

## 1.1 ANTECEDENTES

La zanahoria, es uno de los vegetales con una excelente fuente de vitamina A, que producen más efectos benéficos en el organismo humano, la que lo convierte en un auténtico alimento-medicina. La parte útil de esta hortaliza, es la raíz, la cual es consumida cruda o cocida en ensaladas, jugos, guisos, sopas y pasteles. En la industria, se utiliza en forma de congelado en trozos, conservas, encurtidos y aceites para uso cosmético (Pamplona, 2003).

La producción anual mundial de la zanahoria supera el millón de hectáreas, con más de 14 millones de toneladas/año, siendo los principales productores China, Estados Unidos, Rusia, Polonia y Japón, que en conjunto producen el 50% de la producción mundial (FAO, 2005).

En Bolivia, anualmente se cultivan aproximadamente 3600 hectáreas de zanahoria con rendimientos promedio de 7,5 toneladas/hectáreas y con una producción total de 27000 toneladas/año, lo cual implica un valor económico de la producción (FAO, 2005).

La zanahoria, se constituye en elemento clave de la alimentación de los bolivianos y se encuentra en un nivel alto de importancia luego de la papa, arroz y maíz. Es una hortaliza de climas templados, cultivada por pequeños productores con poco uso de tecnología, cuyos rendimientos se ven afectados por factores como el uso de semillas (disponibles) de mala calidad y producción afectadas por climas cambiantes, exponiendo del cultivo a intensos fríos, lo cual es causante de mermas en el rendimiento, lo que repercute tanto en la economía de los productores como de los consumidores (FAO, 2005).

Según las condiciones climatológicas y situación geográfica, se distinguen tres zonas agrícolas en Bolivia: fría, templada y cálida. La zona templada, se caracteriza por

tener la mayor producción agrícola en el país y comprende principalmente los departamentos de Cochabamba, Chuquisaca y Tarija (Andrade, 2005).

En el departamento de Tarija, propiamente en las regiones, El Puente, Iscayachi, Valle Central de Tarija, Yunchará, San Lorenzo, etc. Presentan volúmenes de producción de zanahoria; en la región de San Juan del Oro, está centrada la mayor producción de zanahoria; ya que ocupa el 63,83% de la superficie cultivada en invierno. La producción comprende la variedad criolla y las actividades de siembra y cosecha se realizan durante todo el año (Pacheco, 1998).

Su territorio comprende tres zonas ecológicas con climas y humedad distintas: Zona Andina, Cabeceras de Valle y Valles. Su producción agrícola, es de subsistencia y orientada a la seguridad alimentaria de las familias, los principales cultivos son: maíz, papa, haba, trigo, zanahoria y otros (Andrade, 2005). Es por esta razón, los pobladores se dedican a la producción de zanahoria y otras hortalizas, que una vez cosechados son transportado a los lugares de abasto en la ciudad de Tarija, debido al volumen de producción de este producto, es transformado en forma artesanal, como por ejemplo jugos, te, comidas y otros (Pacheco, 1998).

En la tabla 1.1, se muestra los lugares de producción de zanahoria en el valle tarijeño, identificando las zonas más importantes de producción y las superficies cultivadas con un rendimiento promedio de 400 quintales/hectáreas (Andrade, 2005).

**Tabla 1.1**  
**Superficie y producción de cultivo de zanahoria en el departamento de Tarija**

<b>Provincias</b>	<b>Localidades</b>	<b>Superficie de cultivos en invierno (hectáreas)</b>	<b>Superficie de cultivos en verano (hectáreas)</b>
<b>Avilés</b>	Calamuchita	10	3
	APPM	-	15
	Valle	-	4
	Concepción		
<b>Méndez</b>	Tomayapo	2	-
	Campanario	5	-
	El Puesto	5	-
	El Molino	2	-
	Rio San Juan	60	-
	Rancho	-	4
	Erquís Sud	-	6
	Tomatitas	-	6
	Coimata	-	4
	Obrajes	-	6
<b>Cercado</b>	Valle Central	10	-
	San Mateo	-	5
<b>Total</b>		94	53

**Fuente:** Cámara Agropecuaria de Tarija, 1998/1999

## 1.2 JUSTIFICACIÓN

- ❖ El mercado cambia actualmente más rápido en cuanto a nuevos productos alimenticios y sus exigencias son cada vez mayores es por eso que; para lograr que el consumidor esté satisfecho hay que innovar en cuanto a estos, de tal manera que facilite la preparación de alimentos y sobre todo que no requiera mucho tiempo en la preparación de los mismos.
- ❖ La zanahoria, es un alimento excelente desde el punto de vista nutricional gracias a su contenido en vitaminas y minerales. Donde el agua, es el componente mayoritario de los hidratos de carbono, el cual es superior a otras hortalizas como la espinaca, repollo, etc. Al tratarse de una raíz que absorbe

los nutrientes del suelo, los cuales pueden constituirse en un importante aporte nutricional para la dieta alimentaria.

- ❖ La mermelada es un alimento que tiene una amplia aceptación en el mercado local y también gran competencia. Tomemos en cuenta que mermelada de zanahoria no existe en el mercado como derivado de esta hortaliza, siendo una verdura muy bien posicionada por lo que se dará a conocer y promover en el mercado.
- ❖ El presente trabajo tiene la finalidad de procesar la zanahoria, para la elaboración de la mermelada, ya que puede ser una buena alternativa para ofrecer al mercado un sabor exótico y alto valor nutricional para las personas.

### **1.3 OBJETIVOS**

Los objetivos planeados en el presente trabajo son los siguientes:

#### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL**

Elaborar mermelada de zanahoria (*Daucos Carota*), aplicando los conceptos teóricos y metodológicos en conservación de frutas y hortalizas; con la finalidad de obtener un producto novedoso y nutritivo para el mercado local.

#### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ❖ Determinar las propiedades físicas de la zanahoria para conocer sus características: tamaño, peso, diámetro, peso de pulpa y cáscara.
- ❖ Determinar la composición fisicoquímica de la materia prima, con el propósito de determinar su composición.

- ❖ Realizar la evaluación sensorial para determinar la dosificación de ingredientes.
- ❖ Determinación de la variación de los sólidos solubles en el proceso de la concentración.
- ❖ Realizar el diseño experimental para determinar las variables del proceso de concentración.
- ❖ Determinar las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y organolépticas del producto.
- ❖ Realizar los balances de materia y energía a nivel experimental en el proceso de elaboración de la mermelada de zanahoria.

#### **1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA GENERAL**

¿Cuál será el proceso metodológico a ser utilizado de la conservación de frutas y hortalizas para la elaboración de mermelada de zanahoria (*Daucos Carota*) como producto novedoso y nutritivo para el mercado local?

#### **1.5 PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS GENERAL**

Mediante el proceso de concentración por evaporación; utilizando las variables adecuadas (pulpa, azúcar y pectina), se obtendrá un producto novedoso y nutritivo de mermelada de zanahoria, para el mercado local.

## **2.1 ORIGEN DE LA ZANAHORIA**

La zanahoria, es una especie originaria del centro asiático y del mediterráneo. Ha sido cultivada y consumida desde antiguo por griegos y romanos. Durante los primeros años de su cultivo, las raíces de la zanahoria eran de color violáceo. El cambio de estas a su actual color naranja se debe a las selecciones ocurridas a mediados de 1700 en Holanda, que aportó una gran cantidad de caroteno, el pigmento causante del color y que han sido base del material vegetal actual (PROMOSTA, 2005).

## **2.2 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA**

La planta de zanahoria tiene un comportamiento anual o bianual, de acuerdo a la variedad y a las condiciones climáticas del lugar. Durante el primer año en las bianuales, y antes del receso invernal en las anuales, se forma un verticilo o roseta de hojas y por acumulación de sustancias de reserva se engrosan el hipocotilo y la raíz principal. Estos tejidos suculentos constituyen la parte comestible de la planta; las hojas son pubescentes, color verde alternas muy recortadas, el número de hojas varía de 7 a 13 las cuales forman una roseta (García y Gordillo, 1999).

## **2.3 DESCRIPCIÓN TAXONÓMICA**

La zanahoria pertenece a la familia de las Umbelíferas, también denominadas Apiáceas. Es la hortaliza más importante y de mayor consumo de las pertenecientes a dicha familia, que cuenta con cerca de 250 géneros y más de 2500 especies. La mayoría, plantas propias de las estaciones frías. Se reconocen por su abundante contenido en sustancias aromáticas, por lo general, son las semillas las que contienen los aceites esenciales responsables de su aroma y sabor (Oliva, 1987). En la tabla 2.1, se identifica la clasificación taxonómica de la zanahoria.

**Tabla 2.1**  
**Taxonomía de la zanahoria**

<b>Nombre científico</b>	<i>Daucos Carota L.</i>
<b>Nombre Común</b>	Zanahoria
<b>Reino</b>	Vegetal
<b>Clase subclase</b>	Angiospermae
<b>Subclase</b>	Dicotiledoneae
<b>Orden</b>	Umbelliflorae
<b>Familia</b>	Umbelliferae
<b>Genero</b>	Daucos
<b>Especie</b>	Carota L.

**Fuente:** (Horticultura; citado en Huanca, 2001)

## 2.4 CLASIFICACIÓN O VARIEDADES

Existen numerosas variedades de zanahoria, citaremos algunas, específicamente según la forma de la raíz y entre estas tenemos:

### 2.4.1 CHANTENAY

Son de amplia adaptación presentando las variedades un color anaranjado fuerte, uniforme, destacándose las variedades Red Core Chantenay, Royal Chantenay, Chantenay Long Type y Chanticler (Huanca, 2001).

### 2.4.2 NANTES

Presentan raíces más cilíndricas, con punta obtusa de alta calidad, se tiene como las mejores variedades a Strohg Top y Touchom (Huanca, 2001).

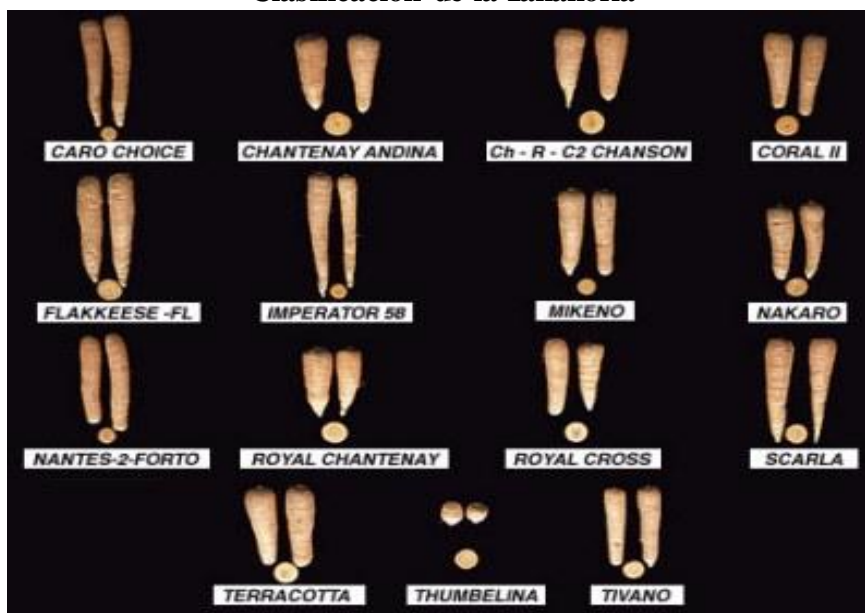
### 2.4.3 DANVERS

Desarrolla plantas más fuertes que la chantenay de punta más aguda, siendo su color y calidad mediano, entre los exponentes de este tipo, tenemos las variedades de red Danvers, Danvers Half Log (Huanca, 2001).

### 2.4.4 KURODA

Similar al tipo Nantes, pero con marcada resistente a las condiciones tropicales, teniendo como exponentes a los tipos Shin Kuroda y Noba Kuroda (Huanca, 2001). En la figura 2.1, se observa la raíz corta que son variedades de cultivo temprano, forma redondeada. Las de raíz larga son variedades de forma alargada y acabadas en punta. La de raíz intermedia, que suelen ser ejemplares con forma cilíndrica y gruesa, de piel lisa y color naranja oscuro (Grupo Eroski, 2003).

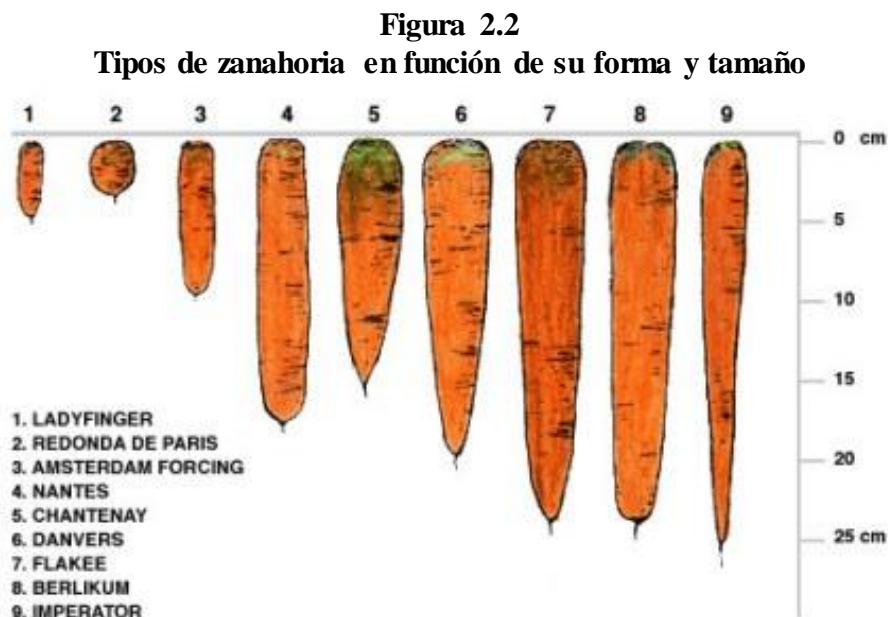
**Figura 2.1**  
**Clasificación de la zanahoria**



Fuente: (Grupo Eroski, 2003)

En la figura 2.2, se muestra a la zanahoria en función de su forma y tamaño:





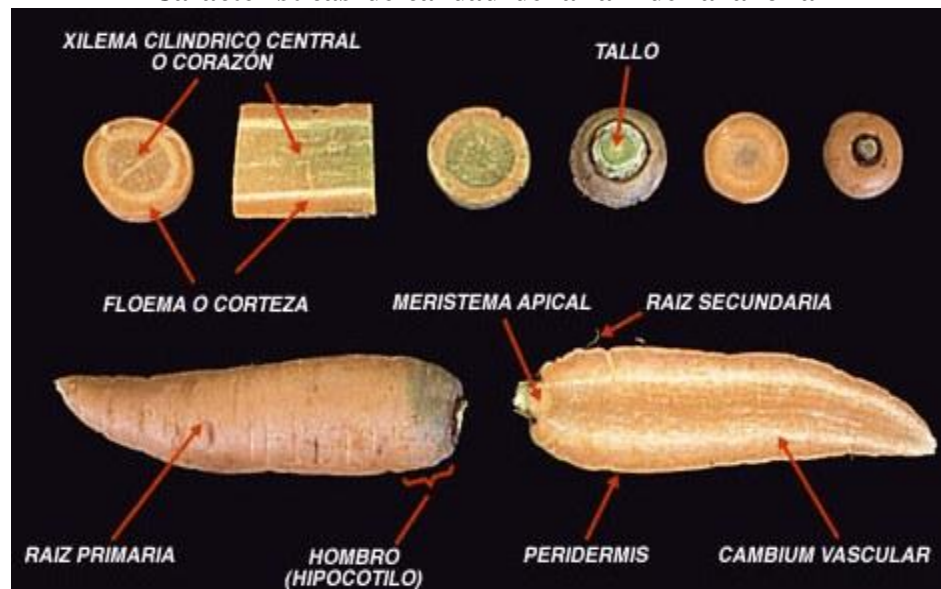
**Fuente:** (Grupo Eroski, 2003)

## 2.5 CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DE LA ZANAHORIA

La relación entre la carne de la corteza y el cuerpo o “corazón” es la mejor característica para determinar la calidad de la zanahoria. Lo ideal, es que tenga un corazón pequeño y de un color igual al de la corteza. Si la zanahoria ha estado expuesta al sol, pueden aparecer manchas verdes en la parte final de la raíz. Estas zonas tienen un sabor amargo, por lo que conviene eliminarlas (Grupo Eroski, 2003).

Para adquirir zanahorias de calidad, se deben seleccionar las de piel suave y pequeña o mediano tamaño, bien formadas, de color naranja vivo, con un estrechamiento uniforme; y que no presenten raicillas laterales. Si tienen hojas, éstas deberán estar frescas y tener un buen color verde. Rechazar las zanahorias con arrugas, flacidez o con apariencia quemada en su parte superior debido a una sobre exposición al sol (Grupo Eroski, 2003). En la figura 2.3, se muestra las características de calidad de la raíz de la zanahoria.

**Figura 2.3**  
**Características de calidad de la raíz de zanahoria**



Fuente: (Grupo Eroski, 2003)

## 2.6 CULTIVO DE LA ZANAHORIA

El cultivo de la zanahoria tiene preferencia por suelos de textura arenosa (suelos ligeros), muy permeables. Este tipo de suelos, se caracteriza por una débil capacidad de retención de los nutrientes, ante todo, nitratos, que se pierden por lavado a capas profundas no alcanzables por las raíces o a las aguas subterráneas. Por ello, es recomendable la aplicación de nitrógeno en formas no fácilmente lixiviables. Los abonos estabilizados aportan el nitrógeno en forma de amonio estabilizado que queda retenido en el suelo a disposición de la planta de zanahoria hasta 3-4 meses. La zanahoria, es muy exigente en suelo, por tanto no conviene repetir el cultivo al menos en 4-5 años (INFOAGRO, 2002).

## 2.7 EXIGENCIAS CLIMÁTICAS

Los factores climáticos más relevantes de la planta de zanahoria, son la temperatura, la precipitación y la luminosidad (Sarli, 1980).

### 2.7.1 TEMPERATURA

Según (Sarli, 1980) la temperatura afecta el crecimiento vegetativo, como ser:

- ❖ **Crecimiento de parte aérea:** temperatura óptimas: 18 a 24 °C
- ❖ **Crecimiento de la raíz:** 15 a 20 °C
- ❖ **Desarrollo de color:** 15 a 21 °C fuera de este rango de temperatura las raíces se presentan descoloridas.

La temperatura también afecta otros parámetros de calidad de raíz: forma y tamaño. Cuanto más elevada sea la temperatura (mayor 20 °C), más cortas serán las raíces. Por otro lado, cuanto más bajas las temperaturas, más largas serán las raíces (Sarli, 1980).

### 2.7.2 HUMEDAD

En relación a este factor es muy importante para mantener un régimen de humedad constante; ya que una irregularidad en el suministro de la misma provoca generalmente rajaduras en la raíz y un déficit da lugar a la formación de raíces más largas y de coloridas. Si bien la incidencia de la humedad en la calidad de las raíces es de menor magnitud que la de la temperatura, en periodos de falta de agua, además de los efectos mencionados anteriormente, se desarrollan raíces con una alta proporción de raicillas secundarias (Sarli, 1980).

### 2.7.3 LUZ

La luz ejerce un efecto benéfico sobre el crecimiento del cultivo y es importante considerar tanto su intensidad, como su duración, la alta intensidad luminosa favorece la tasa fotosintética. La iluminación además de favorecer la tasa fotosintética, conjuntamente con los días largos favorece la síntesis de carotenos y su acumulación en la raíz (Barrera y Sganga, 1996).

## **2.8 LA PLANTA**

La zanahoria (*Daucus Carota*), es una planta bianual de la familia de las umbelíferas, pero se cultiva como anual en todos los ciclos del año, aprovechando las condiciones climáticas óptimas que le permitan satisfacer la máxima acumulación de sustancias en la raíz pivotante y la emisión de un sistema foliar dispuesto en roseta. En un hipotético segundo año o en determinadas condiciones de alternancias de periodos cálidos, fríos y cálidos; la planta emite un tallo floral que se remata en flores dispuestas en umbelas de distintos órdenes (CENTA, 2002).

### **2.8.1 RAÍZ**

La raíz, está pigmentada de caroteno (vitamina A) que le aporta la fuerte coloración anaranjada generalmente, o violeta, o amarilla, constituye el órgano de consumo de la especie, y numerosas raíces secundarias, ramificadas y finas, que se forman a partir de la mitad inferior de la raíz principal y que alcanzan una profundidad de hasta 1m en el suelo (CENTA, 2002).

### **2.8.2 HOJAS**

Las hojas son compuestas, de largo pecíolo y forman en torno al cuello una roseta de suma importancia en los cultivos actuales; porque de su fuerte implantación dependerá la facilidad mayor o menor para la recolección mecanizada (CENTA, 2002).

### **2.8.3 FLORES**

Las flores, son pequeñas de color rosado formando una umbela, poseen flores hermafroditas y flores masculinas. La fecundación es alógama y entomófila. Las

semillas de la zanahoria son elípticas, poseen un lado convexo y otro plano, conservan su poder germinativo de 3 a 4 años (CENTA, 2002).

## **2.9 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA ZANAHORIA**

Las cualidades nutritivas de las zanahorias son importantes, especialmente por su elevado contenido en beta-caroteno (precursor de la vitamina A); pues cada molécula de caroteno que se consume, es convertida en dos moléculas de vitamina A. En general, se caracteriza por un elevado contenido en agua y bajo contenido en lípidos y proteínas (Grupo Eroski, 2003).

Su color naranja, se debe a la presencia de caroteno, entre ellos el beta-caroteno o pro-vitamina A, pigmento natural que el organismo transforma en vitamina A, conforme la necesita. Asimismo, es fuente de vitamina E y vitaminas del grupo B; en cuanto a los minerales, destaca el aporte de potasio, y cantidades discretas de fósforo, magnesio, yodo y calcio. Este último, es de peor aprovechamiento que el que procede de los lácteos u otros alimentos, buena fuente de este mineral (Grupo Eroski, 2003).

El potasio es un mineral necesario para la transmisión y generación del impulso nervioso y para la actividad muscular normal, además de intervenir en el equilibrio de agua dentro y fuera de la célula (Grupo Eroski, 2003).

En la tabla 2.2, se muestra la composición química de la zanahoria por cada 100 g de la parte comestible (Botanical, 2010).

**Tabla 2.2**  
**Composición química de la zanahoria**

<b>Componentes</b>	<b>Crudas</b>	<b>Hervidas con sal</b>
<b>Agua</b>	87,7 g	87,3 g
<b>Energía (Kcal)</b>	43 Kcal	45 Kcal
<b>Grasas</b>	0,19 g	0,18 g
<b>Hidratos carbono</b>	10,14 g	10,48 g
<b>Fibra</b>	3 g	3,3 g
<b>Potasio</b>	323 mg	227 mg
<b>Fósforo</b>	44 mg	30 mg
<b>Sodio</b>	35 mg	66 mg
<b>Calcio</b>	27 mg	31 mg
<b>Magnesio</b>	15 mg	13 mg
<b>Vitamina C</b>	9,3 mg	2,3 mg
<b>Vitamina A</b>	28000 IU	24554 IU
<b>Vitamina B<sub>6</sub></b>	0.14 mg	0,24 mg
<b>Niacina</b>	0,92 mg	0,50 mg
<b>Ácido fólico</b>	14 mg	14 mg

**Fuente:** Botanical, 2010

## **2.10 PROPIEDADES MEDICINALES DE LA ZANAHORIA**

Muchos investigadores han llegado a la conclusión de que la “zanahoria” es, ni más ni menos: “una verdadera maravilla vegetal”, pues además de ser un alimento es a la vez un eficaz recurso terapéutico para diversas enfermedades (Pamplona, 2003).

Se le puede consumir cocida o cruda, estado en el que es muy agradable al paladar y buena para fortalecer la visión, los dientes y las encías. Se recomienda a quienes tienen problemas dentales o mala dentición a ingerirla rallada, sola o mezclada en ensalada con otras verduras (Pamplona, 2003).

El zumo de la zanahoria, que se saca del extractor es altamente beneficioso. Si se carece de este aparato, se ralla la zanahoria, colocando un lienzo, donde se toma por las cuatro puntas y se exprime en un vaso. También, la zanahoria cocida es muy saludable, aunque cruda lo es más (Pamplona, 2003).

La raíz, es rica en pectinas, fibra, oligoelementos y agua, se la considera antidiarreico moderado, calmante estomacal que regula el tránsito intestinal, desintoxicante, depurativa y remineralizante. También, se la considera un remedio popular para la ictericia y otros (Pamplona, 2003).

## **2.11 LA ZANAHORIA COMO MATERIA PRIMA**

La zanahoria en la industria alimentaria se emplea como materia prima para congelados, deshidratados, encurtidos, conservas, purés, alimentos para niños, enlatados y zumos. Las zanahorias pueden conservarse usando atmósferas modificadas, aunque un exceso de CO<sub>2</sub> en dicha atmósfera puede llevar a la aparición de un sabor desagradable y a una pérdida de firmeza del producto, sobre todo si la zanahoria es rallada. Uno de los mejores métodos industriales para la conservación de las zanahorias es la congelación; ya que dicho proceso mantiene intactas las características organolépticas y las propiedades del producto. Estas raíces, además, se usan como fuente para extracción de caroteno, que se emplea como colorante de margarinas y como componente de piensos de aves, para intensificar el color de la carne y de la yema de los huevos (Grupo Eroski, 2003).

Las zanahorias también, se emplean en alimentación animal, sobre todo las variedades blancas, valiosos alimento para caballos y vacas lecheras. Piensos y snacks de mascotas domésticas, como perros, cobayas y pájaros tropicales (Grupo Eroski, 2003).

## **2.12 MERMELADA DE FRUTAS**

La mermelada de frutas se define como un producto de consistencia pastosa o gelatinosa, obtenido por cocción y concentración de frutas sanas, limpias y adecuadamente preparadas, con edulcorantes y con o sin agua. La fruta puede estar

entera, en trozos, en tiras o en partículas finas, las cuales deben estar dispersas de manera uniforme en todo el producto (Colquichagua y Ortega, 2005).

Es un producto altamente nutritivo que brinda muchas calorías al organismo; ya que es un producto elaborado a partir de frutas y hortalizas naturales, frescas, maduras y otras sustancias nocivas en condiciones sanitarias adecuadas (EIRL, 2005).

Indudablemente, muchas personas han cambiado sus gustos, hoy prefieren mermeladas menos dulces, donde se resalte el color, sabor, olor y trozos de la fruta, en vez de mermeladas extremadamente dulces donde la fruta había perdido su identidad aunque era percibida (EIRL, 2005).

## **2.13 DEFECTOS EN LA ELABORACIÓN DE MERMELADAS**

Para determinar las causas de los defectos que se producen en la preparación de mermeladas, se debe comprobar los siguientes factores: contenido de sólidos solubles (°Brix), pH, color y sabor.

### **2.13.1 MERMELADA FLOJA O POCO FIRME**

Para la determinación de esta falla, es necesario comprobar °Brix, pH y la capacidad de gelificación de la pectina (Coronado y Hilario, 2001). Las causas son:

- ❖ Cocción prolongada que origina hidrólisis de la pectina.
- ❖ Acidez demasiado elevada que rompe el sistema de redes o estructura en formación.
- ❖ Acidez demasiado baja que perjudica a la capacidad de gelificación.
- ❖ Elevada cantidad de sales minerales o tampones presentes en la fruta, que retrasan o impiden la completa gelificación.
- ❖ Carencia de pectina en la fruta.



- ❖ Elevada cantidad de azúcar en relación a la cantidad de pectina.
- ❖ Un excesivo enfriamiento que origina la ruptura del gel durante el envasado.

### **2.13.2 SINÉRESIS O SANGRADO**

Se presenta cuando la masa solidificada suelta líquido. El agua atrapada, es exudada y se produce una comprensión del gel. Para la determinación de esta falla, se debe comprobar: °Brix y pH. (Coronado y Hilario, 2001). Las causas son:

- ❖ Acidez demasiado elevada.
- ❖ Deficiencia en pectina.
- ❖ Exceso de azúcar invertido.
- ❖ Concentración deficiente, exceso de agua (demasiado bajo en sólidos)

### **2.13.3 CRISTALIZACIÓN**

Los defectos que origina la cristalización en la elaboración de la mermelada, se mencionaran a las principales causas (Coronado y Hilario, 2001). Las causas son:

- ❖ Elevada cantidad de azúcar.
- ❖ Acidez demasiado elevada que ocasiona la alta inversión de los azúcares, dando lugar a la granulación de la mermelada.
- ❖ Acidez demasiado baja que origina la cristalización de la sacarosa.
- ❖ Exceso de cocción que da una inversión excesiva.
- ❖ La permanencia de la mermelada en las pailas de cocción u ollas, después del haberse hervido también da a lugar a una inversión excesiva.

### **2.14 INSUMOS PARA LA ELABORACION DE MERMELADA**

Los insumos que forman parte en la elaboración de la mermelada de zanahoria son:

### **2.14.1 AZÚCAR**

El azúcar desempeña un papel vital en la gelificación de la mermelada al combinarse con la pectina. Se utiliza para dar los GRADOS BRIX adecuados a la mermelada. Se emplea el azúcar blanco, porque permite mantener las características propias de color y sabor de la fruta; también puede utilizarse azúcar rubia especialmente para frutas de color oscuro como en el caso de las moras (Coronado y Hilario, 2001).

### **2.14.2 PECTINA**

La pectina, es el agente gelificante de las mermeladas; contribuye a dar la consistencia adecuadas al producto final, cuando el azúcar, el ácido y el agua se encuentran en las proporciones adecuadas (EIRL, 2005).

El valor comercial de la pectina está dado por su capacidad para formar geles; la calidad de la pectina se expresa en grados. El grado de la pectina indica la cantidad de azúcar que un 1kg de esta pectina puede gelificar en condiciones óptimas, es decir a una concentración de azúcar de 65% y a un pH entre 3,0-3,5. Por ejemplo, si contamos con una pectina de grado 150; significa que 1kg de pectina podrá gelificar 150 kg de azúcar a las condiciones anteriormente señaladas. La cantidad de pectina a usar es variable según el poder gelificante de esta y la fruta que se emplea en la elaboración de la mermelada (Coronado y Hilario, 2001).

### **2.14.3 ÁCIDO CÍTRICO**

El ácido cítrico, es importante no solamente para la gelificación de la mermelada; sino también para conferir brillo al color de la mermelada, mejora el sabor, ayuda a evitar la cristalización del azúcar y prolonga su tiempo de vida útil. El ácido cítrico, se añadirá antes de cocer la fruta ya que ayuda a extraer la pectina de la fruta.

La cantidad que se emplea de ácido cítrico varía entre 0,15 y 0,2% del peso total de la mermelada (Coronado y Hilario, 2001).

#### **2.14.4 BENZOATO DE SODIO**

El benzoato de sodio, es un conservador que se usa para inhibir desarrollo de hongos y levaduras, y aseguran la conservación del producto después que se ha abierto el envase. La cantidad de conservador no debe exceder el 0,1% del peso de mermelada, preparado en recipientes limpio y seco disolviendo en una pequeña cantidad de agua tibia. Su efectividad, es mayor en productos ácidos (pH entre 3 y 4) contará levaduras y mohos (Coronado y Hilario, 2001).

### **2.15 PROCESO DE ELABORACIÓN DE MEMRELADA DE ZANAHORIA**

El procesamiento consiste esencialmente en una rápida concentración de todos sus componentes por la acción del calor. Lo que permite que la fruta se ablande, absorba azúcar y suelte la pectina y el ácido, hasta llegar a un contenido de sólidos solubles.

#### **2.15.1 MATERIA PRIMA**

Las zanahorias recepcionadas, se inspeccionan para eliminar aquellas dañadas que no califiquen para la venta en fresco (Gálvez, 2002).

#### **2.15.2 PELADO**

El pelado de zanahoria, se realiza con la ayuda de un cuchillo; seguidamente se realiza el cortado en pequeños trozos (Gálvez, 2002).

### **2.15.3 TRITURADO**

Se licua la zanahoria pre-cocida y enfriada, para facilitar el posterior cocimiento (Gálvez, 2002).

### **2.15.4 CONCENTRACIÓN**

Consiste en mezclar la pulpa obtenida con las formulaciones de los insumos apropiados. Hay que dejar que se consuma el agua; ya así se concentre la pulpa de la zanahoria, aproximadamente 30-40 minutos. El azúcar debe mezclarse con la pectina cítrica, luego agregar lentamente a la pulpa de zanahoria (Gálvez, 2002).

### **2.15.5 ENVASADO**

El envasado se realiza caliente, una vez que la mermelada ya tenga la consistencia deseada (Gálvez, 2002).

### 3.1 INTRODUCCIÓN

La parte experimental del trabajo de investigación, se realizó en el Laboratorio Taller de Alimentos, perteneciente a la Carrera de Ingeniería de Alimentos, ubicada en la Facultad de Ciencias y Tecnología de la “Universidad Autónoma Juan Misael Saracho”.

### 3.2 DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS, MATERIALES, MATERIA PRIMA E INSUMOS

Para desarrollar la parte experimental del trabajo, se utilizó diferentes equipos, instrumentos y materiales de laboratorio.

#### 3.2.1 EQUIPOS

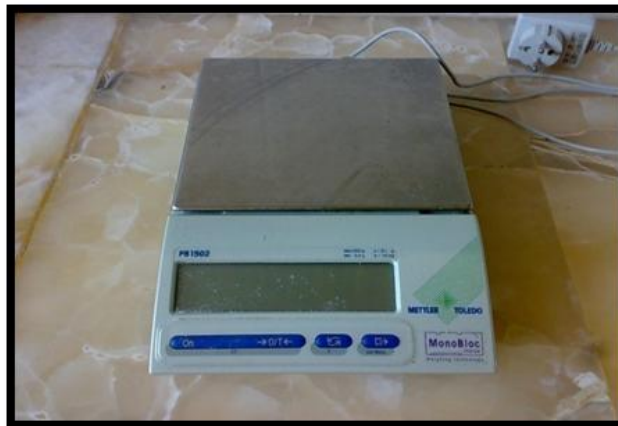
A continuación, se describen cada uno de ellos explicando sus funciones, utilidades y especificaciones técnicas.

##### \* **Balanza analítica digital:**

En la figura 3.1, se muestra la balanza digital que se encuentra en el Laboratorio Taller de Alimentos de la Carrera de Ingeniería de Alimentos; para controlar el pesado de ingredientes e insumos. Sus especificaciones técnicas son:

- **Marca:** METTLER TOLEDO
- **Modelo:** PB1502
- **Fuerza electromotriz:** 8-14,5 V
- **Rango de precisión:** 0,1 g
- **Capacidad máxima:** 1510 g
- **Capacidad mínima:** 0,5 g
- **Peso aproximado:** 3,5 kg
- **Industria:** española

**Figura 3.1**  
**Balanza analítica digital**



**\* Balanza electrónica:**

En la figura 3.2, se muestra la balanza electrónica que se utilizó para el pesado de materia prima e insumos en el procesado y producto final. Sus especificaciones técnicas son:

**Figura 3.2**  
**Balanza electrónica**



- **Marca:** CAMRY
- **Modelo:** EK5055
- **Fuerza electromotriz:** 9V
- **Capacidad máxima:** 5 kg
- **Capacidad mínima:** 1 g

**\* Refractómetro de bolsillo:**

En la figura 3.3, se muestra el refractómetro para medir los (°Brix). Sus especificaciones técnicas son:

- **Marca:** ATAGO
- **Modelo:** N-4E
- **Peso aproximado:** 300g
- **Rango:** 0-65 °Brix
- **Industria:** Japonesa

**Figura 3.3**  
**Vista del refractómetro de bolsillo**

**\* Licuadora Blender:**

Para obtener la pulpa de zanahoria, se utilizó una licuadora Blender de uso doméstico que se muestra en la figura 3.4. Sus especificaciones técnicas son:

- **Marca:** BLENDER
- **Modelo:** NA-799G
- **Potencia:** 500W
- **Frecuencia:** 50-60 HZ
- **Fuerza electromotriz:** 200-240V
- **Peso aproximado:** 2670 g

**Figura 3.4**  
**Vista de la licuadora Blender**



**\* Cocina de dos hornallas:**

La pre-cocción de la zanahoria y la concentración de la mermelada, fueron realizadas en una cocina a gas licuado de petróleo de dos hornallas. Así mismo, para esterilizar los envases.

### **3.2.2 MATERIAL DE LABORATORIO**

Los materiales que se utilizaron para realizar el trabajo experimental de elaboración de mermelada de zanahoria, se muestran en la tabla 3.1.



**Tabla 3.1**  
**Descripción del material de laboratorio**

Material	Característica	Calidad	Cantidad
Jarra	500 ml/ 1000 ml	Plástico	2/4
Cuchillo	25 cm	Acero inoxidable	1
Ollas	Mediana	Acero inoxidable	2
Tabla de picar	Mediana	Madera	1
Paletas	Grande y mediana	Madera	2
Frascos	375 ml	Vidrio	9
Bandeja	Mediana	Plástica	1
Cuchara	Medianas	Acero inoxidable	1
Cucharillas	Medianas	Acero inoxidable	2
Vasos	250 ml	Plástico	2
Espátula	Mediana	Plástico	1
Platos	Medianos	Porcelana	3
Vernier calipers	Longitud máxima de 150x0,02 mm	Inoxidable	1

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.2.3 MATERIA PRIMA E INSUMOS

Como materia prima tenemos la zanahoria (*Daucos Carota*); proveniente del Rio San Juan del Oro del Departamento de Tarija, que fue adquirida en el Mercado Campesino. Los insumos y materia prima utilizados en la elaboración de mermelada de zanahoria, se observa en la figura 3.5.

**Figura 3.5**  
**Materia prima e insumos**



En la tabla 3.2, se detalla las materias primas e insumos utilizados en el proceso de elaboración de la mermelada de zanahoria.

**Tabla 3.2**  
**Materia prima e insumos para la elaboración de la mermelada**

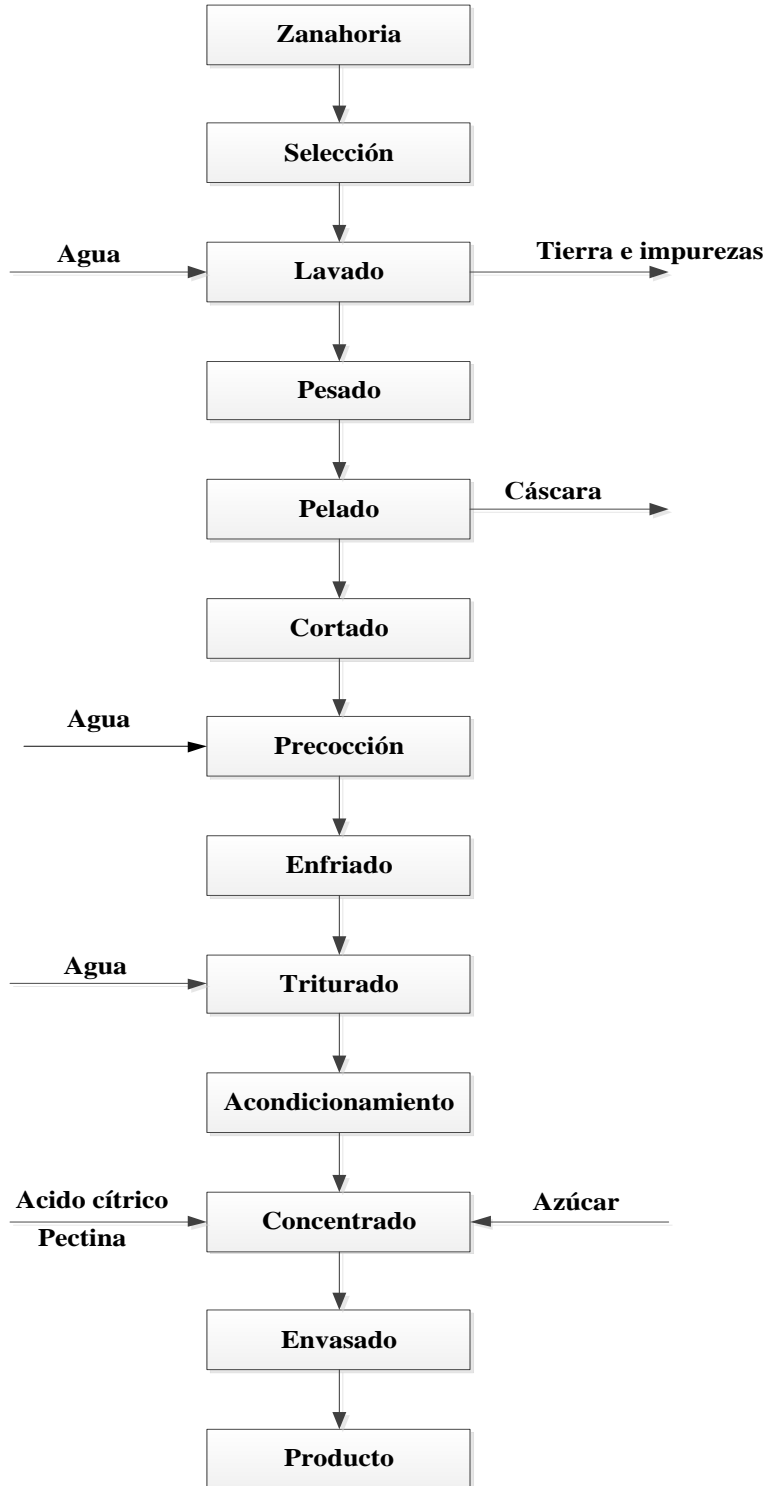
<b>Materia prima</b>	<b>Variedad y/o marca</b>	<b>Procedencia</b>	<b>Industria</b>
Zanahoria	Criolla	Mercado local	Boliviana
Azúcar	Bermejo	Mercado local	Boliviana

**Fuente:** Elaboración propia

### **3.3 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE MERMELADA DE ZANAHORIA**

En la figura 3.6, se muestra cada una de las etapas que se llevaron a cabo para la obtención de la mermelada de zanahoria.

**Figura 3.6**  
**Diagrama del proceso de elaboración de mermelada de zanahoria**



111A

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.3.1 ZANAHORIA

La zanahoria (figura 3.7) utilizada para la elaboración de la mermelada, se adquirió del Mercado Campesino de la ciudad de Tarija.

**Figura 3.7**  
**Vista de la zanahoria**



### 3.3.2 SELECCIÓN

Se realizó en forma manual, eliminando aquellas zanahorias que se encuentran dañadas (mal estado) observando que estén maduras, con color y aptas para el proceso.

### 3.3.3 LAVADO

El proceso de lavado consistió en forma manual utilizando agua potable, con el fin de eliminar las impurezas como tierras y otros restos de raíces adheridos en la hortaliza; y dejarlas reposar hasta el secado a temperaturas ambiente.

### 3.3.4 PESADO

Posteriormente, las zanahorias fueron pesadas en una balanza electrónica con la finalidad de determinar el rendimiento del proceso.

### 3.3.5 PELADO

El pelado de la zanahoria, se realizó manualmente con un cuchillo de acero inoxidable; eliminando la parte verde (hombros) y luego pelando en forma de tiras, según el sentido vertical a la zanahoria.

### 3.3.6 CORTADO

La operación de cortado, se realizó manualmente que consistió en apoyar sobre una tabla de madera, se procede a cortar en rodajas de 1cm de espesor (figura 3.8) con la ayuda de un cuchillo de acero inoxidable; con el propósito de facilitar el proceso de pre-cocción; es decir ablandar las rodajas de zanahoria en menor tiempo posible.

**Figura 3.8**  
**Vista del proceso de cortado de las rodajas de zanahoria**



### 3.3.7 PESADO

Una vez que las zanahorias son cortadas, se procedió al pesado en una balanza electrónica (figura 3.9) para determinar rendimientos y cantidad de la materia prima.

**Figura 3.9**  
**Vista del proceso de pesado de las rodajas de zanahoria**



### 3.3.8 PRECOCCIÓN

En esta operación, es necesario ablandar las rodajas de zanahoria durante (15-20) minutos, controlando los tiempos de pre-cocción del momento que empieza a hervir el agua. Este proceso consistió en la inmersión de las rodajas de zanahoria en una olla (figura 3.10) de acero inoxidable mediana con agua a temperatura de ebullición, con la finalidad de facilitar el proceso de triturado de las rodajas.

**Figura 3.10**  
**Vista del proceso de pre-cocción de las rodajas de zanahoria**



### **3.3.9 ENFRIADO**

El enfriado, se realiza con la finalidad de reducir la oxidación de las rodajas de zanahoria que consiste en introducir las rodajas calientes en un recipiente de plástico y someterlas con agua potable a temperatura ambiente y el líquido residual del hervido de las rodajas, se separa en otro recipiente con el propósito de ser utilizado en el proceso de triturado.

### **3.3.10 TRITURADO**

Se realiza colocando las rodajas de zanahoria en la licuadora en pequeñas cantidades; es decir, añadiendo el agua residual de la pre-cocción y se procede a licuar la masa de rodajas hasta formar un puré homogéneo de consistencia pastosa, suave y blanda al tacto. En la figura 3.11, se puede observar el proceso de triturado de las rodajas de zanahoria.

**Figura 3.11**  
**Vista del proceso de triturado de las rodajas de zanahoria**



### 3.3.11 ACONDICIONAMIENTO

Consiste en preparar las formulaciones adecuadas de pulpa de zanahoria, azúcar, pectina, ácido cítrico y conservante para la elaboración de mermelada de zanahoria; donde se usaron las siguientes proporciones.

- Pulpa de zanahoria (50%)
- Azúcar (30%)
- Pectina (0,5-1%)
- Conservante (0,05%)
- Ácido cítrico (0,1%)

### 3.3.12 CONCENTRACIÓN

Una vez obtenido la pulpa de zanahoria del proceso de trituración, se vacía dentro de una olla de acero inoxidable mediana, seguidamente se le añade el benzoato de sodio en polvo, se debe mezclar por unos cinco minutos hasta que se incorpore el benzoato



de sodio con la pulpa para que no quede grumos, con la ayuda de una cuchara de palo, por otros cinco minutos se agrega el ácido cítrico en polvo y se mezcla hasta que se disuelva con la pulpa de zanahoria.

Se realiza la concentración de la pulpa a fuego lento hasta que se haya evaporado el agua; luego se lo agrega la mitad del azúcar lentamente a la pulpa de zanahoria; con la otra mitad del azúcar y se mezcla la pectina hasta que esté completamente dispersa.

Esta operación tiene la finalidad de evitar que la pectina forme grumos al ser añadida directamente; se debe mezclar continuamente con una cuchara de madera para evitar que el producto se pegue en el fondo de la olla y se quemé el producto.

El punto final de la concentración (figura 3.12), se fija con el refractómetro de bolsillo con un tiempo aproximado entre 30 a 40 minutos.

**Figura 3.12**  
**Vista del proceso de concentración**



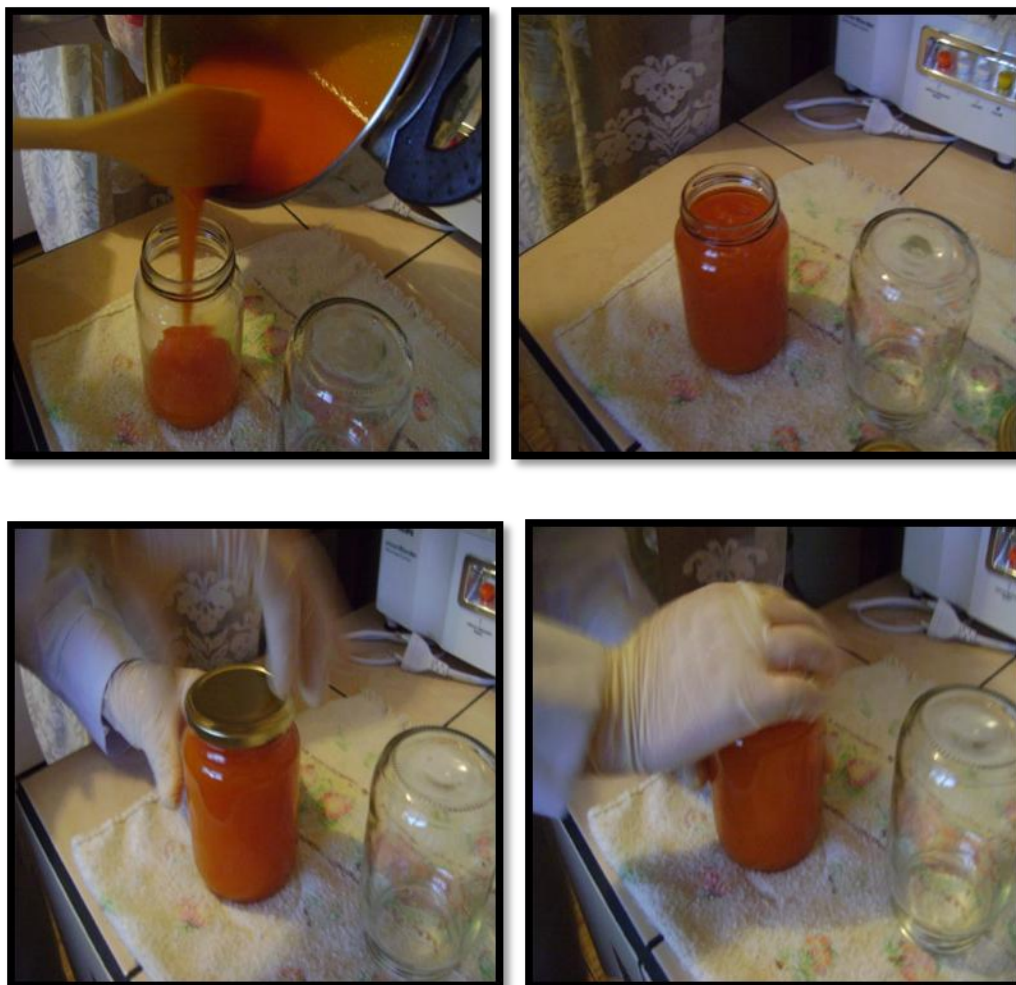
### **3.3.13 ENVASADO**

Primero, se esteriliza los frascos de vidrio para eliminar la posible contaminación de microorganismos, el cual consiste en colocar los envases en una olla de acero inoxidable con agua a temperatura de ebullición de 93°C por un tiempo de 10 minutos; pasado este tiempo son sacados del agua caliente y colocados boca abajo

sobre una tabla de madera con fin de enfriarlos a temperatura ambiente por un tiempo entre (15-20) minutos.

Una vez secos los frascos, se procede al envasado de la mermelada en caliente (figura 3.13) a temperatura (80-85) °C con fin de mantener la fluidez del producto. Este llenado, se realiza dejando entre (1,0-1,5) cm del borde del envase y se procede al cerrado manual de los botes con la tapa esterilizada en forma hermética y finalmente son volcados hasta que el producto se enfríe a temperatura ambiente. Finalmente, el producto es almacenado en estantes de madera, para luego ser evaluados sensorialmente por jueces no entrenados.

**Figura 3.13**  
**Proceso del envasado de la mermelada de zanahoria**



### **3.4 METODOLOGÍA PARA LA OBTENCIÓN DE RESULTADOS**

Durante el desarrollo del trabajo de investigación, los datos que se tomaron en cuenta para el control y análisis de las propiedades de materia prima y producto terminado. Son detallados a continuación:

#### **3.4.1 PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MATERIA PRIMA**

En el análisis de la materia prima, se determinaron las propiedades físicas de la zanahoria, como ser los siguientes parámetros:

- Diámetro (cm)
- Peso (g)
- Tamaño (cm)
- Peso de la cascara (g)
- Peso de la pulpa (g)
- Porcentaje de porción comestible (%)
- Porcentaje de porción no comestible (%)

#### **3.4.2 PROPIEDADES FISICOQUÍMICOS DE LA MATERIA PRIMA**

El análisis fisicoquímico de la materia prima, se realizó en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID); dependiente de la Facultad de Ciencias y Tecnología “UAJMS”. En la tabla 3,3, se muestran los métodos y parámetros tomados en cuenta en el análisis fisicoquímico.

**Tabla 3.3**  
**Métodos y parámetros fisicoquímicos de la zanahoria**

Parámetros	Método	Unidad
Azúcares totales*	AOAC 923-09	%
Azúcares reductores*	AOAC 923-09	%
Acidez	NB 229-98	%
Cenizas	NB 075-74	%
Hidratos de carbono	Cálculo	%
Hierro	SM 3500-FeB	Mg/100g
Humedad	NB028-88	%
Proteína total (N*6.25)	NB 466-81	%
Sólidos totales	NB 231:1-98	%
Valor energético	Cálculo	Kcal/100g

Fuente: CEANID, 2011 (\*) Referido al total de hidratos de carbono

### 3.4.3 ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS DEL PRODUCTO TERMINADO

Los análisis fisicoquímicos del producto terminado fueron determinados en el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID); dependiente de la facultad de Ciencias y Tecnología “UAJMS”. En la tabla 3.4, se muestran las determinaciones de las propiedades fisicoquímicas realizadas al producto terminado.

**Tabla 3.4**  
**Parámetros fisicoquímicos del producto terminado**

Parámetros	Métodos	Unidad
Acidez	NB 229-98	%
Azúcares totales	AOAC 923-09	%
Cenizas	NB 075-74	%
Fibra	Manual CEANID	%
Hidratos de carbono	Cálculo	%
Materia grasa	NB 103-75	%
Humedad	NB 028-88	%
Proteína total	NB 466-81	%
Valor energético	Cálculo	Kcal/100g

Fuente: CEANID, 2011

### 3.4.4 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL PRODUCTO

En la tabla 3.5, se muestran los análisis microbiológicos realizados al producto terminado en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID); dependiente de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”.

**Tabla 3.5**  
**Parámetros microbiológicos del producto**

Parámetros	Métodos	Unidad
Coliformes totales	NB 32005	NMP/g
Escherichia Coli	NB 32005	ufc/g
Mohos y levaduras	NB 32006	ufc/g

**Fuente:** CEANID, 2011

### 3.4.5 ANÁLISIS SENSORIAL DEL PRODUCTO

La aceptación intrínseca de un alimento es la consecuencia de la reacción del consumidor ante las propiedades físicas, químicas y texturales del mismo. De hecho, una de las múltiples definiciones de análisis sensorial obedece al examen de las propiedades organolépticas de un producto por los órganos de los sentidos, es decir, el conjunto de técnicas que permiten percibir, identificar y apreciar un cierto número de propiedades características de los alimentos (Ureña et al, 1999).

Existen ciertas cualidades sensoriales que se perciben por medio de un único sentido, es el caso del color y la vista, pero otras muchas son detectadas por dos o más sentidos, de forma secuencial o prácticamente simultánea (Ureña et al, 1999).

Un análisis sensorial, metódico y planificado, resulta de especial interés cuando se ha modificado algún ingrediente o materia prima o simplemente se dan cambios en las condiciones de procesamiento: modificación del tiempo de cocción, incremento o descenso de la temperatura ambiente (Ureña et al, 1999).

#### **3.4.5.1 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA DETERMINAR LA DOSIFICACIÓN DE INGREDIENTES**

Para determinar la dosificación de ingredientes, se realizó una evaluación sensorial realizados por trece jueces no entrenados a través de un test de escala hedónica (Anexo A:1) para los atributos color, olor, sabor y textura.

#### **3.4.5.2 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL PRODUCTO**

Se realizó la evaluación sensorial del producto, una vez obtenido la muestra de mayor aceptación, mediante un test de escala hedónica (Anexo A:2) donde participaron quince jueces no entrenados, que evaluaron los atributos color, sabor y textura.

#### **3.4.6 DISEÑO EXPERIMENTAL**

Se entiende por diseño experimental aquel en el que se investigan todas las posibles combinaciones de niveles de los factores en cada ensayo completo o réplica del experimento (Montgomery, 1991).

Según (Montgomery, 1991), para la realización del presente trabajo de investigación, se aplicó un diseño factorial en la etapa de dosificación de ingredientes que consistió en un diseño de tres niveles de variación, según la Ecuación [3.1].

$$3^k$$

Ecuación [3.1]

Dónde:

3 = Niveles de variación

k = Número de variables

#### **3.4.6.1 DOSIFICACIÓN DE INGREDIENTES (CONCENTRACIÓN)**

La dosificación de ingredientes, es muy importante en la elaboración de mermelada de zanahoria; ya que las variaciones en las cantidades de azúcar y pectina influyen en

la textura del producto terminado. Por lo tanto, en la etapa de concentración de la mermelada, se aplicó el diseño factorial, según la Ecuación [3.2].

$$3^k = 3^2 = 9 \text{ tratamientos/prueba} \quad \text{Ecuación [3.2]}$$

En la tabla 3.6, se muestran los tres niveles de variación de azúcar y pectina en la etapa de concentración.

**Tabla 3.6**  
**Niveles de variación de los factores en el proceso de concentración**

Factores	Nivel inferior	Nivel medio	Nivel superior
<b>Azúcar (A)</b>	A <sub>1</sub> = -1	A <sub>2</sub> = 0	A <sub>3</sub> = +1
<b>Pectina (P)</b>	P <sub>1</sub> = -1	P <sub>2</sub> = 0	P <sub>3</sub> = +1

En la tabla 3.7, se muestra el arreglo matricial de las variables del proceso de dosificación de ingredientes; utilizando en la etapa de concentración para la elaboración de mermelada de zanahoria.

**Tabla 3.7**  
**Arreglo factorial en la etapa de dosificación de ingredientes**

Pruebas	Variables	Réplica I	Réplica II	Y <sub>i</sub>	
1	A <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	A <sub>11</sub> P <sub>11</sub>	A <sub>12</sub> P <sub>12</sub>	y <sub>1</sub>
2		P <sub>2</sub>	A <sub>11</sub> P <sub>21</sub>	A <sub>12</sub> P <sub>22</sub>	y <sub>2</sub>
3		P <sub>3</sub>	A <sub>11</sub> P <sub>31</sub>	A <sub>12</sub> P <sub>32</sub>	y <sub>3</sub>
4	A <sub>2</sub>	P <sub>1</sub>	A <sub>21</sub> P <sub>11</sub>	A <sub>22</sub> P <sub>12</sub>	y <sub>4</sub>
5		P <sub>2</sub>	A <sub>21</sub> P <sub>21</sub>	A <sub>22</sub> P <sub>22</sub>	y <sub>5</sub>
6		P <sub>3</sub>	A <sub>21</sub> P <sub>31</sub>	A <sub>22</sub> P <sub>32</sub>	y <sub>6</sub>
7	A <sub>3</sub>	P <sub>1</sub>	A <sub>31</sub> P <sub>11</sub>	A <sub>32</sub> P <sub>12</sub>	y <sub>7</sub>
8		P <sub>2</sub>	A <sub>31</sub> P <sub>21</sub>	A <sub>32</sub> P <sub>22</sub>	y <sub>8</sub>
9		P <sub>3</sub>	A <sub>32</sub> P <sub>31</sub>	A <sub>32</sub> P <sub>32</sub>	y <sub>9</sub>

Dónde: Y<sub>i</sub> = Porcentaje de sólidos solubles (°Brix)

## 4.1 CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

La caracterización de la materia prima en el presente trabajo experimental fue realizada tomando en cuenta los siguientes aspectos:

### 4.1.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA MATERIA PRIMA

En la realización de la parte experimental del trabajo, se tomó en cuenta una cantidad de una cuartilla de zanahorias; en la cual se hizo un muestreo al azar y aleatoriamente. Para determinar las mediciones de peso, diámetro, longitud, peso de cáscara, porción comestible, peso de pulpa de un total de quince zanahorias que son expresados en la tabla 4.1.

**Tabla 4.1**  
**Características físicas de la zanahoria**

Muestras	Peso zanahoria (g)	Diámetro (mm)	Longitud (mm)	Peso cáscara (g)	Peso pulpa (g)	Porción comestible (%)
1	112	34,09	138,54	23	89	79,46
2	93	31,55	134,00	22	71	76,34
3	82	29,51	117,28	19	63	76,83
4	64	30,55	123,00	12	52	81,25
5	85	33,76	116,50	16	69	81,17
6	108	38,75	119,58	22	86	79,63
7	98	35,00	111,68	18	80	81,63
8	82	31,83	115,00	19	63	76,83
9	74	29,74	120,00	17	57	77,03
10	75	30,50	110,40	16	59	78,67
11	91	33,94	111,00	21	70	76,92
12	91	34,76	103,14	20	71	78,02
13	74	33,19	103,00	15	59	79,73
14	59	26,52	106,00	12	47	79,66
15	80	33,35	91,58	16	64	80,00

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla 4.2, se muestran los valores promedio de las propiedades físicas de la zanahoria en base a los resultados de la tabla 4.1.



**Tabla 4.2**  
**Valores promedio de las características físicas de la zanahoria**

<b>Detalle</b>	<b>Rango</b>	<b>Media</b>
Peso de la zanahoria (g)	59 – 112	84,53
Diámetro (mm)	26,52 – 38,75	32,47
Longitud (mm)	91,58 – 138,54	108,05
Peso de la cáscara (g)	12 – 23	17,87
Peso de la pulpa (g)	47 – 89	66,67
Porción comestible (%)	76,34 – 81,63	78,89

**Fuente:** Elaboración propia

La porción comestible promedio en la tabla 4.2; representa el 78,89%, peso 84,53g, diámetro 32,47mm y longitud de 108,05mm.

#### 4.1.2 ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS DE LA MATERIA PRIMA

El análisis fisicoquímico de la zanahoria, se muestran los resultados obtenidos en la tabla 4.3 para 100g de porción comestible.

**Tabla 4.3**  
**Análisis fisicoquímico de la materia prima**

<b>Detalle</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Valor</b>
Acidez	%	0,02
Azúcares reductores	%	7,71
Azúcares totales	%	14,81
Cenizas	%	0,42
Fibra	%	0,89
Hidratos de carbono	%	7,69
Materia grasa	%	0,34
Hierro	mg/100g	0,58
Humedad	%	90,30
Proteína total	%	0,36
Sólidos totales	%	9,70
Valor energético	Kcal/100g	35,26

**Fuente:** CEANID, 2011

Se puede observar en la tabla 4.3, que el contenido de humedad de la zanahoria es del 90,30%, proteína total del 0,36%, materia grasa con 0,34%; los hidratos de carbono

7,69%, azúcares reductores 14,81%, fibra con un 0,89%, hierro 0,58 mg/100g y valor energético 35,26 kcal/100g.

## 4.2 DETERMINACIÓN DE LA DOSIFICACIÓN DE INGREDIENTES

Para determinar la dosificación de ingredientes en el proceso de elaboración de mermelada de zanahoria, se realizaron pruebas en la etapa de dosificación de la cantidad de azúcar y pectina. Donde se mantuvieron constantes las cantidades de ácido cítrico y benzoato de sodio que no fueron tomados en cuenta en el proceso.

### 4.2.1 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA DETERMINAR LA DOSIFICACIÓN DE INGREDIENTES

Los resultados promedios de los atributos sensoriales de las nueve muestras detalladas en la tabla 4.4, fueron obtenidos de la evaluación sensorial llevada a cabo por trece jueces no entrenados para los atributos del color, olor, sabor y textura.

**Tabla 4.4**  
**Evaluación sensorial hedónica para determinar la dosificación de ingredientes**

Muestras	Color	Olor	Sabor	Textura
M <sub>1</sub>	7,2	7,2	6,7	7,1
M <sub>2</sub>	7,2	6,8	6,5	5,2
M <sub>3</sub>	7,1	6,7	6,8	6,3
M <sub>4</sub>	7,5	6,8	6,7	7,4
M <sub>5</sub>	7,7	7,3	7,5	7,4
M <sub>6</sub>	8,0	7,5	8,0	7,5
M <sub>7</sub>	7,8	7,5	8,0	7,8
M <sub>8</sub>	7,4	6,8	7,4	7,5
M <sub>9</sub>	7,9	7,7	7,7	7,7

**Fuente:** Elaboración propia

Los valores promedio de la tabla 4.4, son obtenidos de los (Anexo C:2), (Anexo C:3), (Anexo C:4) y (Anexo C:5), que fueron expresados en porcentaje de aceptación de los diferentes atributos evaluados de las nueve muestras, mediante la ecuación [4.1] (Zenteno, 2002).

$$\% = (np / nm) * 100$$

Ecuación [4.1]

Donde:  $np$  = Valor promedio del atributo evaluado

$nm$  = Máximo valor de la escala hedónica

En la tabla 4.5, se muestra los porcentajes promedio obtenidos del análisis sensorial de las nueve muestras evaluadas para determinar la dosificación de ingredientes.

**Tabla 4.5**

**Evaluación sensorial porcentual para determinar la dosificación de ingredientes**

Muestras	Color (%)	Olor (%)	Sabor (%)	Textura (%)
M <sub>1</sub>	80,00	80,00	74,44	78,88
M <sub>2</sub>	80,00	75,55	72,22	57,77
M <sub>3</sub>	78,88	74,44	75,55	70,00
M <sub>4</sub>	83,33	75,55	74,44	82,22
M <sub>5</sub>	85,55	81,11	83,33	82,22
M <sub>6</sub>	88,88	83,33	88,88	83,33
M <sub>7</sub>	86,66	83,33	88,88	86,66
M <sub>8</sub>	82,22	75,55	82,22	83,33
M <sub>9</sub>	87,77	85,55	85,55	85,55

**Fuente:** Elaboración propia

M<sub>1</sub>→ Pulpa=500g, azúcar=500g, pectina=8g, ácido cítrico=3g, benzoato Na= 0,34g

M<sub>2</sub>→ Pulpa=500g, azúcar=500g, pectina=6g, ácido cítrico=3g, benzoato Na= 0,34g

M<sub>3</sub>→ Pulpa=500g, azúcar=500g, pectina=4g, ácido cítrico =3g, benzoato Na= 0,34g

M<sub>4</sub>→ Pulpa=500g, azúcar=350g, pectina=8g, ácido cítrico =3g, benzoato Na= 0,34g

M<sub>5</sub>→ Pulpa=500g, azúcar=350g, pectina=6g, ácido cítrico =3g, benzoato Na= 0,34g

M<sub>6</sub>→ Pulpa=500g, azúcar=350g, pectina=4g, ácido cítrico =3g, benzoato Na= 0,34g

M<sub>7</sub>→ Pulpa=500g, azúcar=250g, pectina=8g, ácido cítrico =3g, benzoato Na= 0,34g

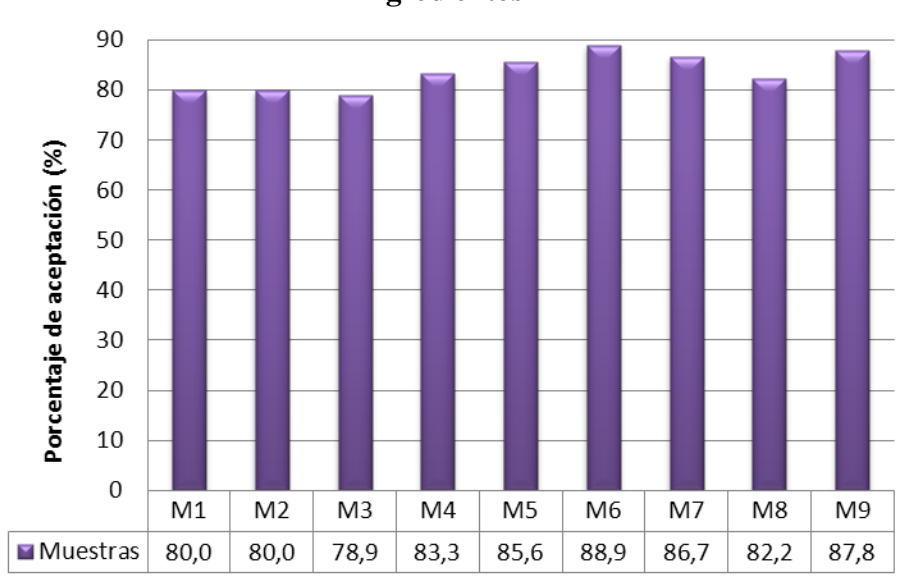
M<sub>8</sub>→ Pulpa=500g, azúcar=250g, pectina=6g, ácido cítrico =3g, benzoato Na= 0,34g

M<sub>9</sub>→ Pulpa=500g, azúcar=250g, pectina=4g, ácido cítrico =3g, benzoato Na= 0,34g

#### **4.2.1.1 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO COLOR PARA DETERMINAR LA DOSIFICACIÓN DE INGREDIENTES**

En la figura 4.1, se muestra el porcentaje de aceptación del atributo color, extraídos de la tabla 4.5, para las nueve muestras evaluadas de mermelada de zanahoria.

**Figura 4.1**  
**Porcentaje de aceptación del atributo color para determinar la dosificación de ingredientes**



**Fuente:** Elaboración propia

Como se observa en la figura 4.1, la muestra ( $M_6 = 88,9\%$ ) tiene mayor aceptación por los jueces para el atributo color, seguido de la muestra ( $M_9 = 87,8\%$ ) en escala porcentual en comparación a las muestras: ( $M_7 = 86,7\%$ ), ( $M_8 = 82,2\%$ ), ( $M_5 = 85,6\%$ ), ( $M_4 = 83,3\%$ ), ( $M_1$  y  $M_2 = 80,0\%$ ) y ( $M_3 = 78,9\%$ ), que son menores.

#### **4.2.1.1.1 ANÁLISIS DE VARIANZA DEL ATRIBUTO COLOR PARA DETERMINAR LA DOSIFICACIÓN DE INGREDIENTES**

En la tabla 4.6, se observa el análisis de varianza del atributo color para determinar la dosificación de ingredientes; extraído del (Anexo C:2).

**Tabla 4.6**  
**Análisis de varianza del atributo color para determinar la dosificación de**  
**ingredientes**

<b>Fuente de variación (FV)</b>	<b>Suma de cuadrados (SC)</b>	<b>Grados de libertad (GL)</b>	<b>Media de cuadrados (MC)</b>	<b>F<sub>cal</sub></b>	<b>F<sub>tab</sub></b>
<b>Tratamientos</b>	32,85	8	4,11	1,80	2,07
<b>Jueces</b>	63,21	12	5,27	2,31	2,07
<b>Error</b>	237,17	96	2,28		
<b>Total</b>	333,23	116			

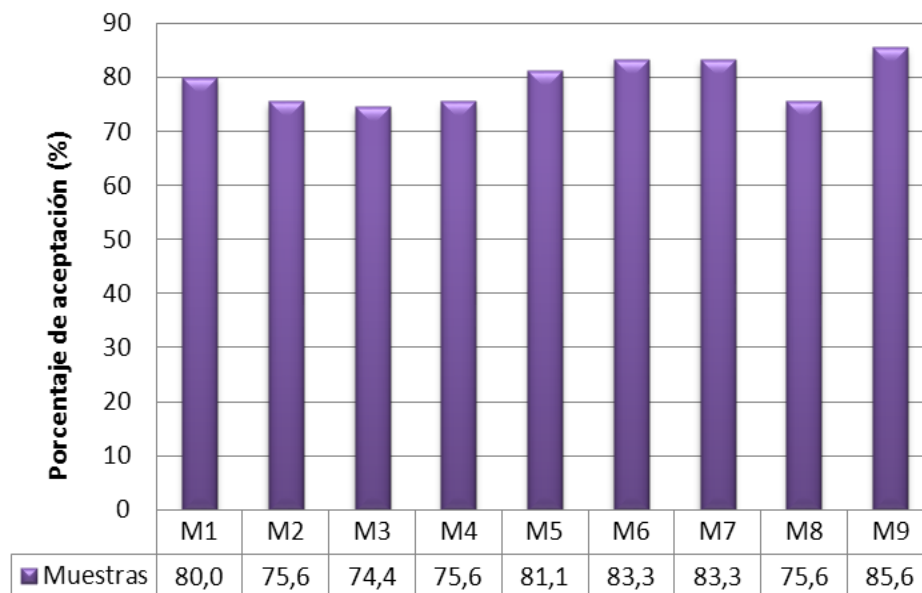
**Fuente:** Elaboración propia

Como se observa en la tabla 4.6,  $F_{cal} < F_{tab}$  ( $1,80 < 2,07$ ) para los tratamientos se acepta la hipótesis. Por lo que demuestra que no existe diferencias significativas entre muestras para el atributo color a un nivel de significancia de 0,05. Donde los resultados del análisis sensorial por la preferencia de los jueces por la muestra M<sub>6</sub> (Pulpa 500g, azúcar 350g, pectina 4g, ácido cítrico 3g, benzoato Na 0,34g) con mayor puntaje en escala hedónica para el atributo color.

#### **4.2.1.2 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO OLOR PARA DETERMINAR LA DOSIFICACIÓN DE INGREDIENTES**

En la figura 4.2, se muestra el comportamiento del porcentaje promedio de aceptación para el atributo olor de los datos extraídos de la tabla 4.5, de las nueve muestras evaluadas de mermelada de zanahoria.

**Figura 4.2**  
**Porcentaje de aceptación del atributo olor para determinar la dosificación de ingredientes**



**Fuente:** Elaboración propia

Como se observa en la figura 4.2, la muestra ( $M_9 = 85,6\%$ ) tiene mayor aceptación por los jueces para el atributo olor, seguido de la muestra ( $M_6$  y  $M_7 = 83,3\%$ ) en escala porcentual en comparación a las muestras: ( $M_5 = 81,1\%$ ), ( $M_1 = 80,0\%$ ), ( $M_2$ ,  $M_4$  y  $M_8 = 75,6\%$ ) y ( $M_3 = 74,4\%$ ), que son menores.

#### **4.2.1.2.1 ANÁLISIS DE VARIANZA DEL ATRIBUTO OLOR PARA DETERMINAR LA DOSIFICACIÓN DE INGREDIENTES**

En la tabla 4.7, se observa el análisis de varianza del atributo olor para determinar la dosificación de ingredientes; extraído del (Anexo C:3).

**Tabla 4.7**  
**Análisis de varianza del atributo olor para determinar la dosificación de**  
**ingredientes**

<b>Fuente de variación (FV)</b>	<b>Suma de cuadrados (SC)</b>	<b>Grados de libertad (GL)</b>	<b>Media de cuadrados (MC)</b>	<b>F<sub>cal</sub></b>	<b>F<sub>tab</sub></b>
<b>Tratamientos</b>	15,04	8	1,88	1,41	2,07
<b>Jueces</b>	39,81	12	3,32	2,49	2,07
<b>Error</b>	137,96	96	1,33		
<b>Total</b>	192,81	116			

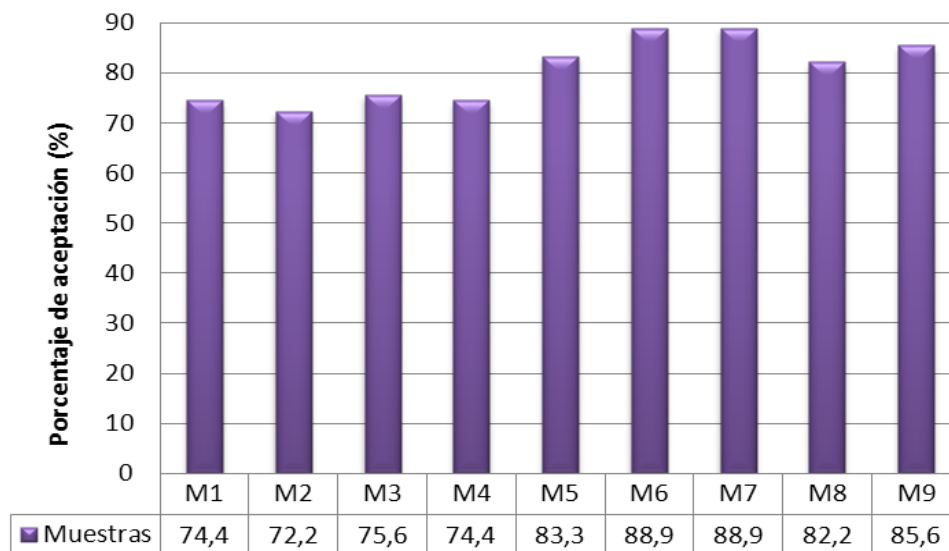
**Fuente:** Elaboración propia

Como se observa en la tabla 4.7,  $F_{cal} < F_{tab}$  ( $1,41 < 2,07$ ) para los tratamientos se acepta la hipótesis. Por lo que demuestra que no existe diferencias significativas entre muestras para el atributo olor a un nivel de significancia de 0,05. Donde los resultados del análisis sensorial por la preferencia de los jueces por la muestra M<sub>9</sub> (Pulpa 500g, azúcar 250g, pectina 4g, ácido cítrico 3g, benzoato Na 0,34g) con mayor puntaje en escala hedónica para el atributo olor.

#### **4.2.1.3 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO SABOR PARA DETERMINAR LA DOSIFICACIÓN DE INGREDIENTES**

En la figura 4.3, se muestra el comportamiento del porcentaje promedio de aceptación para el atributo sabor de los datos extraídos de la tabla 4.5, de las nueve muestras evaluadas de mermelada de zanahoria.

**Figura 4.3**  
**Porcentaje de aceptación del atributo sabor para determinar la dosificación de ingredientes**



**Fuente:** Elaboración propia

Como se observa en la figura 4.3, la muestra ( $M_6$  y  $M_7 = 88,9\%$ ) tienen mayor aceptación por los jueces para el atributo sabor, seguido de la muestra ( $M_9 = 85,6\%$ ) en escala porcentual en comparación a las muestras: ( $M_5 = 83,3\%$ ), ( $M_8 = 82,2\%$ ), ( $M_3 = 75,6\%$ ), ( $M_1$  y  $M_4 = 74,4\%$ ), ( $M_2 = 72,2\%$ ), que son menores.

#### **4.2.1.3.1 PRUEBA DE DUNCAN DEL ATRIBUTO SABOR PARA DETERMINAR LA DOSIFICACIÓN DE INGREDIENTES**

En la tabla 4.8, se observan los resultados del análisis estadístico de la prueba de Duncan expresados en el (Anexo C:4) para el atributo sabor.



**Tabla 4.8**  
**Prueba de Duncan del atributo sabor para la dosificación de ingredientes**

Tratamientos	Análisis de los valores	Significancia
M <sub>6</sub> – M <sub>2</sub>	8,00 – 6,50 = 1,50 > 0,39	Hay significancia
M <sub>6</sub> – M <sub>1</sub>	8,00 – 6,70 = 1,30 > 0,39	Hay significancia
M <sub>6</sub> – M <sub>4</sub>	8,00 – 6,70 = 1,30 > 0,38	Hay significancia
M <sub>6</sub> – M <sub>3</sub>	8,00 – 6,80 = 1,29 > 0,38	Hay significancia
M <sub>6</sub> – M <sub>8</sub>	8,00 – 7,40 = 0,60 > 0,37	Hay significancia
M <sub>6</sub> – M <sub>5</sub>	8,00 – 7,50 = 0,50 > 0,36	Hay significancia
M <sub>6</sub> – M <sub>9</sub>	8,00 – 7,70 = 0,30 < 0,35	No hay significancia
M <sub>6</sub> – M <sub>7</sub>	8,00 – 8,00 = 0,00 < 0,33	No hay significancia
M <sub>7</sub> – M <sub>2</sub>	8,00 – 6,50 = 1,50 > 0,39	Hay significancia
M <sub>7</sub> – M <sub>1</sub>	8,00 – 6,70 = 1,30 > 0,39	Hay significancia
M <sub>7</sub> – M <sub>4</sub>	8,00 – 6,70 = 1,30 > 0,38	Hay significancia
M <sub>7</sub> – M <sub>3</sub>	8,00 – 6,80 = 1,20 > 0,38	Hay significancia
M <sub>7</sub> – M <sub>8</sub>	8,00 – 7,40 = 0,60 < 0,37	Hay significancia
M <sub>7</sub> – M <sub>5</sub>	8,00 – 7,50 = 0,50 < 0,36	Hay significancia
M <sub>7</sub> – M <sub>9</sub>	8,00 – 7,70 = 0,30 < 0,35	No hay significancia
M <sub>9</sub> – M <sub>2</sub>	7,70 – 6,50 = 1,20 > 0,39	Hay significancia
M <sub>9</sub> – M <sub>1</sub>	7,70 – 6,70 = 1,00 > 0,39	Hay significancia
M <sub>9</sub> – M <sub>4</sub>	7,70 – 6,70 = 1,00 > 0,38	Hay significancia
M <sub>9</sub> – M <sub>3</sub>	7,70 – 6,80 = 0,90 > 0,38	Hay significancia
M <sub>9</sub> – M <sub>8</sub>	7,70 – 7,40 = 0,30 < 0,37	No hay significancia
M <sub>9</sub> – M <sub>5</sub>	7,70 – 7,50 = 0,20 < 0,36	No hay significancia
M <sub>5</sub> – M <sub>2</sub>	7,50 – 6,50 = 1,00 > 0,39	Hay significancia
M <sub>5</sub> – M <sub>1</sub>	7,50 – 6,70 = 0,80 > 0,39	Hay significancia
M <sub>5</sub> – M <sub>4</sub>	7,50 – 6,70 = 0,80 > 0,38	Hay significancia
M <sub>5</sub> – M <sub>3</sub>	7,50 – 6,80 = 0,70 > 0,38	Hay significancia
M <sub>5</sub> – M <sub>8</sub>	7,50 – 7,40 = 0,10 < 0,37	No hay significancia
M <sub>8</sub> – M <sub>2</sub>	7,40 – 6,50 = 0,90 > 0,39	Hay significancia
M <sub>8</sub> – M <sub>1</sub>	7,40 – 6,70 = 0,70 > 0,39	Hay significancia
M <sub>8</sub> – M <sub>4</sub>	7,40 – 6,70 = 0,70 > 0,38	Hay significancia
M <sub>8</sub> – M <sub>3</sub>	7,40 – 6,80 = 0,60 > 0,38	Hay significancia
M <sub>3</sub> – M <sub>2</sub>	6,80 – 6,50 = 0,30 < 0,39	No hay significancia
M <sub>3</sub> – M <sub>1</sub>	6,80 – 6,70 = 0,10 < 0,39	No hay significancia
M <sub>3</sub> – M <sub>4</sub>	6,80 – 6,70 = 0,10 < 0,38	No hay significancia
M <sub>4</sub> – M <sub>2</sub>	6,70 – 6,50 = 0,20 < 0,39	No hay significancia
M <sub>4</sub> – M <sub>1</sub>	6,70 – 6,70 = 0,00 < 0,39	No hay significancia
M <sub>1</sub> – M <sub>2</sub>	6,70 – 6,50 = 0,20 < 0,39	No hay significancia

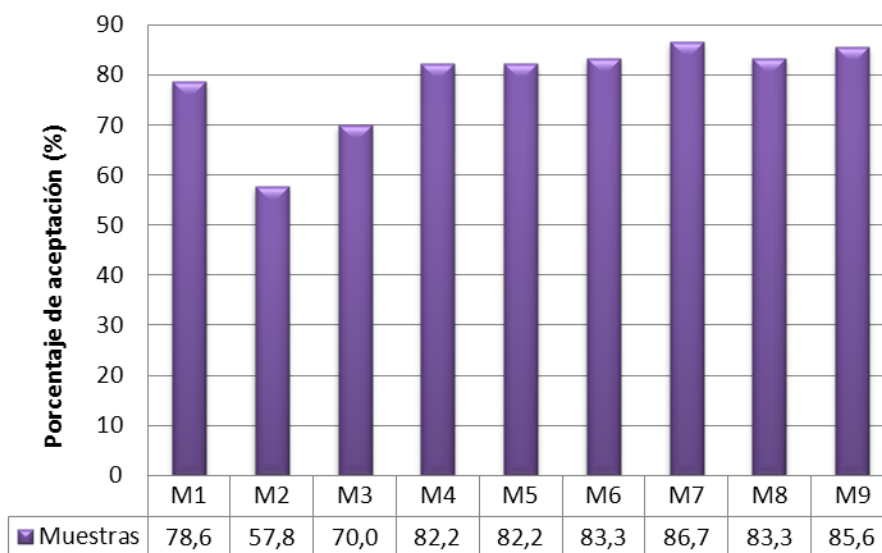
**Fuente:** Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 4.8, si existe evidencia estadística entre los tratamientos ( $M_6-M_2$ ,  $M_6-M_1$ ,  $M_6-M_4$ ,  $M_6-M_3$ ,  $M_6-M_8$ ,  $M_6-M_5$ ,  $M_7-M_2$ ,  $M_7-M_1$ ,  $M_7-M_4$ ,  $M_7-M_3$ ,  $M_7-M_8$ ,  $M_7-M_5$ ,  $M_9-M_2$ ,  $M_9-M_1$ ,  $M_9-M_4$ ,  $M_9-M_3$ ,  $M_5-M_2$ ,  $M_5-M_1$ ,  $M_5-M_4$ ,  $M_5-M_3$ ,  $M_8-M_2$ ,  $M_8-M_1$ ,  $M_8-M_4$ ,  $M_8-M_3$ ,) que son significativos en comparación a los tratamientos ( $M_6-M_9$ ,  $M_6-M_7$ ,  $M_7-M_9$ ,  $M_9-M_8$ ,  $M_9-M_5$ ,  $M_5-M_8$ ,  $M_3-M_2$ ,  $M_3-M_1$ ,  $M_3-M_4$ ,  $M_4-M_2$ ,  $M_4-M_1$ ,  $M_1-M_2$ ) que no son significativos para un límite de confianza del 95%. Donde los resultados del análisis sensorial por la preferencia de los jueces por la muestra  $M_6$  (Pulpa 500g, azúcar 350g, pectina 4g, ácido cítrico 3g, benzoato Na 0,34g) con mayor puntaje en escala hedónica para el atributo sabor.

#### 4.2.1.4 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO TEXTURA PARA DETERMINAR LA DOSIFICACIÓN DE INGREDIENTES

En la figura 4.4, se muestra el comportamiento del porcentaje promedio de aceptación para el atributo textura de los datos extraídos de la tabla 4.5, de las nueve muestras evaluadas de mermelada de zanahoria.

**Figura 4.4**  
**Porcentaje de aceptación del atributo textura para determinar la dosificación de ingredientes**



**Fuente:** Elaboración propia

Como se observa en la figura 4.4, la muestra ( $M_7 = 86,7\%$ ) tienen mayor aceptación por los jueces para el atributo textura, seguido de la muestra ( $M_9 = 85,6\%$ ) en escala porcentual en comparación a las muestras: ( $M_6$  y  $M_8 = 83,3\%$ ), ( $M_4$  y  $M_5 = 72,2\%$ ), ( $M_1 = 78,6\%$ ), ( $M_3 = 70,0\%$ ), ( $M_2 = 57,8\%$ ), que son menores.

#### **4.2.1.4.1 PRUEBA DE DUNCAN DEL ATRIBUTO TEXTURA PARA DETERMINAR LA DOSIFICACIÓN DE INGREDIENTES**

En la tabla 4.9, se observan los resultados del análisis estadístico de la prueba de Duncan expresados en el (Anexo C:5) para el atributo textura.

**Tabla 4.9**  
**Prueba de Duncan del atributo textura para la dosificación de ingredientes**

Tratamientos	Análisis de los valores	Significancia
M <sub>7</sub> – M <sub>2</sub>	7,80 – 6,20 = 2,60 > 1,23	Hay significancia
M <sub>7</sub> – M <sub>3</sub>	7,80 – 6,30 = 1,50 > 1,23	Hay significancia
M <sub>7</sub> – M <sub>1</sub>	7,80 – 7,10 = 0,70 < 1,21	No hay significancia
M <sub>7</sub> – M <sub>5</sub>	7,80 – 7,40 = 0,40 < 1,19	No hay significancia
M <sub>7</sub> – M <sub>4</sub>	7,80 – 7,40 = 0,40 < 1,18	No hay significancia
M <sub>7</sub> – M <sub>8</sub>	7,80 – 7,50 = 0,30 < 1,15	No hay significancia
M <sub>7</sub> – M <sub>6</sub>	7,80 – 7,50 = 0,30 < 1,11	No hay significancia
M <sub>7</sub> – M <sub>9</sub>	7,80 – 7,70 = 0,10 < 1,06	No hay significancia
M <sub>9</sub> – M <sub>2</sub>	7,70 – 5,20 = 2,50 > 1,23	Hay significancia
M <sub>9</sub> – M <sub>3</sub>	7,70 – 6,30 = 1,40 > 1,23	Hay significancia
M <sub>9</sub> – M <sub>1</sub>	7,70 – 7,10 = 0,60 < 1,21	No hay significancia
M <sub>9</sub> – M <sub>5</sub>	7,70 – 7,40 = 0,30 < 1,19	No hay significancia
M <sub>9</sub> – M <sub>4</sub>	7,70 – 7,40 = 0,30 < 1,18	No hay significancia
M <sub>9</sub> – M <sub>8</sub>	7,70 – 7,50 = 0,20 < 1,15	No hay significancia
M <sub>9</sub> – M <sub>6</sub>	7,70 – 7,50 = 0,20 < 1,11	No hay significancia
M <sub>6</sub> – M <sub>2</sub>	7,50 – 5,20 = 2,30 > 1,23	Hay significancia
M <sub>6</sub> – M <sub>3</sub>	7,50 – 6,30 = 1,20 < 1,23	No hay significancia
M <sub>6</sub> – M <sub>1</sub>	7,50 – 7,10 = 0,40 < 1,21	No hay significancia
M <sub>6</sub> – M <sub>5</sub>	7,50 – 7,40 = 0,10 < 1,19	No hay significancia
M <sub>6</sub> – M <sub>4</sub>	7,50 – 7,40 = 0,10 < 1,18	No hay significancia
M <sub>6</sub> – M <sub>8</sub>	7,50 – 7,50 = 0,00 < 1,15	No hay significancia
M <sub>8</sub> – M <sub>2</sub>	7,50 – 5,20 = 2,30 > 1,23	Hay significancia
M <sub>8</sub> – M <sub>3</sub>	7,50 – 6,30 = 1,20 < 1,23	No hay significancia
M <sub>8</sub> – M <sub>1</sub>	7,50 – 7,10 = 0,40 < 1,21	No hay significancia
M <sub>8</sub> – M <sub>5</sub>	7,50 – 7,40 = 0,10 < 1,19	No hay significancia
M <sub>8</sub> – M <sub>4</sub>	7,50 – 7,40 = 0,10 < 1,18	No hay significancia
M <sub>4</sub> – M <sub>2</sub>	7,40 – 5,20 = 2,20 > 1,23	Hay significancia
M <sub>4</sub> – M <sub>3</sub>	7,40 – 6,30 = 1,10 < 1,23	No hay significancia
M <sub>4</sub> – M <sub>1</sub>	7,40 – 7,10 = 0,30 < 1,21	No hay significancia
M <sub>4</sub> – M <sub>5</sub>	7,40 – 7,40 = 0,00 < 1,19	No hay significancia
M <sub>5</sub> – M <sub>2</sub>	7,40 – 5,20 = 2,20 > 1,23	Hay significancia
M <sub>5</sub> – M <sub>3</sub>	7,40 – 6,30 = 1,10 < 1,23	No hay significancia
M <sub>5</sub> – M <sub>1</sub>	7,40 – 7,10 = 0,30 < 1,21	No hay significancia
M <sub>1</sub> – M <sub>2</sub>	7,10 – 5,20 = 1,90 > 1,23	Hay significancia
M <sub>1</sub> – M <sub>3</sub>	7,10 – 6,30 = 0,80 < 1,23	No hay significancia
M <sub>3</sub> – M <sub>2</sub>	6,30 – 5,20 = 1,10 < 1,23	No hay significancia

**Fuente:** Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 4.9, si existe evidencia estadística entre los tratamientos (M<sub>7</sub>-M<sub>2</sub>, M<sub>7</sub>-M<sub>3</sub>, M<sub>9</sub>-M<sub>2</sub>, M<sub>9</sub>-M<sub>3</sub>, M<sub>6</sub>-M<sub>2</sub>, M<sub>8</sub>-M<sub>2</sub>, M<sub>4</sub>-M<sub>2</sub>, M<sub>5</sub>-M<sub>2</sub>, M<sub>1</sub>-M<sub>2</sub>) que son significativos en comparación a los tratamientos (M<sub>7</sub>-M<sub>1</sub>, M<sub>7</sub>-M<sub>5</sub>, M<sub>7</sub>-M<sub>4</sub>, M<sub>7</sub>-M<sub>8</sub>, M<sub>7</sub>-M<sub>6</sub>, M<sub>7</sub>-M<sub>9</sub>, M<sub>9</sub>-M<sub>1</sub>, M<sub>9</sub>-M<sub>5</sub>, M<sub>9</sub>-M<sub>4</sub>, M<sub>9</sub>-M<sub>8</sub>, M<sub>9</sub>-M<sub>6</sub>, M<sub>6</sub>-M<sub>3</sub>, M<sub>6</sub>-M<sub>1</sub>, M<sub>6</sub>-M<sub>5</sub>, M<sub>6</sub>-M<sub>4</sub>, M<sub>6</sub>-M<sub>8</sub>, M<sub>8</sub>-M<sub>3</sub>, M<sub>8</sub>-M<sub>1</sub>, M<sub>8</sub>-M<sub>5</sub>, M<sub>8</sub>-M<sub>4</sub>, M<sub>4</sub>-M<sub>3</sub>, M<sub>4</sub>-M<sub>1</sub>, M<sub>4</sub>-M<sub>5</sub>, M<sub>5</sub>-M<sub>3</sub>, M<sub>5</sub>-M<sub>1</sub>, M<sub>1</sub>-M<sub>3</sub>, M<sub>3</sub>-M<sub>2</sub>) que no son significativos para un límite de confianza del 95%. Donde los resultados del análisis sensorial por la preferencia de los jueces por la muestra M<sub>7</sub> (Pulpa 500g, azúcar 250g, pectina 8g, ácido cítrico 3g, benzoato Na 0,34g) con mayor puntaje en escala hedónica para el atributo textura.

### 4.3 VARIACIÓN DE SÓLIDOS SOLUBLES EN EL PROCESO DE LA CONCENTRACIÓN

En la tabla 4.10, se muestra la variación de los sólidos solubles en función del tiempo con la finalidad de determinar la concentración de la mermelada de zanahoria.

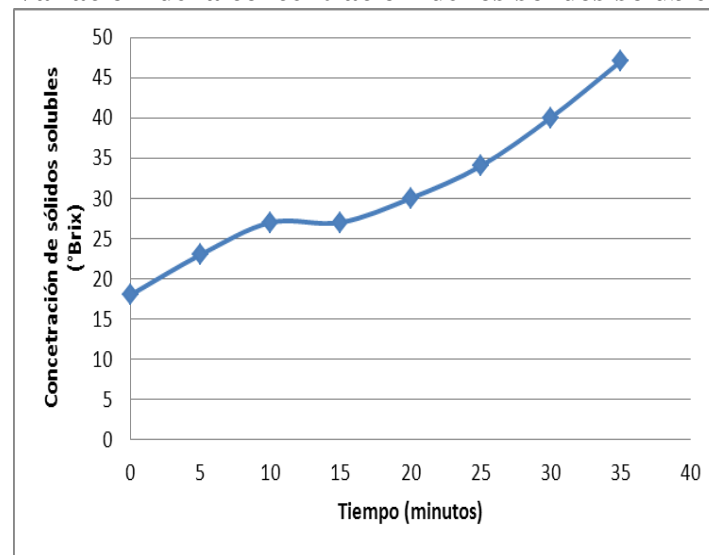
**Tabla 4.10**  
**Variación de los sólidos solubles**

<b>Tiempo (min)</b>	<b>Concentración de sólidos solubles (°Brix)</b>
0	18
5	23
10	27
15	27
20	30
25	34
30	40
35	47

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla 4.10, nos muestran que el °Brix de la mermelada de zanahoria en el proceso, que es directamente proporcional al tiempo de concentración. Como se puede observar en la figura 4.5, los resultados de la concentración del °Brix.

**Figura 4.5**  
**Variación de la concentración de los sólidos solubles**



**Fuente:** Elaboración propia

Como se puede observar en la figura 4.5, para un tiempo (0 minutos) la concentración es de 18°Brix (pulpa, ácido cítrico y benzoato de sodio), entre (5-10) minutos se adiciona la primera parte del azúcar (aproximadamente la mitad) del total de 250g; donde la concentración de sólidos aumenta hasta 27°Brix. Entre los (10-15) minutos, se añade la otra mitad restante de azúcar y pectina; donde la concentración de sólidos permanece constante (27°Brix) en este lapso de tiempo. Pero a partir de (15 hasta 35) minutos el proceso concluye ganando sólidos solubles hasta 47°Brix. Sin embargo, el proceso de concentración de la mermelada de zanahoria no supera por encima de los 47°Brix; ya que se observó que la mermelada entre los 55°Brix hasta 65°Brix se vuelve con una consistencia sólida (carne de frutas).

#### **4.4 DISEÑO EXPERIMENTAL PARA DETERMINAR LAS VARIABLES EN EL PROCESO DE CONCENTRACIÓN**

En la tabla 4.11, se muestra el arreglo matricial y resultados del diseño factorial de las variables independientes del azúcar y la pectina en función de los sólidos solubles (°Brix) de la mermelada de zanahoria.

**Tabla 4.11**  
**Arreglo matricial y resultados del diseño factorial en la concentración**

Pruebas	A (g)	P (g)	Réplica I	Réplica II	$y_i$
M <sub>1</sub>	500	8	64	63	127
M <sub>2</sub>	500	6	60	61	121
M <sub>3</sub>	500	4	55	54	109
M <sub>4</sub>	350	8	53	50	103
M <sub>5</sub>	350	6	50	51	101
M <sub>6</sub>	350	4	48	49	97
M <sub>7</sub>	250	8	48	46	94
M <sub>8</sub>	250	6	46	47	93
M <sub>9</sub>	250	4	46	45	91
					$Y_{ij} = 936$

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.1 ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA DOSIFICACIÓN DE INGREDIENTES

En la tabla 4.12, se observa el análisis de varianza de la etapa de dosificación de ingredientes para la elaboración de mermelada de zanahoria; en función de los datos de la tabla 4.11. Con la resolución de la matriz, se obtuvo el análisis de varianza para determinar que factor tiene más significancia (Anexo D) donde se detalla la resolución del diseño.

**Tabla 4.12**  
**Análisis de varianza para el proceso de dosificación de ingredientes**

Fuente de variación (FV)	Grado de libertad (GL)	Suma de cuadrado (SC)	Cuadrado medios (CM)	$F_{cal}$	$F_{tab}$
<b>Total</b>	116	35,84			
<b>Tratamiento</b>	8	322,33			
<b>Factor (A)</b>	2	0,63	0,315	0,04	5,43
<b>Factor (B)</b>	2	5,503	2,752	0,31	5,43
<b>Interacción A-B</b>	4	316,19	79,05	8,83	4,06
<b>Error experimental</b>	32	286,49	8,95		

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.12, se observa que el factor A “azúcar” y el factor B “pectina” no son significativos en el proceso de concentración de la mermelada de zanahoria, es decir no actúan independientemente la una de la otra.

A diferencia, los resultados del análisis de varianza nos muestra que la interacción entre ambos factores (A-B) es significativo, por tanto concluimos que al interactuar entre ellas mejora el proceso de concentración de la mermelada de zanahoria.

### **Conclusiones:**

- ❖ Como se puede observar que ( $F_{cal} < F_{tab}$ ) ( $0.035 < 5.43$ ) para el factor (A) por lo tanto se acepta la  $H_p$  y se puede afirmar que no existe evidencia estadística.
- ❖ Para el factor (B) en la tabla 4.12 ( $F_{cal} < F_{tab}$ ) ( $0.31 < 5.43$ ) por lo tanto también se acepta la  $H_p$  y se puede afirmar que no existe evidencia estadística.
- ❖ Para la interacción (A-B) ( $F_{cal} > F_{tab}$ ) ( $8.83 > 4.06$ ) por lo tanto se rechaza la  $H_p$ , siendo que existe evidencia estadística de variación en la interacción (A-B) para un límite de confianza del 99%.

## **4.5 CARACTERIZACIÓN DEL PRODUCTO**

Para la caracterización de la mermelada de zanahoria, se tomó en cuenta los siguientes aspectos:

### **4.5.1 ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DEL PRODUCTO**

En la tabla 4.13, se muestran los resultados del análisis fisicoquímico del producto terminado (mermelada de zanahoria); obtenidos del Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID).



**Tabla 4.13**  
**Análisis fisicoquímico del producto**

<b>Parámetros</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Resultado</b>
Acidez	%	0,45
Azúcares totales	%	39,90
Cenizas	%	0,33
Fibra	%	n,d
Hidratos de carbono	%	51,85
Materia grasa	%	1,33
Humedad	%	46,08
Proteína total (N <sub>x6,25</sub> )	%	0,41
Valor energético	Kcal/100g	221,01

Fuente: CEANID, 2011

Como se puede observar en la tabla 4.13 que el contenido de humedad es del 46,08%, proteínas del 0,41%, materia grasa con 1,33%; los hidratos de carbono 51,85%, azúcares totales 39,90% y valor energético de 221,01kcal/100g.

#### **4.5.2 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL PRODUCTO**

Los resultados del análisis microbiológico (Anexo E:3) realizado a la mermelada de zanahoria, se muestra en la tabla 4.14

**Tabla 4.14**  
**Análisis microbiológico del producto**

<b>Parámetros</b>	<b>Unidad</b>	<b>Resultado</b>
Coliformes totales	NMP/g	Ausencia
Mohos y levaduras	ufc/g	Ausencia
Escharichia coli	ufc/g	Ausencia

**Fuente:** CEANID, 2011

Como se puede observar en la tabla 4.14, que en los parámetros analizados, existe ausencia de coliformes totales (NMP/g), Escharichia coli, Mohos y levaduras (ufc/g).

#### 4.6 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL PRODUCTO

En la tabla 4.15, se muestra la evaluación sensorial del producto que se realizó con un panel de degustación no entrenado el cual consistió de quince jueces, los atributos que se tomaron en cuenta son: color, sabor y textura; resultados obtenidos del (Anexo A:2).

**Tabla 4.15**  
**Evaluación sensorial de los atributos sensoriales del producto**

<b>Producto final</b>	<b>Atributos sensoriales</b>		
	<b>Color</b>	<b>Sabor</b>	<b>Textura</b>
<b>MF</b>	8,5	8,3	8,0

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla 4.16, en base a los resultados de la tabla 4.15 y aplicando la ecuación [4.1] se calculó el porcentaje promedio del producto.

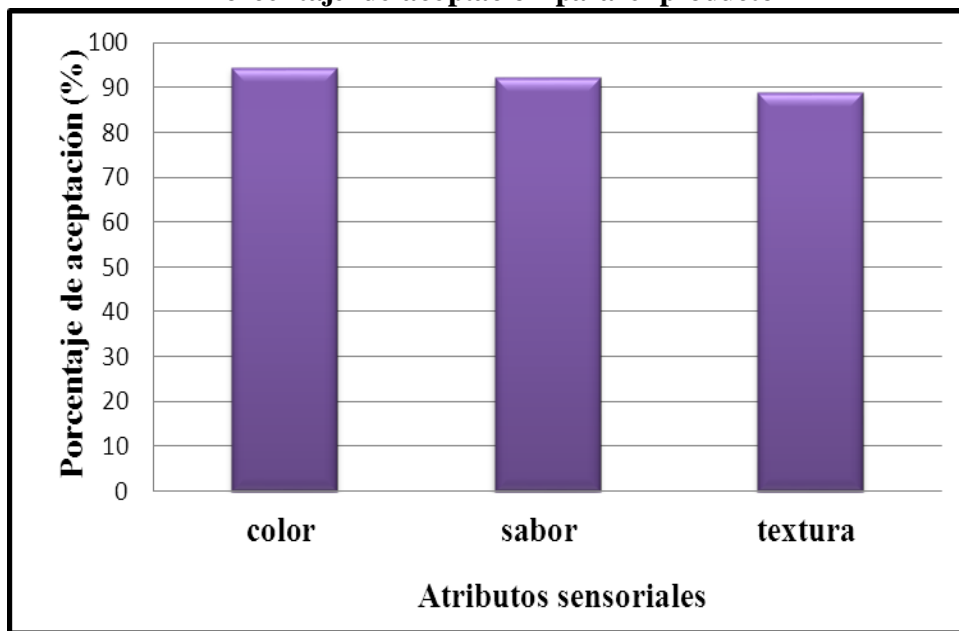
**Tabla 4.16**  
**Evaluación sensorial porcentual de los atributos sensoriales para el producto**

<b>Producto final</b>	<b>Atributos sensoriales (%)</b>		
	<b>Color</b>	<b>Sabor</b>	<b>Textura</b>
<b>MF</b>	94,44	92,22	88,88

**Fuente:** Elaboración propia

En la figura 4.6, se muestra el porcentaje de aceptación del producto, extraídos de la tabla 4.16 para los atributos evaluados de mermelada de zanahoria.

**Figura 4.6**  
**Porcentaje de aceptación para el producto**



Como se puede observar en la figura 4.6, que los porcentajes promedios de los atributos color 94,44% y sabor con 92,22% que están por encima del 90%; en comparación con el atributo textura del 88,88%.

#### **4.6.1 ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS ATRIBUTOS SENSORIALES DEL PRODUCTO**

En la tabla 4.17, se observa el análisis de varianza para los atributos sensoriales como el color, sabor y textura del producto.

**Tabla 4.17**  
**Análisis de varianza del atributo color, sabor y textura del producto**

<b>Fuente de variación (FV)</b>	<b>Suma de cuadrados (SC)</b>	<b>Grados de libertad (GL)</b>	<b>Media de cuadrados (MC)</b>	<b>F<sub>cal</sub></b>	<b>F<sub>tab</sub></b>
<b>Tratamientos</b>	2,13	2	1,07	0,09	3,24
<b>Jueces</b>	2456,93	14	175,49	324,98	3,24
<b>Error</b>	22,67	42	0,54		
<b>Total</b>	24,80	44			

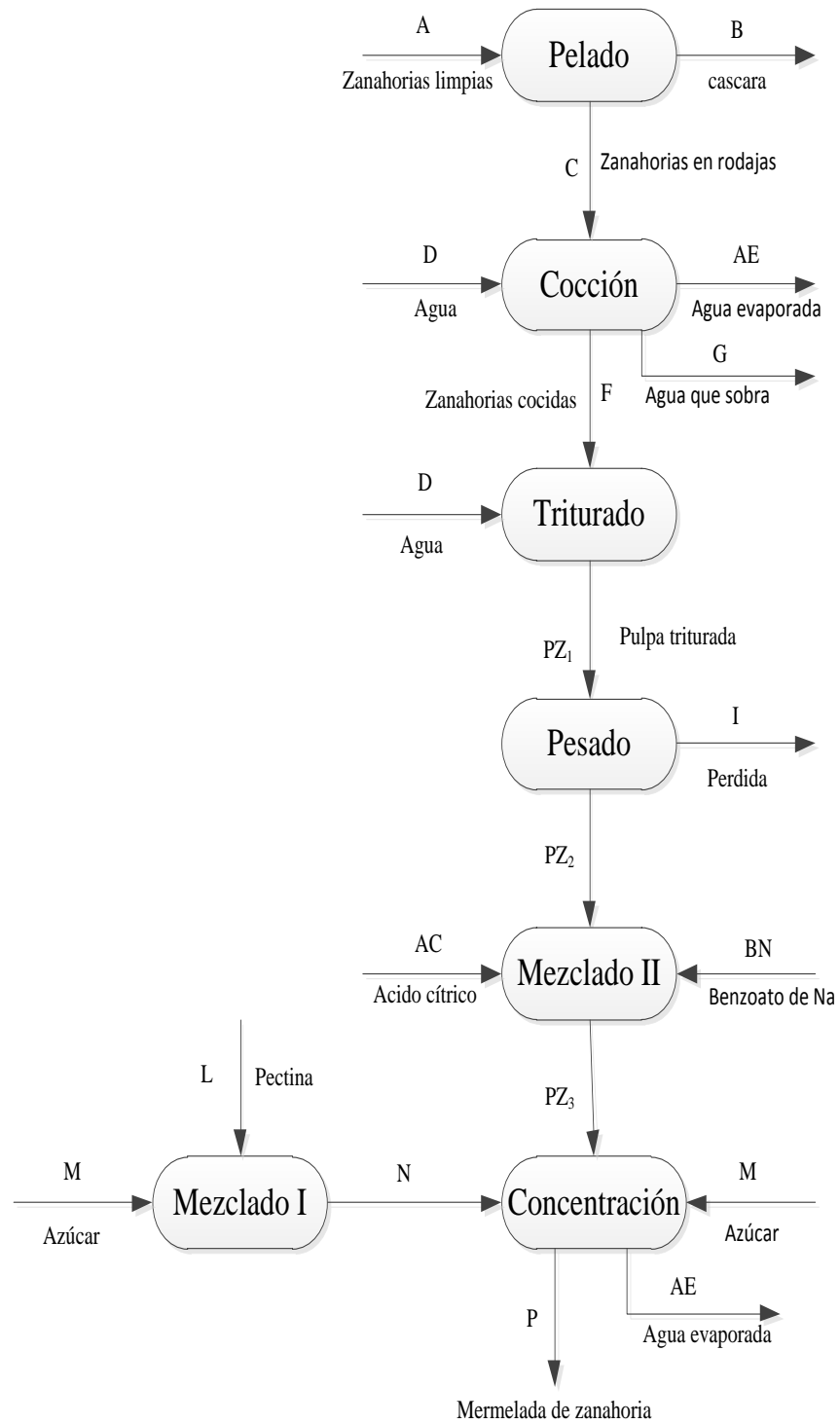
**Fuente:** Elaboración propia

Como se observa en la tabla 4.17,  $F_{cal} < F_{tab}$  ( $0,09 < 3,24$ ) por lo tanto se acepta la hipótesis. Por lo que demuestra que no existe diferencias significativas entre los atributos color, sabor y textura a un nivel de significancia de 0,05. Donde los resultados del análisis sensorial de preferencia por los jueces es por el atributo color con 94,44%, sabor 92,22% y textura 88,88%. Por lo tanto, el producto tiene una aceptación organoléptica importante.

#### **4.7 BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE ELABORACION DE MERMELEDA DE ZANAHORIA**

En la figura 4.7, se muestra el diagrama de bloques general del balance de materia para el proceso de elaboración de mermelada de zanahoria.

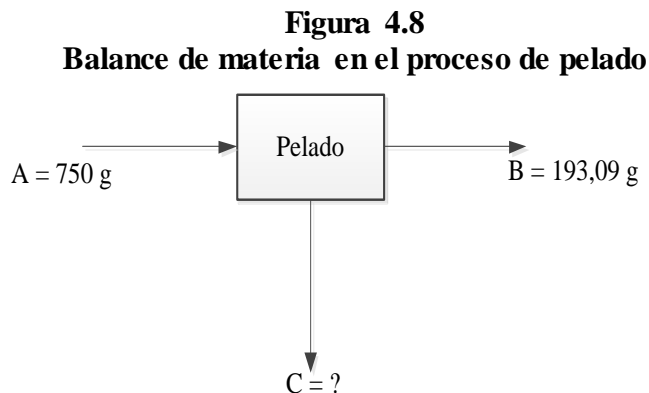
**Figura 4.7**  
**Balance de materia del proceso de elaboración de mermelada de zanahoria**



**Fuente:** Elaboración propia

### 4.7.1 BALANCE DE MATERIA PARA EL PROCESO DE PELADO

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



Dónde:

A = Cantidad de zanahorias (g)

B = Cantidad de cáscara de zanahoria (g)

C = Cantidad de zanahorias sin cáscara (g)

**\* Balance global de materia en el proceso de pelado:**

$$A = B + C \quad \text{Ecuación [4.2]}$$

Arreglando la ecuación [4.2]:  $C = A - B$

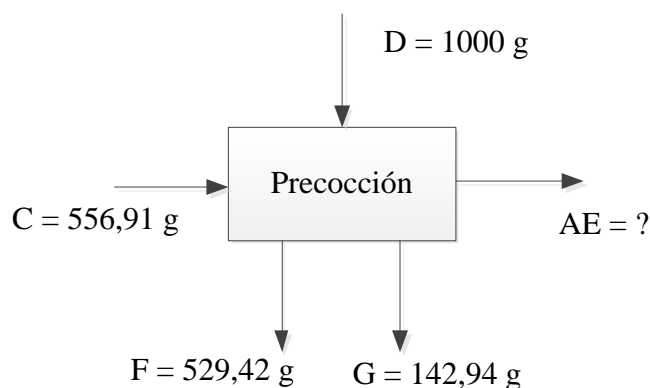
Resolviendo:  $C = 750 \text{ g} - 193,91 \text{ g}$

$C = 556,91 \text{ g}$
------------------------

### 4.7.2 BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE PRECOCCIÓN

En la figura 4.9, se observa el proceso de pre-cocción, para realizar el balance de materia con los siguientes datos.

**Figura 4.9**  
**Balance de materia en el proceso de pre-cocción**



Dónde:

C = Cantidad de zanahorias en rodajas (g)

D = Cantidad de agua (g)

AE = Cantidad de agua evaporada (g)

F = Cantidad de zanahorias cocidas (g)

G = Cantidad de agua residual (g)

**\* Balance global de materia en el proceso de pre-cocción:**

$$C + D = AE + F + G \quad \text{Ecuación [4.3]}$$

Arreglando la ecuación [4.3]  $AE = C + D - F - G$

Resolviendo  $AE = 556,91 \text{ g} + 1000 \text{ g} - 529,42 \text{ g} - 142,94 \text{ g}$

$$AE = 884,55 \text{ g}$$

**\* Balance parcial de materia para el agua en el proceso de pre-cocción:**

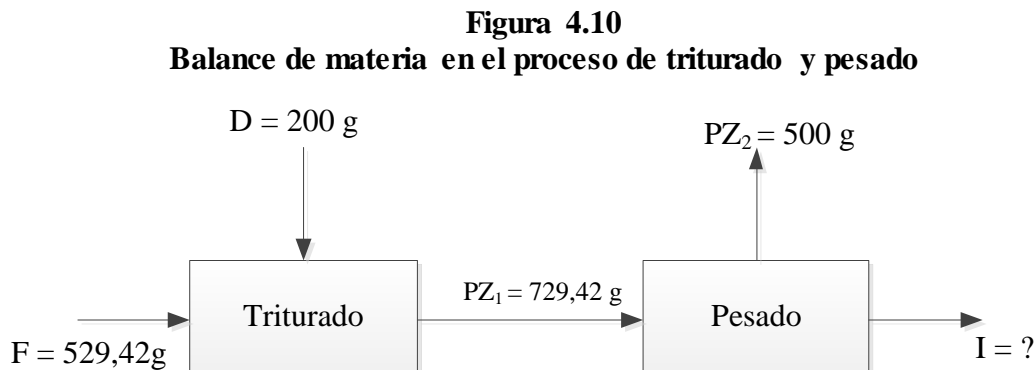
$$C \cdot X^{\text{H}_2\text{O}} + D \cdot X^{\text{H}_2\text{O}} = AE \cdot X^{\text{H}_2\text{O}} + F \cdot X^{\text{H}_2\text{O}} + G \cdot X^{\text{H}_2\text{O}} \quad \text{Ecuación [4.4]}$$

$$556,91 \text{ g} \cdot 0,9030 + 1000 \text{ g} \cdot 1 = 884,55 \text{ g} \cdot 1 + 529,42 \cdot X^{\text{H}_2\text{O}} + 142,94 \text{ g} \cdot 1$$

$$X^{\text{H}_2\text{O}} = 0,89$$

### 4.7.3 BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO TRITURADO Y PESADO

En la figura 4.10, se observa el proceso de triturado y pesado, para realizar el balance de materia con los siguientes datos.



Dónde:

$PZ_1$  = Cantidad de pulpa triturada (g)

$PZ_2$  = Cantidad de pulpa pesada (g)

$I$  = Cantidad de pérdida de pulpa (g)

**\* Balance global de materia en el proceso de triturado y pesado:**

$$F + D = PZ_2 + I \quad \text{Ecuación [4.5]}$$

Arreglando la ecuación [4.5]  $I = F + D - PZ_2$

Resolviendo  $I = 529,42 \text{ g} + 200 \text{ g} - 500 \text{ g}$

$$I = 229,42 \text{ g}$$

**\* Balance parcial de materia para el agua en el proceso de triturado y pesado:**

$$F \cdot X^{H_2O} + D \cdot X^{H_2O} = PZ_1 \cdot X^{H_2O} \quad \text{Ecuación [4.6]}$$

$$529,42 \text{ g} \cdot 0,89 + 200 \text{ g} \cdot 1 = 729,42 \cdot X^{H_2O}$$

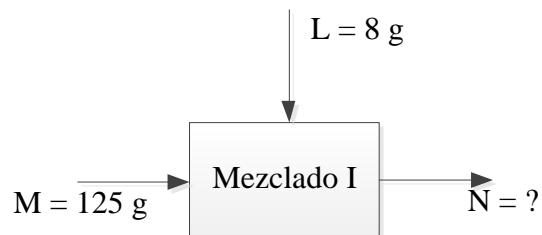
$$X^{H_2O} = 0,92$$



#### 4.7.4 BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE MEZCLADO I DE INGREDIENTES

En la figura 4.11, se observa el proceso de mezclado I de ingredientes, para realizar el balance de materia con los siguientes datos.

**Figura 4.11**  
**Balance de materia en el proceso de mezclado I de ingredientes**



Dónde:

M = Cantidad de azúcar (g)

L = Cantidad de pectina (g)

N = Cantidad de la mezcla de ingredientes (g)

**\* Balance global de materia en el proceso de mezclado I:**

$$N = M + L \quad \text{Ecuación [4.7]}$$

Resolviendo:  $N = 125\text{g} + 8\text{g}$

$$N = 133\text{ g}$$

**\* Balance parcial de materia para el agua en el proceso de mezclado I:**

$$M \cdot X^{\text{H}_2\text{O}} + L \cdot X^{\text{H}_2\text{O}} = N \cdot X^{\text{H}_2\text{O}} \quad \text{Ecuación [4.8]}$$

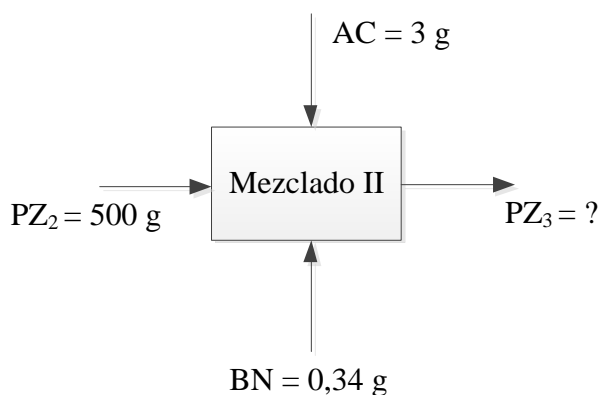
$$125\text{g} \cdot 0,11 + 8\text{g} \cdot 0,2 = 133\text{g} \cdot X^{\text{H}_2\text{O}}$$

$$X^{\text{H}_2\text{O}} = 0,12$$

#### 4.7.5 BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE MEZCLADO II DE INGREDIENTES

En la figura 4.12, se observa el proceso de mezclado II de ingredientes, para realizar el balance de materia.

**Figura 4.12**  
**Balance de materia en el proceso de mezclado II de ingredientes**



Dónde:

AC = Cantidad de ácido cítrico (g)

BN = Cantidad de benzoato de sodio (g)

PZ<sub>3</sub> = Cantidad de la mezcla II (g)

**\* Balance global de materia en el proceso de mezclado II:**

$$PZ_3 = PZ_2 + AC + BN \quad \text{Ecuación [4.9]}$$

Resolviendo la ecuación [4.9]:  $PZ_3 = 500\text{g} + 3\text{g} + 0,34$

$$\boxed{PZ_3 = 503,34 \text{ g}}$$

**\* Balance parcial de materia para el agua en el proceso de mezclado II:**

$$PZ_3 * X^{H_2O} = PZ_2 * X^{H_2O} + AC * X^{H_2O} + BN * X^{H_2O} \quad \text{Ecuación [4.10]}$$

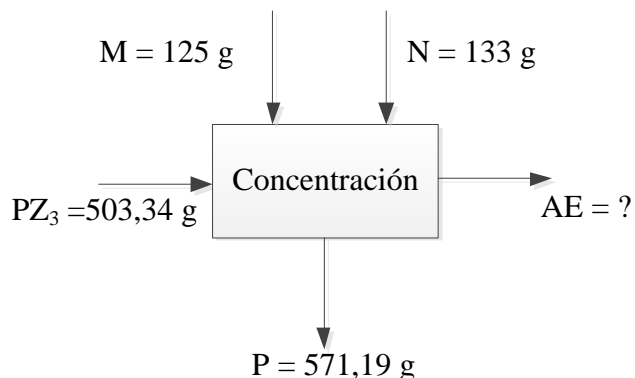
$$503,34 * X^{H_2O} = 500\text{g} * 0,92 + 3\text{g} * 0,0 + 0,34 * 0,0$$

$$\boxed{X^{H_2O} = 0,91 \text{ g}}$$

#### 4.7.6 BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE CONCENTRACIÓN

En la figura 4.13, se observa el proceso de concentración para realizar el balance de materia.

**Figura 4.13**  
**Balance de materia en el proceso de concentración**



Dónde:

P = Cantidad de mermelada (g)

**\* Balance global de materia en el proceso de concentración:**

$$PZ_3 + M + N = AE + P \quad \text{Ecuación [4.11]}$$

Reordenando la ecuación [4.11]:  $AE = PZ_3 + M + N - P$

Resolviendo:  $AE = 503,34g + 125g + 133g - 571,19g$

$$AE = 190,15g$$

**\* Balance de materia parcial para el agua en el proceso de concentración:**

$$PZ_3 \cdot X^{H_2O} + M \cdot X^{H_2O} + N \cdot X^{H_2O} = AE \cdot X^{H_2O} + P \cdot X^{H_2O} \quad \text{Ecuación [4.12]}$$

$$503,34g \cdot 0,91 + 125g \cdot 0,11 + 133g \cdot 0,12 = 190,15g \cdot 1 + 571,19g \cdot X^{H_2O}$$

$$X^{H_2O} = 0,52$$

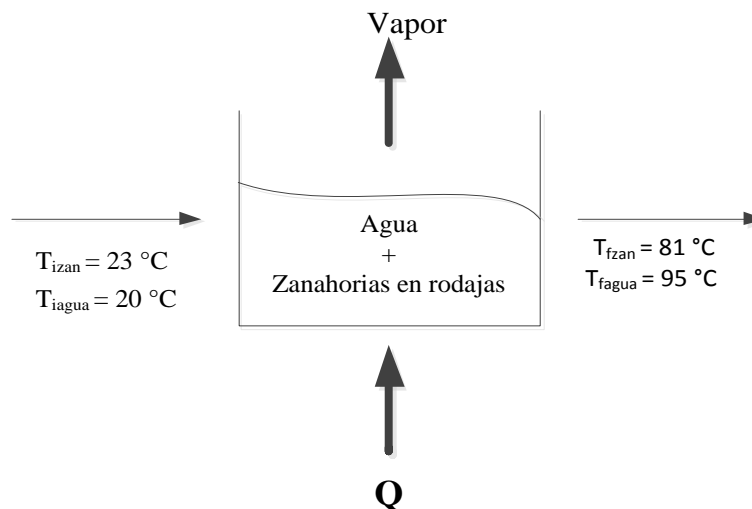
#### **4.8 BALANCE DE ENERGÍA PARA LA ELABORACIÓN DE MERMELADA DE ZANAHORIA**

El balance de energía para la elaboración de la mermelada, se realizó en las siguientes etapas:

#### 4.8.1 BALANCE DE ENERGÍA EN EL PROCESO DE PRECOCCIÓN

En la figura 4.14, se observa el balance de energía en el proceso de pre-cocción para la elaboración de la mermelada de zanahoria.

**Figura 4.14**  
Balance de energía en el proceso de pre-cocción



Según (Ramírez, 2005), para calcular el calor de la pre-cocción de la zanahoria en rodajas, se debe utilizar las ecuaciones [4.13] y ecuación [4.14].

$$Q_{\text{Total}} = Q_{\text{Ganado}} + Q_{\text{Cedido}} \quad \text{Ecuación [4.13]}$$

$$Q = m \cdot C_p \cdot \Delta T \quad \text{Ecuación [4.14]}$$

Combinando la ecuación [4.13] y [4.14] tenemos la ecuación [4.15] para determinar la cantidad de calor que se requiere en el proceso de pre-cocción.

$$Q_A = m_{\text{zan}} \cdot C_{p_{\text{zan}}} \cdot (T_{\text{fzan}} - T_{\text{izán}}) + m_{\text{agua}} \cdot C_{p_{\text{agua}}} \cdot (T_{\text{fagua}} - T_{\text{iagua}}) + \lambda \cdot V \quad \text{Ecuación [4.15]}$$

Dónde:

$Q_A$  = Cantidad de calor total que se requiere en la pre-cocción

$m_{\text{zan}}$  = Cantidad de masa de la zanahoria = 0,56 kg

$C_{p_{\text{zan}}}$  = Cantidad de capacidad específica de la zanahoria = ?

$T_{\text{fzan}}$  = Temperatura final = 81 °C

$T_{izan}$  = Temperatura inicial = 23 °C

$m_{agua}$  = Cantidad de masa de agua = 1 kg

$Cp_{agua}$  = Capacidad específico de agua = 0,9993 kcal/kg°C (Valiente, 1994)

$T_{fagua}$  = Temperatura final = 95 °C

$T_{iagua}$  = Temperatura inicial = 20 °C

$\lambda$  = Calor latente del agua = 0,58 kcal/kg (Valiente, 1994)

$V$  = Agua evaporada en la pre-cocción = 0,88 kg

### \*Cálculo del Cp de la zanahoria

Según (Torrejón, 2008), para calcular la capacidad específica de la zanahoria se debe utilizar la siguiente ecuación [4.16].

$$Cp_{zan} = 0,5 \cdot \frac{P}{100} + 0,2 \cdot \frac{100 - P}{100} \quad \text{Ecuación [4.16]}$$

Dónde:

$P$  = Porcentaje de agua en la zanahoria

$$Cp_{zan} = 0,5 \cdot \frac{90,30}{100} + 0,2 \cdot \frac{100 - 90,30}{100}$$

$$\boxed{Cp_{zan} = 0,47 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}}$$

Reemplazando los datos en la ecuación [4.15], para obtener la cantidad de calor en la pre-cocción:

$$Q_A = 0,56\text{kg} \cdot 0,47 \cdot (81-23)^\circ\text{C} + 1 \cdot 0,9993\text{kcal/kg}^\circ\text{C} \cdot (95-20)^\circ\text{C} + 0,58\text{kcal/kg} \cdot 0,88\text{kg}$$

$$\boxed{Q_A = 102,72 \text{ kcal}}$$

### \*Cálculo de la cantidad de calor requerido para el recipiente

De acuerdo a la ecuación [4.14], se obtiene la cantidad de calor que se requiere para el recipiente:

$$Q_B = m_{\text{recip}} * C_{p\text{recip}} * (T_{f\text{recip}} - T_{i\text{recip}}) \quad \text{Ecuación [4.17]}$$

Dónde:

$Q_B$  = Cantidad de calor que se requiere para el recipiente

$M_{\text{recip}}$  = Cantidad de masa del recipiente = 0,48 kg

$C_{p\text{recip}}$  = Capacidad especifica del recipiente = 0,12 kcal/kg °C (Valiente, 1994)

$T_{f\text{recip}}$  = Temperatura final del recipiente = 105 °C

$T_{i\text{recip}}$  = Temperatura inicial del recipiente = 20 °C

Resolviendo la ecuación [4.17]:

$$Q_B = 0,48 \text{ kg} * 0,12 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C} * (105 - 20) ^\circ\text{C}$$

$$Q_B = 4,896 \text{ kcal}$$

#### \*Cálculo de la cantidad total del calor requerido en el proceso de la pre-cocción

De acuerdo a la ecuación [4.1], calculamos la cantidad total del calor requerido para el proceso en la pre-cocción:

$$Q_{T \text{ pre cocción}} = Q_A + Q_B \quad \text{Ecuación [4.18]}$$

$$Q_{T \text{ pre cocción}} = 102,72 \text{ kcal} + 4,896 \text{ kcal}$$

$$Q_{T \text{ pre cocción}} = 107,62 \text{ kcal}$$

#### 4.8.2 BALANCE DE ENERGÍA EN EL PROCESO DE LA CONCENTRACIÓN

De acuerdo a la ecuación [4.2], calculamos el balance de energía para el proceso de concentración (Ramírez, 2005).

$$Q_A = m_{\text{mer}} * C_{p\text{mer}} * (T_{f\text{mer}} - T_{i\text{mer}}) + \lambda * V \quad \text{Ecuación [4.19]}$$

Dónde:

$Q_A$  = Calor total que se requiere en la concentración

$M_{\text{mer}}$  = Masa de la zanahoria = 0,50 kg

$C_{p\text{mer}}$  = Capacidad especifica de la mermelada = ?

$T_{\text{fmer}} = \text{Temperatura final} = 89 \text{ }^\circ\text{C}$

$T_{\text{imer}} = \text{Temperatura inicial} = 15 \text{ }^\circ\text{C}$

$\lambda = \text{Calor latente del agua} = 0,58 \text{ kcal/kg}$  (Valiente, 1994)

$V = \text{Agua evaporada en la concentración} = 0,19 \text{ kg}$

### \*Cálculo del Cp de la mermelada

Según (Torrejón, 2008), para calcular la capacidad específica de la zanahoria se debe utilizar la siguiente ecuación.

$$C_{p_{\text{mer}}} = 0,5 * \frac{P}{100} + 0,2 * \frac{100 - P}{100} \quad \text{Ecuación [4.20]}$$

Dónde:

P = Porcentaje de humedad

$$C_{p_{\text{mer}}} = 0,5 * \frac{46,08}{100} + 0,2 * \frac{100 - 46,08}{100}$$

$$C_{p_{\text{mer}}} = 0,34 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$$

Calculando la ecuación [4.19], para obtener la cantidad de calor para el proceso de la concentración:

$$Q_A = 0,50 \text{ kg} * 0,34 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C} * (89 - 15)^\circ\text{C} + 0,58 \text{ kcal/kg} * 0,19 \text{ kg}$$

$$Q_A = 12,69 \text{ kcal}$$

### \*Cálculo de la cantidad de calor requerido para el recipiente

De acuerdo a la ecuación [4.14], se obtiene la cantidad de calor que se requiere para el recipiente:

$$Q_B = m_{\text{recip}} * C_{p_{\text{recip}}} * (T_{\text{frecip}} - T_{\text{irecip}}) \quad \text{Ecuación [4.21]}$$

Dónde:

$Q_B = \text{Cantidad de calor que se requiere para el recipiente}$

$M_{\text{recip}} = \text{Cantidad de masa de la recipiente} = 0,48 \text{ kg}$

$C_{p_{\text{recip}}} = \text{Capacidad especifica de la recipiente} = 0,12 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C}$  (Valiente, 1994)

$T_{\text{frecip}} = \text{Temperatura final} = 105 \text{ } ^\circ\text{C}$

$T_{\text{irecip}} = \text{Temperatura inicial} = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$

Resolviendo la ecuación [4.21]:

$$Q_B = 0,48 \text{ kg} * 0,12 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C} * (105 - 20) ^\circ\text{C}$$

$$Q_B = 4,896 \text{ kcal}$$

#### **\*Cálculo de la cantidad total del calor para el proceso de concentración**

De acuerdo a la ecuación [4.13], calculamos la cantidad total del calor, requerido para el proceso de concentración:

$$Q_{T \text{ concentración}} = Q_A + Q_B \quad \text{Ecuación [4.22]}$$

$$Q_{T \text{ concentración}} = 12,69 \text{ kcal} + 4,896 \text{ kcal}$$

$$Q_{T \text{ concentración}} = 17,59 \text{ kcal}$$

#### **\*Cálculo de calor final en el proceso de elaboración de la mermelada de zanahoria**

De acuerdo a la ecuación [4.13], se determinó la cantidad de calor final requerido para la elaboración de la mermelada de zanahoria, con los resultados anteriores de los procesos de pre-cocción y concentración.

$$Q_F = Q_{T \text{ pre cocción}} + Q_{T \text{ concentración}} \quad \text{Ecuación [4.23]}$$

$$Q_F = 107,62 \text{ kcal} + 17,59 \text{ kcal}$$

$$Q_F = 125,21 \text{ kcal}$$



## 5.1 CONCLUSIONES

- De acuerdo a las propiedades físicas de la zanahoria, se determinó que la porción comestible representa el 78,89%, peso de la zanahoria 84,53g, peso de la cáscara 17,87g, diámetro 32,47mm y longitud de 108,05mm.
- De los resultados del análisis fisicoquímico de la zanahoria, se tiene un contenido de humedad 90,30%, proteína total 0,36%, fibra 0,89%, materia grasa 0,34%, hidratos de carbono 7,69%, azúcares reductores 14,81%, hierro 0,58 mg/100g y valor energético de 35,26 kcal/100g.
- Se realizó la evaluación sensorial para determinar la dosificación de ingredientes de los atributos (color, olor, sabor y textura) tomando en cuenta como factores de variación el azúcar y la pectina, manteniendo constantes el ácido cítrico y el benzoato de sodio de nueve muestras evaluados por trece jueces no entrenados y analizadas estadísticamente, donde los resultados del análisis sensorial por la preferencia de los jueces por la muestra M<sub>7</sub> (500g pulpa zanahoria, 250g azúcar, 8g pectina, ácido cítrico 3g y benzoato de Na 0,34g) con mayor puntaje en escala hedónica.
- Se realizó la variación de sólidos solubles en el proceso de concentración para la elaboración de la mermelada de zanahoria, con una concentración inicial de 18°Brix para un tiempo de 0 minutos, finalizando el proceso de concentración de 47°Brix con un tiempo de 35 minutos; observando que a mayor concentración de los 55°Brix se obtiene una mermelada con textura sólida (carne de frutas).
- De acuerdo al análisis de varianza del proceso de elaboración de mermelada de zanahoria ( $F_{cal} < F_{tab}$ ) para la dosificación de ingredientes, se observa que el factor A “azúcar” y el factor B “pectina” no son significativos y se acepta la

$H_p$ ; es decir, no actúan independientemente la una de la otra. A diferencia de la interacción (A-B) es significativo ( $F_{cal} > F_{tab}$ ) ( $8.83 > 4.06$ ) y se rechaza la  $H_p$  para  $p < 0,01$ .

- De acuerdo a los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico del producto, se tiene: humedad de 46,08%, proteínas con 0,41%, materia grasa de 1,33%, hidratos de carbono con 51,85%, azúcares totales de 39,90% y el valor energético de 221,01 kcal/100g.
- En cuanto al análisis microbiológico del producto (mermelada de zanahoria), se pudo observar que los parámetros analizados, existe Ausencia de coliformes totales (NMP/g), Escharichia coli, Mohos y levaduras (ufc/g).
- Se realizó la evaluación sensorial del producto, que fue evaluado por quince jueces no entrenados mediante una escala hedónica, MF (Pulpa 500g, azúcar 250g, pectina 8g, ácido cítrico 3g, benzoato de sodio 0,34g) siendo la de mayor porcentaje en los atributos color 94,44%, sabor 92,22% y textura 88,88%.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar pruebas experimentales con zanahorias de otros lugares del departamento de Tarija; ya que las mismas presentan una variación en su composición fisicoquímica y organoléptica; que podría constituirse en una alternativa muy importante para la estandarización del proceso de elaboración de mermelada de zanahoria.
  
- Se recomienda elaborar pruebas experimentales incorporando trozos y/o pulpa de frutas (manzana, plátano u otros) en el proceso de elaboración de mermelada de zanahoria; con el propósito de obtener productos novedosos, como suplemento que permitan contribuir en la dieta alimentaria de la población.
  
- Se recomienda implementar una pequeña planta procesadora para la elaboración de mermelada de zanahoria, en la región del Rio San Juan del Oro; donde existe mayor producción de zanahoria del departamento de Tarija; siendo una alternativa importante para los productores de zanahoria.