercado Palermo de Lince, es importante definir que la carne proviene de una misma canal (cuadro 3).

**Cuadro 3: Características de la pieza de carne de vacuno sometida a la evaluación sensorial**

PIEZA	LOCALIZACION	CARACTERISTICAS DE CALIDAD Y COMPOSICION
 <p>REDONDO</p>	En la parte posterior de la pierna	Similar a la contra (es la pieza menos tierna y jugosa, con poca cantidad de grasa). Proviene de la parte es un corte con alto contenido de colágeno y elastina.

Además, con el fin de evaluar las condiciones de calidad de la carne obtenida se realizaron los siguientes análisis fisicoquímicos:

#### - Capacidad de Retención de Agua CRA:

El método utilizado para calcular la CRA de carnes es el método de presión en papel de filtro. Esta determinación experimental se basa en la medida del agua expulsada por la muestra al aplicarle una presión elevada por medio de dos placas de vidrio. Las principales ventajas de este procedimiento son su bajo coste, ya que no precisa equipamiento específico para poder llevarse a cabo, rapidez, versatilidad y el hecho de no necesitar gran cantidad de muestra.

### **b. Composición de las muestras de sazónador a base de papaína**

Para el análisis sensorial se evaluaron dos muestras de sazónador, una muestra control que no posee papaína y la muestra sazónadora a base de papaína cuya ficha técnica se detalla en el anexo 6, la composición de las muestras se encuentra detalladas en el cuadro 4.

**Cuadro 4: Composición de las mezclas en polvo del sazónador evaluadas sensorialmente**

<b>INSUMOS</b>	<b>CONTROL</b>	<b>RECETA CON PAPAÍNA</b>
Papaína	0%	3%
Sal	Sí	Sí
Pimienta	Sí	Sí
Maltodextrina		
GMS	Sí	Sí
Ajo		

### **c. Determinación del tiempo de reposo**

- El tiempo óptimo de reposo de la papaína sobre la carne de vacuno se determinó por medio de la prueba de Error y por la degustación de un panel de 7 personas.
- En esta prueba sensorial se evaluó el comportamiento de la dureza de la carne en función al tiempo de acción de la papaína (cuadro 5).

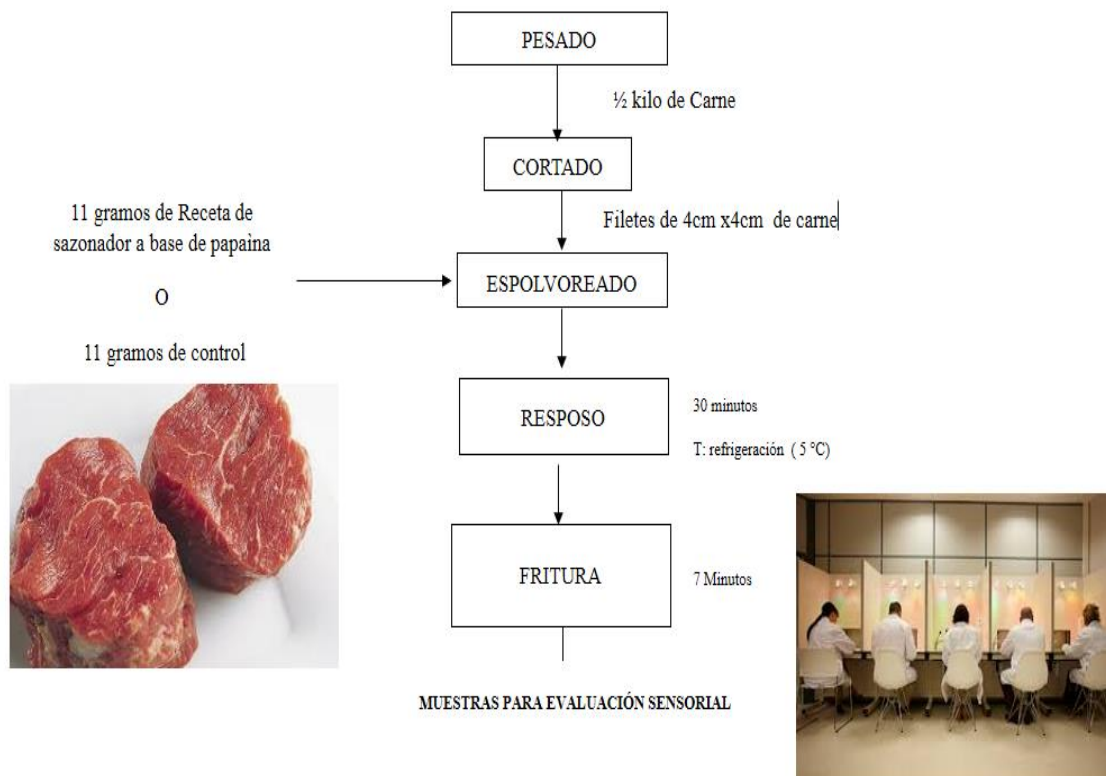


**Cuadro 5: Resultados del análisis de prueba error de tiempos de reposo de la papaína**

	<b>INTENSIDAD DE LA SUAVIDAD</b>
Control - 0 minutos	La carne se encontraba dura.
15 minutos	La carne se encontraba dura muy similar al control
30 min	La carne presentó mayor suavidad con referencia al control y es fácil de cortar.
45 min	La carne presentó mayor suavidad con referencia al control y similar suavidad a la de 30 minutos y es fácil de cortar.
1 hora	La carne presentó mayor suavidad con referencia al control y es fácil de cortar, suavidad ligeramente superior a la de 30 minutos pero casi imperceptible.
4 horas	La intensidad de suavidad aumentó con referencia a la muestra de 30 min y al control pero se evidencia exudación de la carne
19 horas	La intensidad de la suavidad se incrementa ligeramente con referencia a la muestra de 4 horas. Se evidencia que las fibras se rompen y la textura de la carne no es aceptable por el panel.

**d. Aplicación del sazón a base de papaína y el sazón control sobre la carne a evaluar**

Para realizar el análisis sensorial se adquirió carne de vacuno en el Mercado Palermo de Lince, el trozo de carne utilizado fue el denominado corte Asado Pejerrey (anexo 4), el cual se mantuvo en la refrigerado aproximadamente por 10 horas. Una hora antes de llevar a cabo el análisis se sacaron de la refrigeradora los filetes hasta alcanzar una temperatura interna de unos 15-17 °C, paralelamente se pesó ½ kilo de carne y luego se procedió a cortar la carne en filetes de 4x4x4 cm, a estos trozos se le espolvoreo 11 gramos del sazón a base de papaína, se dejó reposar por 30 minutos, luego los trozos de carne fueron cocinados por fritura en una sartén a 200 °C, por 7 minutos, luego se colocó en platos descartables hasta el momento de su análisis, que se realizó de manera casi inmediata sobre platos precalentados. La preparación y la fritura de la muestra control se hizo de la misma manera que las muestras tratadas con el sazón a base de papaína (ver figura 16).



**Figura 16: Diagrama de flujo de la elaboración de la prueba sensorial.**

#### e. Análisis con consumidores

El estudio de consumidores, habituales de carne de vacuno, se realizó en la empresa desarrolladora del sazónador a base de papaína con 80 personas (cuadro 6). A cada panelista se les entregó dos muestras previamente codificadas, una era el control y la otra era la tratada con el sazónador a base de papaína (la preparación y fritura se detalla en la figura 16)

**Cuadro 6: Descripción de la muestra de consumidoras utilizada en la evaluación sensorial**

Perfil	Amas de Casa que preparen platos con carne por lo menos 1 vez cada 15 días de Lima Metropolitana
Edad	20-55 Años
NSE:	C-D
Muestra (n)	80 amas de casa mujeres

### **3.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **3.3.1 ANALISIS DE PH Y CRA DE LA CARNE CRUDA**

Según Schackelford et al. (1994) considera que los valores de pH afecta directamente a la dureza de la carne, por tal como se observa en el cuadro 7, el valor de pH obtenido en la medición de la carne utilizada en el análisis sensorial ha sido de 5,5. Este valor obtenido es superior a lo que menciona Lawrie (1998), que considera que el pH de la carne tras el sacrificio desciende ligeramente hasta las 24 horas post mortem a 5,4; este descenso del pH muscular podría deberse a lo que considera Muchenje *et al.* (2009); que en el manejo del pre-sacrificio ; el estrés ocasionado en los momentos previos al sacrificio , es uno de los factores que más influye en la aparición del pH elevados como consecuencia del consumo de glucógeno; para eso es importante considerar que la carne debe pasar por un tiempo de ayuno hasta el sacrificio; ya que según Warriss (2004), es mucho más importante el estrés ambiental debido a los olores, ruidos ,agua, cambios térmicos o espera en un lugar extraño junto con el tipo de transporte , estos factores influirán mucho más en la velocidad de caída y valor de pH; por lo cual podemos considerar que estos factores han influido en el ligero aumento del pH de la carne.

La Capacidad de Retención de Agua (CRA) de la materia prima resultó cercana a las indicadas por autores como Aranda *et al.*, citados por Barragán (2009); quienes señalan que se ha reportado valores de 31,7 por ciento en lomo, 36,2 por ciento en centro de pierna y 29,3 por ciento en muchacho(asado pejerrey). Es posible que la leve variación presentada entre estos valores y el corte de carne asado pejerrey, sea consecuencia del alto porcentaje de tejido conjuntivo de este último que limita la absorción de agua. Teniendo en cuenta que esta absorción se realiza en las miofibrillas y que éstas ocupan aproximadamente el 70 por ciento del volumen total de la masa molecular (Aranda *et al.*, citados por Barragán 2009) un aumento en la cantidad de tejido conectivo significa una disminución del volumen de miofibrillas y por ende una disminución en la CRA.

Guenther *et al.* (1981) mencionan que el CRA disminuye con la edad, debido a que varía en función del tamaño de las fibras musculares y el porcentaje de sus distintos de músculos, tendiendo a un pH menor y además a medida que se incrementa la edad disminuyen la pérdidas de agua por goteo, lo cual se demuestra por el valor obtenido en la carne evaluada para el análisis sensorial.

**Cuadro 7: Resultados del análisis fisicoquímico realizado al asado pejerrey**

ANÁLISIS	RESULTADO
pH	5,5
CRA%	28,5%

### 3.3.2 ANÁLISIS SENSORIAL

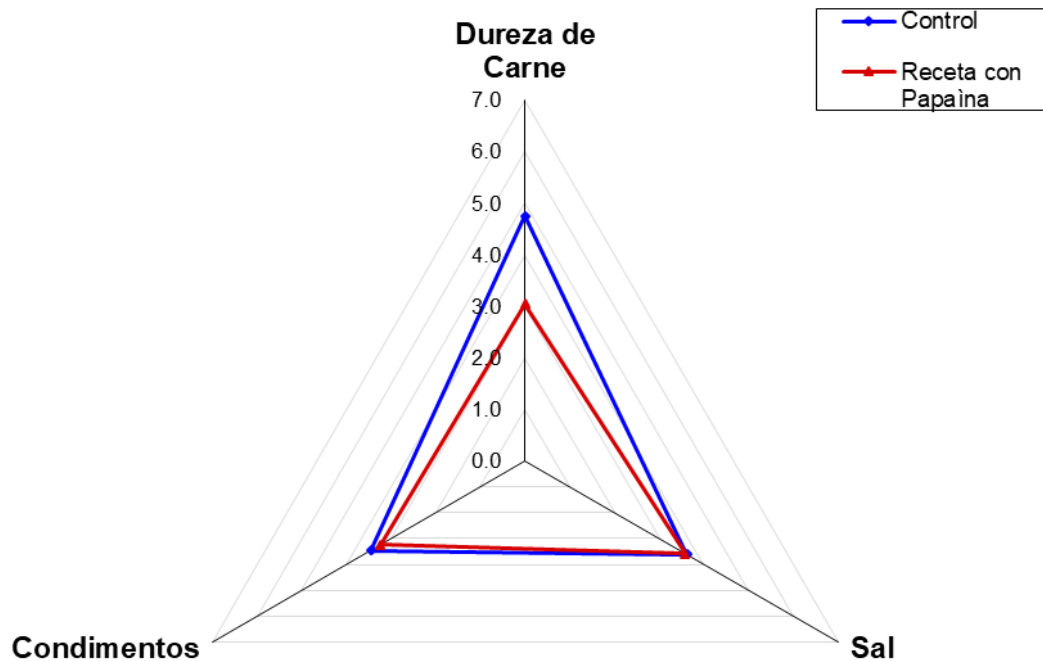
La prueba de evaluación sensorial entre el control y tratamiento fue de Preferencia Bilateral realizada a 80 amas de casa consumidoras de carne de res. Según el cuadro 8, se puede apreciar que 70 de las amas de casa muestran preferencia a la muestra de la receta con papaína frente al control, a este nivel de resultado, según el anexo 5; si existe diferencia significativa ya que se precisan como mínimo 50 respuestas (panelistas); esta preferencia también lo mencionan Gil *et al.* (2012), debido a que en sus pruebas sensoriales de preferencia sobre el ablandamiento de carne vacuna con papaína; menciona que la dureza en la carne disminuye al dejar la enzima actuando y que esto se debe al posible rompimiento de las paredes celulares de la carne, porque ésta ataca por proteólisis a las fibras musculares y los compuestos del tejido conectivo, logrando así un relajamiento en los enlaces peptídicos de las proteínas y por ende la preferencia obtenida en la evaluación sensorial.

**Cuadro 8: Resumen de resultados de preferencia sensorial**

MUESTRAS			
PLATO	CONTROL	RECETA CON PAPAÍNA	SIGNIFICANCIA ( $\alpha=0,05$ )
CARNE FRITA	10 (12,5%)	70 (87,5%)	Sí

Como se observa en la figura 17, en la intensidad de la dureza, el control obtuvo las notas más altas para la dureza (promedio de 4,76), mientras que la receta con papaína alcanzó 3,05 de promedio. Esto se debe a que el asado pejerrey a pesar que fue consumidas frita, es una carne usada para guiso y necesita más cocción.

El nivel de dureza en la receta control ha sido valorada de manera alta (casi 7), la diferencia con la receta con papaína es debido a que esta pieza posee colágeno insoluble es mayor cantidad y sin efecto de la papaína sigue siendo mayor la dureza, lo cual podría justificar esta valoración (Torrescano *et al.* 2003).



**Figura 17: Descriptivo cuantitativo de la carne vacuno pieza asado pejerrey.**

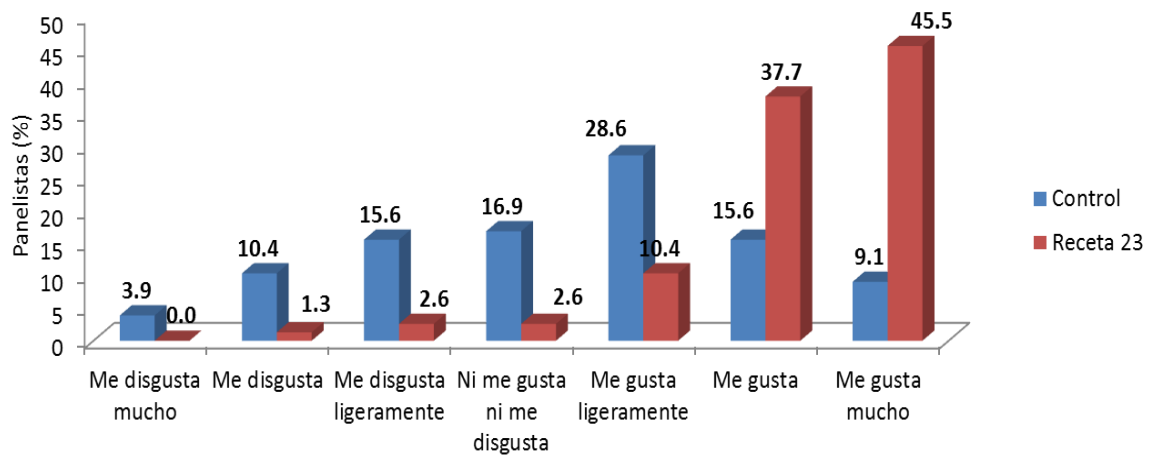
Según el cuadro 9, existe diferencia significativa respecto a la característica de la dureza de la carne en las muestras evaluadas a un nivel de significación de cinco por ciento. Ya que el valor estadístico a cinco por ciento de significancia es de 50,90 y es mayor al valor obtenido de 3,9; lo cual es mayor e indicativo que los valores de las medias de los resultados no son iguales. Los resultados de la evaluación sensorial se encuentran en el anexo 7 y 8.

**Cuadro 9: Resumen de ANOVA de la prueba sensorial**

<b>ANÁLISIS DE VARIANZA</b>						
<b>ORIGEN DE LAS VARIACIONES</b>	<b>SUMA DE CUADRADOS</b>	<b>GRADOS DE LIBERTAD</b>	<b>PROMEDIO DE LOS CUADRADOS</b>	<b>F</b>	<b>PROBABILIDAD</b>	<b>VALOR CRÍTICO PARA F</b>
N° de consumidores	120,4935065	79	1,585440875	0,779270956	0,860402504	1,46188457
N° de tratamientos	121,8766234	1	121,8766234	59,90441794	0,000000346121	3,96675966
Error	154,6233766	79	2,034518113			
Total	396,9935065	159				

Albertí *et al.* (2014) mencionan que «el redondo» suele clasificarse como músculos blancos, ya que éstas son las fibras predominantes. En su composición, las fibras blancas son de contracción rápida y obtienen su energía del metabolismo de los hidratos de carbono, principalmente. Sin embargo, los músculos rojos son de contracción lenta pero son capaces de mantener el esfuerzo durante más tiempo y obtienen la energía de la grasa depositada (son más tierna), tal como se observa en el anexo 3 que se detallan los resultados del análisis de Dureza instrumental de las piezas de vacuno maduradas 7 o 14 días.

En la figura 18, se observa que la receta con papaína presentó mayor aceptabilidad donde al 45,5 por ciento de los panelistas les gustó mucho (*Top box* 45,5 por ciento) y en la receta Control solo el 9,1 por ciento (*Top box*) de los panelistas les gustó mucho.



**Figura 18: Escala de aceptabilidad de carne frita control y con papaína.**

#### **IV. CONCLUSIONES**

- El uso de tres por ciento de papaína en el sazoador de 11 g en ½ kilo de carne otorga suavidad respecto al control de la carne de vacuno de corte «asado pejerrey».
- Lo factores que afectan la dureza de la carne son: el porcentaje de tejido conectivo por la presencia de colágeno y la edad a la que se realiza el beneficiado el ganado del vacuno.
- El corte de carne «asado pejerrey (redondo)» son carnes que por sus características (mayor contenido de colágeno), son menos apreciadas por los consumidores, y suelen disminuir su dureza con la aplicación de la enzima papaína (tratamientos de ablandamiento) previos al cocinado, ya que estas pueden modificar la estructura del colágeno o bien, sin perjudicar excesivamente a la jugosidad y la textura.
- Después del sazoadado de la carne con el sazoador a base de papaína se requiere de 30 minutos de reposo para que la enzima active su potencial de hidrolisis y se perciba el ablandamiento la carne.



## **V. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda usar la enzima «papaína» en sustratos cárnicos ya que otorga suavidad a la carne fresca.
- Se recomienda evaluar la textura de la carne por medio de análisis físico-químicas con el fin de caracterizar la intensidad de la dureza en los cortes de carne y poder robustecer el sustento de la acción catalítica de la papaína.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, C. 2011. Extracción y estudio compartivo de las enzimas proteolíticas del fruto ronche y la papaya y su aplicación en la industria alimenticia. Ecuador, Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Albertí, P; Ripoll, G; Panea, B. 2014. Calidad sensorial de la carne de ternera según el corte comercial (en línea). Revista Eurocarne 230:58-68. Consultado 23 oct. 2017. Disponible en <https://calidadcarnecita.files.wordpress.com/2014/12/eurocarne-230-calidad-sensorial-piez-as-musculos.pdf>.
- AMSA (American Meat Science Association, Estados Unidos). 1978. Guidelines for cookery and sensory evaluation of meat. Chicago, Estado Unidos, American Meat Science Association.
- Angulo, L. 1997. Estudio de Pre-factibilidad técnico económico para la instalación de un matadero frigorífico industrial de ganado vacuno en la provincia de Lima. Tesis Ing. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Anzaldúa-Morales, A. 1994. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Zaragoza, España, Acribia.
- Arango, C. 2001. Industria de carnes. Medellín, Colombia, Universidad Nacional de Colombia.
- Barón, S; García, A. 2013. Efectos de la adición de la proteasa papaína de *Carica papaya* y fibra de uva (*Vitis vinifera*) en longanizas crudas. Tesis Ing. Colombia, Universidad de Cartagena De Indias.

- Barragan, H. 2009. Calidad de la carne de bovinos suplementados con vitamina E. Tesis Mg.Sc. Chapingo, México, Universidad Autónoma de Chapingo.
- Bateman, JF; Lamande, SR; Ramshaw, JAM. 1996. Collagen superfamily. *In* Extracellular matrix. Comper, WD (eds.). Amsterdam, Holanda, Harwood Academic Publishers.
- Bechtel, P. 1986. Muscle development and contractile proteins. *In* Muscle as food. Bechtel, PJ; Schweigert, BS (eds.). Nueva York, Estado Unidos, Academic Press.
- Beltrán, JA; Roncalés, P. 2000. Determinación instrumental de la calidad de la carne: determinación de la textura. *In* Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes. Cañeque, V; Sañudo, C (eds.). España, Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. p. 11-16.
- Bendall, J. 1961. *Post mortem* changes in muscle. *In* The structure and function of muscle. Bourne, GH (eds.). Nueva York, Estado Unidos, Academic Press.
- Bodwell, C; Anderson, B. 1986. Nutritional composition and value of meat and meat products. *In* Muscle as food. Bechtel, PJ; Schweigert, BS (eds.). Nueva York, Estado Unidos, Academic Press.
- Braverman, J. 1980. Introducción a la bioquímica de los alimentos. España, Acriba.
- Brennan, JG. 1980. Measurement of food texture. *In* Advances in food analysis. King, ND; Kenchington, RL (eds.). Londres, Reino Unido, Applied Science Publishers.
- Carballo, B; López de Torre, G. 1991. Manual de bioquímica y tecnología de la carne. España, Servicio de Investigación Agraria de la Junta de Extremadura.
- Chaiwut, P. 2007. Solid-to-solid peptide synthesis by glycyI endopeptidase. *Enzyme and Microbial Technology* 40(4):954-960.
- Cornish, A. 1995. Fundamentals of enzyme kinetics, analysis of enzyme kinetic data. Cambridge, Estados Unidos, Oxford University Press.

- Costell, E; Durán, L. 1981. El análisis sensorial en el control de la calidad de los alimentos. *Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos* 21(4):454-475.
- Dugan, LR. 1994. Química de los tejidos animales. *In* Price, JF; Schweigert, BS (eds.). *Ciencia de la carne y de los productos cárnicos*. 2 ed. Zaragoza, España, Acribia.
- Durán, L; Calvo, C. 1982. Calidad de alubias blancas en conserva. *Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos* 2(2):271-281.
- Fennema, O. 1982. *Introducción a la ciencia de alimentos*. Barcelona, España, Reverte. v. 1-2.
- Fisher, C; Hamm, R. 1980. Biochemical studies on fast glycolysing bovine muscle. *Meat Science* 4:41-49.
- Forrest, J. 1979. *Fundamento de ciencia de la carne*. Zaragoza, España, Acribia. 365 p.
- Garrido, MD; Bañón, S. 2000. Determinación instrumental de la calidad de la carne: medida del pH. *In* Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes. Cañeque, V; Sañudo, C (eds.). España, Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria.
- Gestión, Perú. 2014. El pollo representa el 53% del consumo total de carne en Perú (en línea, sitio web). Lima, Perú; 15 jul. Consultado 10 set. 2017. Disponible en <https://gestion.pe/economia/pollo-representa-53-consumo-total-carnes-peru-65593>.
- Gil, M; Bedoya, V; Millán, L; Benavides, Y. 2012. Papaína extraída a partir de la cáscara de la papayuela perteneciente a la especie (*Carica papaya* L.), por medio de microondas con aplicación en el ablandamiento de la carne bovina. *Journal of Engineering and Technology* 1(2):8-15.
- Gracey, JE. 1989. *Higiene de la carne*. 8 ed. Zaragoza, España, Acribia.

- Greaser, ML. 1986. Conversion of muscle to meat. *In* Muscle as food. Sidney, Australia, Academic Press. p: 37-87.
- Hamm, R. 1986. Functional properties of the miofibrillar system and their measurements. *In* Muscle as food. Bechtel, PJ (eds). Nueva York, Estado Unidos, Academic Press.
- Hernández, B. 1994. Estudio del color en carnes: caracterización y control de calidad. Tesis Ph.D. Zaragoza, España, Universidad de Zaragoza.
- Hernández, M. 1999. Tratado de nutrición. Madrid, España, Díaz de Santos.
- Jaime, J. 1988. Efecto de la temperatura sobre el desarrollo del *rigor mortis*, la maduración y la calidad de la carne de cordero. Tesis Ph.D. Zaragoza, España, Universidad de Zaragoza.
- Lawrie, RA. 1998. Ciencia de la carne. Zaragoza, España, Acribia.
- López, M. 1987. Calidad de la canal y de la carne en los tipos lechal, ternasco y cordero de la raza Lacha y estudio de su desarrollo. Tesis Ph.D. Zaragoza, España, Universidad de Zaragoza.
- Marrasquin, R. 2016, Efecto de la adición de una mezcla de bromelina y papaína sobre ciertas características físico químicas de la carne. Tesis Ing. Guayaquil, Ecuador, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
- McCormick, RJ. 1994. Structure and properties of tissues. *In* Muscle foods: meat poultry and seafood technology. Kinsman, DM; Kotula, AW; Breidenstein, BD (eds.). Londres, Reino Unido, Chapman & Hall.
- MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego, Perú). 1995. Reglamento tecnológico de carnes. Lima Perú, MINAGRI.

- MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego, Perú). 2013. Informe y publicaciones (en línea, sitio web). Consultado 06 set. 2017. Disponible en <https://www.gob.pe/informes-publicaciones>.
- Monin, G; Ouali, A. 1989. Muscle differentiation and meat quality. *In* Developments in meat science. Lawrie, R (eds.). Londres, Reino Unido, Applied Science Publishers. v. 5.
- Morten, C; Meilgaard, D; Gail, B; Thomas, C. 2013. Sensory evaluation techniques. 4 ed. Nueva York, Estados Unidos, CRC Press.
- Oña, Y; Serrano, D. 2017. Utilización de equipos y utillaje en la elaboración y tratamiento de productos alimentarios. España, IC Editorial.
- Onega, M. 2003. Evaluación de la calidad de carnes frescas: aplicación de técnicas analíticas, instrumentales y sensoriales (en línea). Tesis Ph.D. Zaragoza, España, Universidad Complutense de Madrid. Consultado 20 set. 2017. Disponible en <https://eprints.ucm.es/5138/1/T27264.pdf>.
- Pearson, A. 1986. Physical and biochemical changes occurring in muscle during storage and preservation. *In* Muscle as food. Bechtel, PJ (eds.). Nueva York, Estados Unidos, CRC Press.
- Pearson, AM; Young, RB. 1989. *Post mortem* changes during conversion of muscle to meat. *In* Muscle and meat biochemistry. Londres, Reino Unido, Academic. Press.
- Potter, N. 1973. La ciencia de los alimentos. México, Distrito Federal de México, Edulex.
- Prändl, O; Fischer, A; Schmidhofer, T; Sinell, HJ. 1994. Tecnología e higiene de la carne. Zaragoza, España, Acribia.
- Prescott, JHD; Hinks, CE. 1968. System of management and carcass quality of steers. Reino Unido, Universidad de Newcastle-upon-Tyne.

- Price, J; Schweigert, B. 1994. Ciencia de la carne y de los productos cárnicos. Zaragoza, España, Acribia.
- Ramírez, JA. 2004. Características Bioquímicas del músculo, calidad de la carne y de la grasa de conejos seleccionados por velocidad de crecimiento (en línea). Tesis Ph.D. Barcelona, España, Universidad Autónoma de Barcelona. Consultado 20 set. 2017. Disponible en <https://ddd.uab.cat/pub/tesis/2004/tdx-0216105-171846/jart1de1.pdf>.
- Restrepo, M; Diego, A. 1991. Elementos de industria de carnes. Medellín, Colombia, Universidad Nacional de Colombia.
- Roberts, S. 1995. Introduction to biocatalysis using enzymes and micro-organisms. Cambridge, Reino Unido, Cambridge University Press.
- Sancho, J. 1999. Introducción al análisis sensorial de los alimentos. 4 ed. Barcelona, España Universidad de Barcelona.
- Sañudo, C. 1992. La calidad organoléptica de la carne con especial referencia a la especie ovina: factores que la determinan, métodos de medida y causas de variación. España, Universidad de Zaragoza.
- Sañudo, C; Sierra, I. 1982. Estudio de la calidad de la canal y de la carne en animales cruzados *Romanov* x *Rasa Aragonesa*. Anales de la Facultad Veterinaria de Zaragoza 16-17:285-295.
- Shackelford, S; Koohmaraie, M; Savell, J. 1994. Quality of the meat. Meat Science 37:185-195.
- Swatland, H. 1991. Estructura y desarrollo de los animales de abasto. Zaragoza, España, Acribia.
- Tarrant, PV; Sherington, J. 1980. An investigation of ultimate pH in the muscle of commercial beef carcass. Meat Science 4:287-297.

- TechnoServe, Perú. 2004. Estudio Sub-sectorial carnes de vacuno y ovino, provincia de Cajamarca Perú (en línea, sitio web). Consultado 13 set. 2017. Disponible en <https://infolactea.com/wp-content/uploads/2015/03/626.pdf>.
- Téllez, J. 1992. Tecnología e industrias cárnicas. Lima, Perú, Artes Gráficas Espino. v. 1-2.
- Torrescano, G; Sánchez-Escalante, A; Giménez, B; Roncalés, P; Beltrán, JA. 2003. Shear values of raw samples of 14 bovine muscles and their relation to muscle collagen characteristics. *Meat Science* 64(1):85-91.
- Warriss, P. 2004. Insensibilización y sacrificio de bovinos. *Revista Informativa Sobre Carne y Productos Cárnicos* 31:77-79.
- Watt, BK; Merrill, AL. 1963. *Composition of foods raw, processed, prepared*. Washington D.C., Estados Unidos, U.S. Government Printing Office. v. 8.



## VII. ANEXOS

### ANEXO 1: FICHA TÉCNICA DE LA PAPAÍNA UTILIZADA



## Product Data Sheet

**PRODUCT:** BRAUZYN 100  
**TIPE:** Enzyme preparation for food purposes.  
**INGREDIENTS:** Papain enzyme (EC 3.4.22.2) and maltodextrin.  
**SHELF LIFE:** 12 months

#### PHISICAL PROPRERTIES:

<b>Enzymatic activity:</b>	<b>Min. 90 TUP / mg</b>
<b>pH (solution 1%):</b>	<b>4,0 – 7,0</b>
<b>Humidity (3 h à 105 °C):</b>	<b>Max. 6,0 %</b>
<b>Lead:</b>	<b>Max. 5 ppm</b>
<b>Appearance:</b>	<b>White to cream powder*.</b>

\* Color variations .

#### CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS\*\*:

<b>Total Coliforms 45°C / g:</b>	<b>Max. 10</b>
<b>Salmonella sp / 25 g:</b>	<b>Absence / 25 g</b>
<b>Staphylococcus coag. positive / g:</b>	<b>Max. 5 x 10<sup>2</sup></b>

\*\* Parameters according RDC n° 12, January 2nd 2001.

Ver. 02 - 11/2014



www.prozyn.com  
55.11.3732-0000

55.11.3732-0021 (fax) | R. Dr. Paulo Leite de Oliveira, 199 | Butantã | 05551-020 | São Paulo

**ANEXO 2: PRINCIPALES MAQUINARIAS UTILIZADAS EN LA ELABORACIÓN DEL SAZONADOR A BASE DE PAPAÍNA**



a. Tamizador de polvos



b. Tamices de distintos tamaño de luz

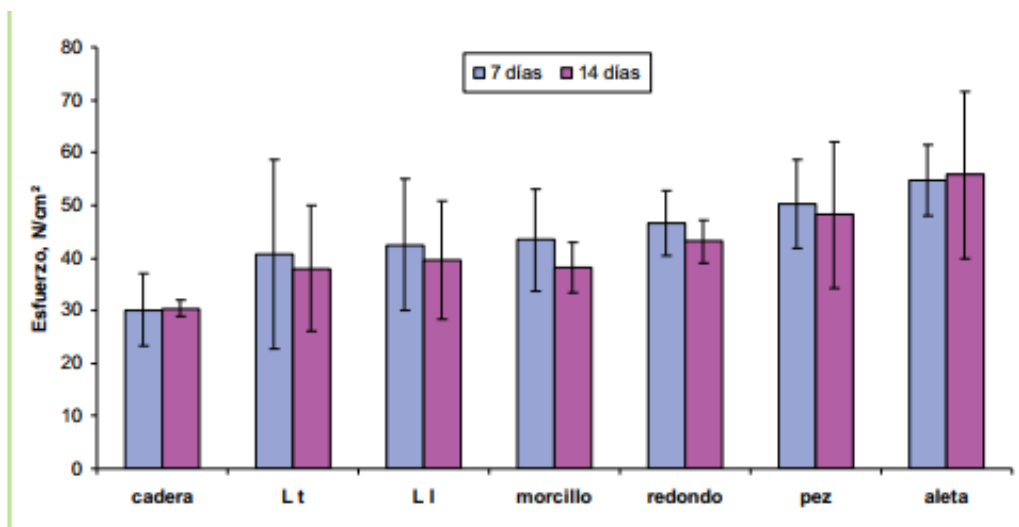


c. Mezcladora de polvos



d. Empacadora de polvos Yokohama

### ANEXO 3: RESULTADOS DE LA MEDICIÓN DE LA DUREZA INSTRUMENTAL DE LAS PIEZAS DE VACUNO MADURADAS 7 O 14 DÍAS



FUENTE: Tomado de Albertí *et al.* 2014

### ANEXO 4: FOTOGRAFÍAS DE LOS CORTES DE ASADO PEJERREY, EVALUADOS EN LAS MEDICIÓN DE LA DUREZA INSTRUMENTAL DE LAS PIEZAS DE VACUNO



FUENTE: Tomado de Albertí *et al.* 2014

## ANEXO 5: FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL

### EVALUACIONDE CARNE

Nombre: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

**Instrucciones:** A continuación le presentamos 2 muestras de Carne Frita . Pruébelas en el orden indicado y llene la ficha de acuerdo a las instrucciones:

1. Escribe el código de la muestra que te gustó más:

¿Por qué te gustó más esa muestra? \_\_\_\_\_

A continuación, marca con una "X" de acuerdo a tu percepción personal para cada una de las muestras evaluadas:

#### 2. DUREZA DE LA CARNE:

	501	205
Muy duro		
Duro		
Ligeramente duro		
Ni suave ni duro		
Ligeramente suave		
Suave		
Muy suave		

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

#### 3. ACEPTABILIDAD DE LA DUREZA DE LA CARNE

	501	205
Me gusta mucho		
Me gusta		
Me gusta ligeramente		
Ni me gusta ni me disgusta		
Me disgusta ligeramente		
Me disgusta		
Me disgusta mucho		

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

**GRACIAS POR SU PARTICIPACIÓN**

**ANEXO 6: TABLA DE PREFERENCIA PARA DEFINIR EL NÚMERO CRÍTICO DE RESPUESTA CORRECTAS EN LA PRUEBA DE DOS COLAS DE PREFERENCIA**

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

$n$	$\alpha$							$n$	$\alpha$						
	0.40	0.30	0.20	0.10	0.05	0.01	0.001		0.40	0.30	0.20	0.10	0.05	0.01	0.001
2	—	—	—	—	—	—	—	31	19	19	20	21	22	24	25
3	3	3	—	—	—	—	—	32	19	20	21	22	23	24	26
4	4	4	4	—	—	—	—	33	20	20	21	22	23	25	27
5	4	5	5	5	—	—	—	34	20	21	22	23	24	25	27
6	5	5	6	6	6	—	—	35	21	22	22	23	24	26	28
7	6	6	6	7	7	—	—	36	22	22	23	24	25	27	29
8	6	6	7	7	8	8	—	40	24	24	25	26	27	29	31
9	7	7	7	8	8	9	—	44	26	26	27	28	29	31	34
10	7	8	8	9	9	10	—	48	28	29	29	31	32	34	36
11	8	8	9	9	10	11	11	52	30	31	32	33	34	36	39
12	8	9	9	10	10	11	12	56	32	33	34	35	36	39	41
13	9	9	10	10	11	12	13	60	34	35	36	37	39	41	44
14	10	10	10	11	12	13	14	64	36	37	38	40	41	43	46
15	10	11	11	12	12	13	14	68	38	39	40	42	43	46	48
16	11	11	12	12	13	14	15	72	41	41	42	44	45	48	51
17	11	12	12	13	13	14	15	76	43	44	45	46	48	50	53
18	12	12	13	13	14	15	17	80	45	46	47	48	50	52	56
19	12	13	13	14	15	16	17	84	47	48	49	51	52	55	58
20	13	13	14	15	15	17	18	88	49	50	51	53	54	57	60
21	13	14	14	15	16	17	19	92	51	52	53	55	56	59	63
22	14	14	15	16	17	18	19	96	53	54	55	57	59	62	65
23	15	15	16	16	17	19	20	100	55	56	57	59	61	64	67
24	15	16	16	17	18	19	21	104	57	58	60	61	63	66	70
25	16	16	17	18	18	20	21	108	59	60	62	64	65	68	72
26	16	17	17	18	19	20	22	112	61	62	64	66	67	71	74
27	17	17	18	19	20	21	23	116	64	65	66	68	70	73	77
28	17	18	18	19	20	22	23	122	67	68	69	71	73	76	80
29	18	18	19	20	21	22	24	128	70	71	72	74	76	80	83
30	18	19	20	20	21	23	25	134	73	74	75	78	79	83	87
								140	76	77	79	81	83	86	90

Note: For values of  $n$  not in the table, compute  $z = (k - 0.5n) / \sqrt{0.25n}$ , where  $k$  is the number of correct responses. Compare the value of  $z$  to the  $\alpha/2$ -critical value of a standard normal variable, i.e., the values in the last row of Table 17.3 ( $z_{\alpha/2} = t_{\alpha/2, \infty}$ ).

FUENTE: Tomado de Morten *et al.* 2013

## ANEXO 7: ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DEL SAZONADOR A BASE DE PAPAÍNA

<b>FINAL PRODUCT SPECIFICATIONS SEASONING PREPARED WITH PAPAÏN FOR MEAT</b>		
	LOCAL REGULATION	Sazonador a base de Papaina para Carne
CHEMICAL SPECS	PERÚ Criterios Microbiológicos de Calidad Sanitaria e Inocuidad para los Alimentos y Bebidas de Consumo Humano NTS Nº 071-MINSA/DIGESA-V.01 (Capítulo IV.3)	Proposal Specifications
Moisture	---	≤ 5%
Chlorides as NaCl	---	61.5 - 66.5%
Enzymatic Activity	---	≥ 2.94 TUP/mg
Arsenic	---	≤ 1 ppm
Lead	---	≤ 2 ppm
PHISICAL SPECS		
Weight	---	According to TS
Sensory Test	---	Pass
Foreign Material	---	Pass
MICRO. SPECS		
Total Aerobic Plate Count	≤ 10 000 cfu/g	≤ 10000 cfu/g
Coliform	≤ 10 cfu/g	≤ 10 cfu/g <sup>(4)</sup>
<i>Bacillus cereus</i>	≤ 100 cfu/g	≤ 100 cfu/g <sup>(4)</sup>
Yeast & Mold	---	≤ 100 cfu/g
Mold	≤ 1000 cfu/g <sup>(1)</sup>	≤ 1000 cfu/g <sup>(4)</sup>
<i>Salmonella sp.</i>	Ausencia/25 g	Ausencia/25 g <sup>(4)</sup>
<i>Staphylococcus aureus</i>	≤ 10 cfu/g	≤ 10 cfu/g <sup>(4)</sup>
<i>Escherichia coli</i>	≤ 10 cfu/g <sup>(1)</sup>	< 3 NMP/g
<p><sup>(1)</sup> Chapter VIII.4</p> <p><sup>(2)</sup> The method of AJIPU need to be adjust for a detection limit of ≤ 2 ppm. Now, the limit is 10 ppm.</p> <p><sup>(3)</sup> This result is of a external laboratory.</p> <p><sup>(4)</sup> Annual monitoring</p> <p>Note: Bolivia doesn't have legislation about this product.</p>		

**ANEXO 8: RESUMEN DE RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL  
RESPECTO A LA CARACTERÍSTICA EVALUADA- DUREZA**

<b>Nº ENCUESTA</b>	<b>DUREZA (CARNE CON SAZONADOR A BASE DE PAPAÍNA)</b>	<b>DUREZA (CARNE CON SAZONADOR SIN PAPAÍNA)</b>
1	7	6
2	7	1
3	5	4
4	7	4
5	7	6
6	7	3
7	7	3
8	6	4
9	6	5
10	6	5
11	7	4
12	7	4
13	6	5
14	6	5
15	7	7
16	6	4
17	6	2
18	7	5
19	7	4
20	7	3
21	5	7
22	7	5
23	7	6
24	7	3
25	6	5
26	6	1



«continuación»

27	7	3
28	7	6
29	6	2
30	7	3
31	6	4
32	6	4
33	5	7
34	7	5
35	7	5
36	7	5
37	7	3
38	7	2
39	2	7
40	6	7
41	7	2
42	6	3
43	7	5
44	7	6
45	7	5
46	6	3
47	6	5
48	3	5
49	6	2
50	6	6
51	5	5
52	6	5
53	5	3
54	6	7
55	7	6
56	6	2
57	7	2

«continuación»

58	4	6
59	7	5
60	5	6
61	6	4
62	6	4
63	6	4
64	7	3
65	6	5
66	7	5
67	3	1
68	7	5
69	4	6
70	6	4
71	7	5
72	6	3
73	5	2
74	6	6
75	7	6
76	6	4
77	7	3
78	5	7
79	7	2
80	6	5

**ANEXO 9: RESUMEN DE ANÁLISIS DE VARIANZA DE DOS MUESTRAS EVALUADAS POR MEDIO DE ANÁLISIS SENSORIAL RESPECTO A LA DUREZA**

<b>RESUMEN</b>	<b>CUENTA</b>	<b>SUMA</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>VARIANZA</b>
1	2	13	6,5	0,5
2	2	8	4	18
3	2	9	4,5	0,5
4	2	11	5,5	4,5
5	2	13	6,5	0,5
6	2	10	5	8
7	2	10	5	8
8	2	10	5	2
9	2	11	5,5	0,5
10	2	11	5,5	0,5
11	2	11	5,5	4,5
12	2	11	5,5	4,5
13	2	11	5,5	0,5
14	2	11	5,5	0,5
15	2	14	7	0
16	2	10	5	2
17	2	8	4	8
18	2	12	6	2
19	2	11	5,5	4,5
20	2	10	5	8
21	2	12	6	2
22	2	12	6	2
23	2	13	6,5	0,5
24	2	10	5	8
25	2	11	5,5	0,5
26	2	7	3,5	12,5
27	2	10	5	8

«continuación»

28	2	13	6,5	0,5
29	2	8	4	8
30	2	10	5	8
31	2	10	5	2
32	2	10	5	2
33	2	12	6	2
34	2	12	6	2
35	2	12	6	2
36	2	12	6	2
37	2	10	5	8
38	2	9	4,5	12,5
39	2	9	4,5	12,5
40	2	13	6,5	0,5
41	2	9	4,5	12,5
42	2	9	4,5	4,5
43	2	12	6	2
44	2	13	6,5	0,5
45	2	12	6	2
46	2	9	4,5	4,5
47	2	11	5,5	0,5
48	2	8	4	2
49	2	8	4	8
50	2	12	6	0
51	2	10	5	0
52	2	11	5,5	0,5
53	2	8	4	2
54	2	13	6,5	0,5
55	2	13	6,5	0,5
56	2	8	4	8
57	2	9	4,5	12,5
58	2	10	5	2

«continuación»

59	2	12	6	2
60	2	11	5,5	0,5
61	2	10	5	2
62	2	10	5	2
63	2	10	5	2
64	2	10	5	8
65	2	11	5,5	0,5
66	2	12	6	2
67	2	4	2	2
68	2	12	6	2
69	2	10	5	2
70	2	10	5	2
71	2	12	6	2
72	2	9	4,5	4,5
73	2	7	3,5	4,5
74	2	12	6	0
75	2	13	6,5	0,5
76	2	12	6	2
77	2	11	5,5	0,5
78	2	11	5,5	0,5
79	2	10	5	8
80	2	11	5,5	0,5
Dureza (Carne Con Sazonador a base de Papaína )	80	475	6,168831169	1,089542037
Dureza Carne Con Sazonador sin Papaína)	80	338	4,38961039	2,530416951