

# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

## 1.1 Antecedentes

Actualmente, en Bolivia varias comunidades del valle y del altiplano producen sábila, y muchas se dedican a ofertar el insumo a microempresarios para su procesamiento en diferentes productos. Se produce principalmente en las regiones de Caranavi, Sorata, Consata y Huatajata y otros municipios del departamento de La Paz, también se produce en algunas regiones del departamento de Cochabamba, siendo éste el que tiene condiciones óptimas de clima y terreno para la producción (Quispe, 2015).

La promoción económica del cultivo del aloe vera ofrece alternativas ventajosas para desarrollar la diversificación de la producción rural de los valles bolivianos, coadyuvando en una mejora de la economía y el comercio. La producción del aloe con fines medicinales se halla difundida en todo el territorio nacional, siendo que alrededor de ella se han creado empresas de orden local como SABLEX y Agronat, que industrializan el gel de aloe para su envasado como jugo medicinal que ha sido comprobado en el tratamiento de varias enfermedades (Quispe, 2015).

La producción de hoja de sábila en el departamento de Tarija es reducida, no supera a las 2 hectáreas por año, esto es debido a que no se la utiliza en procesos tecnológicos a gran escala, las principales zonas de producción son en los valles debido a que estos tienen temperaturas y niveles de humedad adecuados para dicho cultivo (INE, 2017).

Actualmente una de las principales fábricas de producción de sábila es la planta de Agronat, ubicada en la población de Huajchilla (en el municipio paceño de Mecapaca), dos de las cinco líneas de producción de AGRONAT se encargan de productos alimenticios Power Inn y Pharmanat. Estos productos llegan a todo el país, con excepción de Beni (Quispe, 2015).

La empresa cuenta con un sistema de producción moderno y certificado con la ISO 9001/2008, de gestión de calidad; con la ISO 22000, de inocuidad alimentaria; y con una certificación orgánica, que garantiza el origen de sus materias primas. Con estos

tres reconocimientos respalda la calidad e inocuidad de sus productos y participa en ferias internacionales que le abren las puertas de nuevos mercados (Quispe, 2015).

## **1.2 Justificación**

- Dado que la planta de sábila tiene una alta disponibilidad en la ciudad de Tarija, y fácil producción, se planea aprovecharla para elaborar gomas masticables con pulpa de sábila y stevia.
- Elaborar un producto con un bajo contenido calórico como prioridad para que este pueda competir en el mercado contra las gomas tradicionales las cuales tienen un alto contenido calórico.
- Elaborar gomas masticables con un bajo contenido de azúcar, esto logrado gracias a la adición de la stevia el cual es un edulcorante sin calorías totalmente natural.
- Aprovechar las ventajas nutricionales que tiene la sábila por su alto contenido de calcio y potasio para elaborar un producto que sea mucho más saludable para los niños principalmente comparado con las demás golosinas que existen en el mercado.

## **1.3 Objetivos**

Los objetivos planteados en el presente trabajo de investigación son los siguientes:

### **1.3.1 Objetivo general**

Elaborar gomas masticables con pulpa de sábila y stevia mediante el proceso de emulsificación a nivel experimental, con el fin de obtener un producto de calidad nutricional para la población de provincia Cercado de Tarija del Estado Plurinacional de Bolivia.

### 1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar las propiedades físicas de la hoja de sábila.
- Realizar un análisis fisicoquímico de la pulpa de sábila para establecer su composición.
- Realizar un análisis microbiológico de la pulpa de sábila para garantizar su inocuidad.
- Realizar una evaluación sensorial para identificar una muestra final en la elaboración de gomas masticables con pulpa de sábila y stevia.
- Elaborar un diseño experimental aplicado al proceso de emulsificación durante la elaboración de gomas masticables con pulpa de sábila y stevia.
- Determinar la influencia de los factores en la pérdida de humedad de las gomas masticables con pulpa de sábila y stevia durante el desarrollo del diseño experimental.
- Determinar la variación de viscosidad en relación a la temperatura durante la etapa de emulsificación en el proceso de elaboración de gomas masticables con pulpa de sábila y stevia.
- Realizar un análisis fisicoquímico del producto terminado, con la finalidad de establecer su calidad nutricional.
- Realizar un análisis microbiológico del producto terminado, para garantizar la inocuidad del producto terminado.
- Realizar el balance de materia y energía del proceso de elaboración a nivel experimental.

#### **1.4 Variables dependientes e independientes**

- Variable dependiente: Elaborar gomas masticables con pulpa de sábila y stevia.
- Variable independiente: Proceso de emulsificación.

#### **1.5 Planteamiento del problema**

Ya que en el mercado local de la provincia Cercado no existen golosinas con un contenido nutricional saludable para nuestra niñez, se plantea introducir una alternativa más sana mediante la adición de los minerales de la pulpa de sábila y reducida en su contenido de azúcar gracias a la stevia

El proceso de emulsificación se constituye en un método efectivo para obtener gomas masticables con pulpa de sábila y stevia con una textura homogénea permitiendo que los diferentes componentes se combinen fácilmente.

#### **1.6 Formulación del problema**

¿Se podrá obtener gomas masticables con pulpa de sábila y stevia mediante el proceso de emulsificación a nivel experimental, con la finalidad de obtener un producto de calidad nutricional en la provincia Cercado de Tarija?

#### **1.7 Formulación de la hipótesis**

El proceso de emulsificación aplicado en la elaboración de gomas masticables con pulpa de sábila y stevia permitirá obtener un producto de calidad nutricional en la provincia Cercado de Tarija.

# **CAPÍTULO II**

## **MARCO TEÓRICO**

## **2.1 Origen de las gomas masticables**

Las gomitas tienen origen en el año 1922 en Alemania. Con una consistencia suave muy parecida a la de la gelatina este producto logró volverse muy popular en el viejo continente. Durante las décadas de 1930 y 1940, y gracias al auge de la industria de productos de azúcar, este se consolidó como uno de los dulces más reconocibles. A pesar de que su invención se remite a esta década, la producción en masa en los mercados de América llegaría hasta 1982 (Madrid et al., 1994).

## **2.2 Definición de confitado o producto alto en azúcar**

Los productos de confitería son aquellos cuyo ingrediente principal es el azúcar. Los dulces a base de azúcar dependen mayoritariamente de la manipulación que este sufre para conseguir efectos de textura especiales. Esto se logra fundamentalmente controlando su estado de cristalización y la proporción de azúcar y humedad. En los productos finales de confitería, el estado de cristalización y el porcentaje de humedad están determinados principalmente por la presencia de ingredientes funcionales, por el calor utilizado durante la cocción, por la concentración de los jarabes de azúcar y por la forma que se enfrían dichos jarabes (Potter, 1999).

Se puede considerar como productos de confitería aquellos preparados cuyo ingrediente fundamental es el azúcar (sacarosa) u otros azúcares comestibles (glucosa, fructosa, etc.), junto a una serie de productos alimenticios como harinas, huevos, chocolate, grasa y aceites, zumos de frutas, etc. (Madrid & Cenzano, 1994).

### **2.2.1 Definición de gomas**

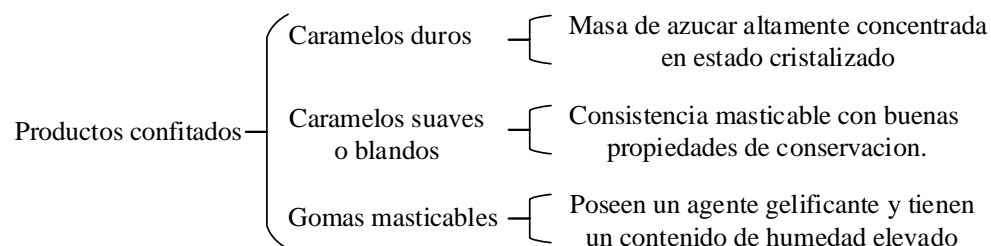
Las pastillas de goma (también denominadas gomitas en América o gominolas en España); son caramelos masticables muy dulces, elaborados a partir de gelatina animal a la que se le añaden edulcorantes, saborizantes y colorantes alimentarios. Llevan un acabado para que no se peguen entre sí, bien abrigantadas y con

recubrimientos de azúcar o ácidos. Tienen infinidad de formas: ositos u otros animales, botellas de cola, dedos, ladrillos, anillos, etc (CODEX STAN. 451, 2015).

### 2.3 Clasificación de los productos confitados

Se puede considerar como productos de confitería aquellos preparados, cuyo ingrediente fundamental es el azúcar (sacarosa) u otros azúcares comestibles (glucosa, fructosa, etc.); junto a una serie de productos alimenticios como harinas, huevos, chocolate, grasa y aceites, zumos de frutas, etc. (Madrid & Cenzano, 1994).

En la figura 2.1 se observa la clasificación de los productos confitados.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 2.1** Clasificación de los productos confitados

#### 2.3.1 Caramelos duros

Son una masa de azúcar altamente concentrada en estado cristalizado. Sus materias primas base son: azúcar, jarabe de glucosa y/o azúcar invertido, agua, saborizantes y colorantes. Sus tipos principales son: caramelos duros con y sin fruta, de hierbas con leche, con y sin azúcar, con y sin relleno. Caramelo relleno centro constituido por fruta confitada, cremas, derivados del cacao, etc. (Madrid & Cenzano, 1994).

#### 2.3.2 Caramelos suaves o blandos

Su denominación se debe por la consistencia (masticable) blanda o cremosa, que deberá tener buenas propiedades de conservación aún al almacenarse durante mucho tiempo. Sus materias primas base son: Azúcar, el jarabe de glucosa y las grasas sólidas, humectantes, emulsificantes, gelificantes, almidón. Además, se emplea leche



(condensada edulcorada y sin edulcorar, fresca), nata y mantequilla sabores, etc. Sus tipos principales son: toffees chiclosos con frutas secas, fudge de leche, textura elástica pero corta, chiclosa, mentas, bañados con coberturas (Madrid & Cenzano, 1994).

### 2.3.3 Gomas masticables

Estos productos están determinados por el agente gelificante y el contenido de humedad. Sus materias primas son: azúcar cristal, goma arábica, goma guar, goma tragacanto agar agar, grenetina, pectina. Se modificará la proporción de dichos ingredientes de acuerdo a la consistencia deseada. Sus tipos principales son: gomas de diferentes formas y figuras con o sin fruta (Madrid & Cenzano, 1994).

### 2.4 Valor nutricional de las gomas masticables con pulpa de sábila

El valor nutricional de gomas masticables elaboradas a partir de la pulpa de sábila, se presenta en la tabla 2.1

**Tabla 2.1**

*Valor nutricional de gomas masticables con pulpa de sábila*

<b>Parámetros</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>
Contenido de humedad	%	21,30
pH	-	6,03
Proteína	%	5,51
Azúcares reductores libres	%	4,39
Sólidos Solubles	%	76,31
Fósforo	mg/100 g	6,856
Sodio	mg/100 g	79,70

**Fuente:** Morillo, 2009

## 2.5 Materia prima e insumos para la elaboración de gomas masticables con pulpa de sábila y stevia

La materia prima e insumos para la elaboración de gomas masticables con pulpa de sábila y stevia se detalla a continuación.

### 2.5.1 Hoja de sábila

La sábila es una planta de Arabia y noroeste de África, cuyos lazos con la humanidad datan de hace mucho tiempo. Su nombre común sábila, procede de la voz árabe "sabaira" que significa "amargo" y el género científico Aloe proviene de otra palabra árabe "Alloeh" que significa "sustancia brillante amargosa" (Morillo, 2009).

La sábila es una planta que forma parte del género Aloe Vera, el cual es su nombre científico, se caracteriza por tener hojas erectas y largas de constitución carnosa. Es de ambiente xerofítico teniendo la facultad de cerrar sus poros para retener mejor el agua (Guzman, 1999)

#### 2.5.1.1 Clasificación taxonómica de la hoja de sábila

La clasificación taxonómica de la planta de sábila, se detalla en la tabla 2.2.

**Tabla 2.2**

*Clasificación taxonómica de la planta de sábila*

<b>Características</b>	<b>Grupo perteneciente</b>
Reino	Vegetal
Tipo	Fanerógama
Subtipo	Angiosperma
Clase	Monocotiledóneas
Orden	Lilifloras
Familia	Liliáceas
Subfamilia	Liloideas o Asfodeloideas
Genero	Aloe
Especie	Vera
Nombre Científico	Aloe Vera

Nombre Vulgar	Sábila
---------------	--------

**Fuente:** Aguiasa, 2007

### 2.5.1.2 Información nutricional de la hoja de sábila

La información nutricional de la hoja de sábila, se muestra en la tabla 2.3.

**Tabla 2.3**

*Información nutricional de la hoja de sábila*

Componentes	Porcentaje (%)
Humedad	85,056
Lípidos	0,12
Grasa saturada	0,008
Grasa poliinsaturada	0,042
Grasa monoinsaturada	0,042
Hidratos de carbono	12,87
Fibra	0,2
Proteínas	0,36
Sodio	0,002
Potasio	1,30

**Fuente:** Aguiasa, 2000

### 2.5.1.3 Importancia nutricional de la hoja de sábila

Dentro de las hojas de la planta hay un gel grueso y claro el cual es la fuente natural de muchos nutrientes. De hecho, hay alrededor de 75 sustancias que concuerdan con las necesidades del cuerpo humano para mantenerlo saludable y con vitalidad (Vega & Diaz, 2005).

La lista incluye: Vitaminas (A, B1, B2, B6, B12, C y E), minerales como calcio y potasio, aminoácidos para la construcción de proteínas, enzimas utilizadas en el sistema digestivo. Azúcares incluyendo algunos polisacáridos importantes para el mejoramiento del sistema inmunológico y contiene también agentes antiinflamatorios y antimicrobianos (Vega & Diaz, 2005).

#### **2.5.1.4 La hoja de sábila como componente de un alimento funcional**

En general, todos los alimentos funcionales son apreciados al ser considerados como promotores de la salud. Asimismo, los alimentos funcionales se distinguen por ser un aporte a la salud en cuanto contiene sustancias químicas que contribuyen a prevenir ciertas enfermedades crónicas no transmisibles; reducen el riesgo de algún tipo de anomalías de carácter fisiológico y, en general contribuyen al buen estado de salud del individuo que le permite mejorar su calidad de vida (Vega et al., 2005).

Por las investigaciones científicas realizadas sobre la composición y las propiedades del Aloe vera, donde se demuestra que posee características y propiedades específicas y beneficiosas para la salud y nutrición humana, es que puede ser considerado como materia prima o ingrediente principal en la elaboración de alimentos funcionales. Consecuentemente, se convierte en una excelente fuente de productos químicos nutricionales para el desarrollo y comercialización de nuevos productos para la industria de alimentos funcionales (Vega et al., 2005).

#### **2.5.1.5 Beneficios para la salud del consumo de la pulpa de sábila**

Según (Morillo, 2009), “se han estudiado a los polisacáridos presentes en la hoja y se encontró que tienen una actividad inmuno moduladora, de forma que actúan sobre el sistema inmunológico como complemento” (Pág. 14).

Uno de estos polisacáridos, induce la proliferación de células fibroblásticas y aumenta la proporción de la actividad metabólica y replicación celular, ambos pasos se consideran fundamentales a la hora de eliminar infecciones víricas y de la curación de quemaduras, úlceras y otras heridas causadas en la piel y las mucosas (Morillo, 2009).

Según (Morillo, 2009), dice que: “la bradiquinasa juega un importante papel en el sistema natural de regulación de la presión sanguínea, además de reducir el dolor y disminuir la dilatación de los vasos sanguíneos, por lo que es un buen antiinflamatorio” (Pág. 14).

## **2.5.2 Insumos en la elaboración de gomas masticables con pulpa de sábila y stevia**

Los insumos para la elaboración de gomas masticables con pulpa de sábila y stevia, se detallan a continuación:

### **2.5.2.1 Azúcar o sacarosa**

El azúcar es el nombre común por el cual se conoce a la sacarosa, siendo su fórmula química  $C_{12}H_{22}O_{11}$ , ésta se encuentra compuesta por dos moléculas, una de fructosa y la otra de glucosa, por lo general la forma más común de obtenerla es a partir de la caña de azúcar y la remolacha, mediante un proceso de cristalización del néctar de dichas plantas. Esta sustancia es de tipo sólida y cristalina, cuenta además con una tonalidad blanca, se encuentra englobada en lo que son los hidratos de carbono caracterizándose por tener un sabor dulce (USAID, 2006).

Los azúcares se emplean en la elaboración de gomas en primer lugar, como edulcorantes. Los azúcares no solo afectan el sabor sino también el aspecto y la textura de los alimentos. La contribución de los azúcares a la viscosidad es importante para la consistencia, el cuerpo y la sensación que producen en la boca los productos gelificados. El alto índice de refracción de las soluciones de azúcar concentradas es el responsable del aspecto brillante en las gelatinas, dulces y jaleas. La textura de los productos de confitería se basa a menudo en la presencia de fases de azúcar sólidas en estado cristalino o amorfo (Berk, 1980).

### **2.5.2.2 Gelatina sin sabor**

Según (Aspinall, 1982) nos dice que: “La gelatina, es un coloide gel (es decir, una mezcla semisólida a temperatura ambiente), incolora, translúcida, quebradiza e insípida, se obtiene a partir del colágeno procedente del tejido conectivo de animales, hervido en agua” (Pág. 412).

Según (Madrid & Cenzano, 1994), expone que: “los gelificantes se utilizan en la elaboración de gomas porque impiden el cambio de forma o naturaleza química de los productos alimenticios a los que se incorporan, inhibiendo reacciones y manteniendo el equilibrio químico de los mismos” (Pág. 121).

Es un agente que sirve para aumentar la viscosidad, para hacer cuajar los alimentos como postres de gelatinas, por ello y más la gelatina es el agente gelificante más efectivo en el uso dentro de la confitería. Muchas proteínas se desnaturalizan con el calor, pero la gelatina tiene un alto contenido de prolina la cual no se desnaturaliza (Charley, 1987).

### **2.5.2.3 Goma xantana**

La goma xantana o xantano es un polisacárido extracelular producido por la bacteria *Xanthomonas campestris*. El aspecto físico del xantano es el de un polvo color crema que se disuelve en agua caliente o fría produciendo soluciones de viscosidad relativamente alta a concentraciones bajas. La viscosidad es alta en un amplio intervalo de concentraciones y las soluciones son estables en un amplio rango de pH, concentración de sales y temperaturas (Slodki, 1998).

“El polímero produce un gran efecto sobre propiedades como la textura, liberación de aroma y apariencia, que contribuyen a la aceptabilidad del producto. También se utiliza como aditivo para añadir elasticidad a las masas hechas de harinas sin gluten” (Cottrell, 1998. Pág. 571).

### **2.5.2.4 Bisulfito de sodio**

“El bisulfito sódico es uno de los conservantes químicos más utilizados en la industria alimentaria, su fórmula química es  $\text{NaHSO}_3$ . Se trata de una sal ácida muy inestable. Es empleado en la industria alimentaria como conservante y figura como E-222” (De Long, 1992. Pág. 210).

“Las gomitas, están expuestas a ser asiento de proliferaciones indeseables, debido a su elevado contenido de agua especialmente de mohos y de levaduras, Esto puede hacer necesario proteger estos productos por la adición de conservantes” (Multon, 2000. Pág. 9).

#### **2.5.2.5 Ácido cítrico**

El ácido cítrico es un ácido orgánico débil, tribásico, ya que tiene tres grupos COOH que pueden reaccionar con tres moléculas de base. Comúnmente existe en forma anhidra (sin agua) o como monohidrato (con una molécula de agua). El ácido cítrico forma fácilmente complejos de citratos con cationes metálicos (NIOSH, 2015).

El ácido cítrico es apreciado por su sabor, su aporte en el brillo, su calidad conservadora y su capacidad de actuar como amortiguador de pH. Por estas razones, el ácido cítrico se encuentra en la lista de ingredientes de muchos de los alimentos procesados como las gomitas (NIOSH, 2015).

#### **2.5.2.6 Colorante alimenticio natural rojo**

Los colorantes son sustancias que pueden tener un origen natural o artificial y que se usan para potenciar el color de algunos alimentos, bien debido a que el alimento ha sufrido pérdida de color durante el tratamiento industrial o bien para hacerlo más atractivo. Podría definirse igualmente con aquellas sustancias que añaden color a un alimento incluyendo componentes naturales (Madrid & Cenzano, 1994).

En la elección de los colorantes hay que tener en consideración varios factores: color e intensidad buscada, adecuación con la nota aromática del producto, solubilidad en el medio, sensibilidad al pH, a la temperatura, a la luz. Se incorporan, en general, después de las operaciones de cocción, al comienzo de la fase de enfriamiento, las masas deben ser lo suficientemente maleables o fluidas para que los colorantes se dispersen fácilmente en ellas (Multon, 2000).

### **2.5.2.7 Saborizante (esencia de mora)**

Los saborizantes o esencias son preparados de sustancias que contienen los principios sávido-aromáticos, extraídos de la naturaleza (vegetal) o sustancias artificiales, capaces de actuar sobre los sentidos del gusto y del olfato, pero no exclusivamente, ya sea para reforzar el propio (inherente del alimento) o transmitiéndole un sabor y/o aroma determinado, con el fin de hacerlo más apetitoso (Multon, 2000).

Según (Morillo, 2009), dice que: “la sábila tiene por naturaleza un sabor neutro y muy ligeramente salado, por el mismo motivo es necesaria la adición de un saborizante externo o algún tipo de esencia para hacer al producto más atractivo al consumidor” (Pág. 31).

### **2.5.2.8 Stevia en polvo**

La estevia refinada es la extracción de la parte más dulce y menos amarga de la hoja de stevia, el rebaudiósido y esteviósido, no tiene beneficios para la salud, pero es dulce. El polvo blanco de stevia son los extractos de los compuestos que hacen dulce a la estevia y por lo tanto todos los otros compuestos que tiene la planta son desechados (Hanson et al., 1993).

La stevia en forma de polvo blanco es alrededor de 200 veces más dulce que el azúcar. Su sabor es más dulce que la hoja verde molida. No tiene calorías ni azúcar. Este formato es muy cómodo para endulzar nuestro café, infusiones, té o postres (Soejarto et al., 1982).

Los extractos de glucósidos de steviol, tienen hasta 300 veces el dulzor del azúcar, el gusto de stevia tiene un comienzo lento y una duración más larga que la del azúcar, debido a que la stevia tiene un efecto insignificante en la glucosa en sangre. es un muy buen sustituto del azúcar para los productos bajos en calorías (McCaleb, 1997).



## **2.6 Operaciones unitarias utilizadas durante la elaboración de gomas masticables con pulpa de sábila y stevia**

Las operaciones unitarias utilizadas en el proceso de elaboración de gomas masticables con pulpa de sábila y stevia se detallan a continuación.

### **2.6.1 Emulsificación sólido - líquido**

Según (Castelló, 2017), nos presenta a la emulsificación como “Operación unitaria cuyo objetivo es tratar a dos o más componentes de forma que cada unidad (partícula, molécula, etc.) de uno de los componentes contacte lo más posible con las de los demás” (Pág. 7).

La operación de emulsificación es una operación unitaria que se lleva a cabo por medios mecánicos y que es ampliamente utilizada en el procesado de alimentos, o de otros ámbitos en los que se pretenda obtener una combinación de distintos componentes. La emulsificación es sumamente importante cuando se trata de la elaboración de algunos alimentos en los que la concentración de sus componentes debe cumplir con normas o legislación (Castelló, 2017).

#### **2.6.1.1 Factores que afectan a la emulsificación**

Los principales factores que afectan a la operación unitaria de emulsificación son los siguientes.

##### **2.6.1.1.1 Tamaño de la partícula**

El tamaño de partícula es el factor que más influye en la emulsificación uniforme de los alimentos, aunque también hay que considerar su densidad, forma, higroscopicidad, adhesividad, susceptibilidad a cargas electrostáticas. En diversos estudios se ha demostrado que conforme se incrementa el tamaño de partícula, se requiere más tiempo

para obtener una emulsificación uniforme (con menos de un 10% de coeficiente de variación entre muestras). Sin embargo, en la práctica es necesario mezclar partículas con un amplio rango de tamaños (Castelló, 2017).

#### **2.6.1.1.2 Tiempo de emulsificación**

La homogeneidad de una mezcla depende del tiempo de emulsificación, no aumenta indefinidamente con el tiempo, sino que existe un tiempo de emulsificación óptimo. Esto se debe a que durante el proceso de mezcla compiten mecanismos de mezclado y desmezclado o segregación de componentes (Colina, 2016).

### **2.7 La gelificación**

La palabra “jelly” que significa jalea o gelatina, apareció por primera vez en el siglo XIV, y fue derivado del francés gelée, que significa helado. El término científico de la palabra “gel” fue introducido por Thomas Graham en 1869, quien fue el padre de la química de coloides. Desde ese momento, muchas definiciones de gel han sido dadas por la literatura. Hace 20 años se definió como “un sistema de características sólidas, en la cual las partículas coloidales de alguna manera constituyen una estructura coherente” (Alting, 2003).

La gelificación es una importante propiedad comúnmente usada en la industria alimenticia. Las dos teorías que más se han utilizado para interpretar los resultados experimentales de estudios en geles son: la teoría clásica desarrollada por Flory & Stockmayer (1953; 1974), y la teoría de la percolación, desarrollada por de Gennes (1979). Estas dos teorías son capaces de predecir un punto crítico en el cual se produce un cluster infinito. Según el modelo de Flory & Stockmayer, la gelificación es un evento súbito que ocurre cuando es alcanzado un valor crítico de entrecruzamiento en el polímero, llamado punto gel, en el cual la viscosidad diverge a infinito. En la teoría de la percolación se asume que los monómeros forman agregados pequeños y que, en un cierto punto, se llega al punto gel en el cual los agregados se entrecruzan (Martinez, 2010).

### **2.7.1 Gel**

Los geles son soluciones acuosas o dispersiones de carbohidratos o proteínas de alto peso molecular, que están unidas en una red molecular interconectada que extiende el volumen de líquido del medio, la gelificación involucra la agregación de partículas coloidales. Hay una aceptación de que los geles presentan estructuras ramificadas tridimensionales más o menos coherentes que retienen el componente líquido y confiere elasticidad y rigidez al sistema como un todo (Stading, 1991).

En los geles alimenticios este líquido es invariablemente agua, la red molecular consiste de proteínas y polisacáridos o una combinación de los dos. Las propiedades del gel son los resultados netos de las complejas interacciones entre el solvente y la red molecular. El agua, como solvente, influencia la naturaleza y la magnitud de las fuerzas intermoleculares que mantienen la integridad de la red del polímero; la red del polímero mantiene el agua, previniendo que ésta fluya (Oakenfull et al., 1997).

### **2.7.2 Características de las proteínas relevantes en la gelificación**

Para formar un gel, los materiales alimenticios deben contener moléculas capaces de formar uniones en tres dimensiones. Por su química, las proteínas tienen muchas ventajas para este propósito. Las propiedades de las proteínas importantes en la gelificación son la flexibilidad, incluyendo su habilidad para desnaturalizar y dar cadenas extendidas, y especialmente, su habilidad para formar redes extensas por entrecruzamiento. Es por esto que para lograr la gelificación de las proteínas se debe lograr un desplegamiento parcial o total de las moléculas proteicas (Turgeon, 2001).

### **2.7.2.1 Desnaturalización de las proteínas**

La desnaturalización de las proteínas globulares es un prerrequisito para “activar” la funcionalidad deseada y proporcionar las propiedades sensoriales y texturales esperadas en los alimentos. Durante la desnaturalización, las proteínas se someten a un desplegamiento de sus estructuras tridimensionales para dar cadenas extendidas, pero sin ruptura de uniones covalentes. Debido a esto, se altera el balance entre las diferentes fuerzas que mantienen a la proteína en su estado nativo, como interacciones electrostáticas, puentes hidrógeno, puentes disulfuro, interacción dipolo-dipolo, interacciones hidrofóbicas, etc. (Alting, 2003).

La desnaturalización expone, al menos, algunos grupos de las partes hidrofóbicas de la molécula al solvente. Cuando los aminoácidos no polares con grupos antes ocultos son expuestos a través del desplegamiento o reacomodamiento de la estructura molecular, las interacciones intermoleculares toman lugar. Así, las regiones de la molécula originalmente involucrada en mantener la estructura de la proteína nativa, se vuelve disponible para uniones intermoleculares (Perez, 2006).

La desnaturalización completa no es necesaria para que ocurra la formación del gel, es más, a menudo proteínas completamente desnaturalizadas forman precipitados insolubles por la gran cantidad de interacciones hidrofóbicas y puentes hidrógenos entre cadenas desplegadas. La gelificación ocurre especialmente en el límite de la agregación y la solubilidad. (Hermansson, 1978).

### **2.7.3 Inducción de la gelificación**

“El mecanismo aceptado clásicamente para describir la desnaturalización térmica y agregación de proteínas globulares es el siguiente” (Baeza, 2001. Pág. 45).

1. Primero se produce un debilitamiento y ruptura de uniones disulfuro e hidrógeno, que altera la conformación nativa de las proteínas, esta reacción es favorecida durante el calentamiento a pH neutro. Si el calentamiento prosigue se produce la ruptura de uniones no covalentes y exposición de grupos tiol y

grupos hidrofóbicos, que estaban previamente en el interior de la molécula (Baeza, 2001).

2. Una vez expuestos estos grupos, ocurre agregación de las proteínas desplegadas mediante interacciones entre los grupos expuestos. La agregación de la proteína depende principalmente de su concentración y del pH. Si el tiempo de calentamiento y la concentración de la proteína son suficientes, se promueve la polimerización de las proteínas desplegadas para producir una estructura tridimensional (gel). La estabilidad de las estructuras de proteínas surge de la combinación de uniones covalentes con interacciones no covalentes (Baeza, 2001).

#### **2.7.4 Interacciones hidrofóbicas durante la gelificación**

Son muy importantes en la agregación y formación del gel. Los puentes electrostáticos pueden ser más fuertes que otras uniones no covalentes, pero su existencia es determinada por el pH y concentración de sales (fuerza iónica). La formación de la red tridimensional final implica también enlaces puente hidrógeno, que se favorecen durante el enfriamiento. Por esto mismo, las fuerzas involucradas en mantener el estado nativo de las proteínas también son las responsables de la formación de agregados (Boye, 1997).

#### **2.7.5 Métodos de gelificación**

Si bien la gelificación inducida por calor es el método más comúnmente estudiado para obtener geles las proteínas pueden ser desnaturalizadas en diferentes modos. Se ha estudiado también la gelificación mediante tratamiento con alta presión y por procesos en frío inducidos por sales o ácidos (Tombs, 1974).

Este último método de obtención requiere de dos pasos, uno para desnaturalizar parcialmente a las proteínas y otro para inducir la reticulación de la red del gel.

También se han estudiado métodos químicos, como la utilización de enzimas transglutaminasas (Tombs, 1974).

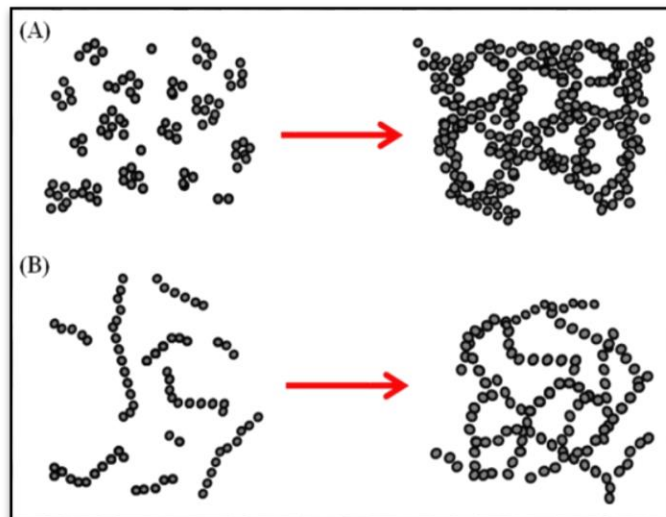
### 2.7.6 Estructura de la red del gel

Según (Turgeon, 2001), la estructura de la red del gel va a estar influenciada por tres factores:

1. Condiciones del medio ambiente: pH, fuerza iónica, cantidad de minerales
2. Composición proteica: grado de desnaturalización y concentración.
3. Condiciones de procesamiento: velocidad de calentamiento-enfriamiento

### 2.7.7 Proteínas globulares

Las proteínas globulares se pueden agregar y formar una red de gel en sólo dos modos. Una es por agregación de proteínas globulares al azar que pueden dar una estructura de red puramente estadística y la otra es por una agregación más ordenada que da lugar a una estructura de red tipo “collar de perlas” (Tombs, 1974). En la figura 2.2 se puede observar los tipos de geles formados a partir de proteínas globulares.



Fuente: Tombs, 1974

**Figura 2.2** Tipos de geles formadas a partir de proteínas globulares

En condiciones más favorables a la desnaturalización o desdoblamiento de la proteína que a la agregación de la misma (pH por encima o por debajo del pH de la proteína, fuerzas iónicas débiles) se liberan los grupos tiol internos y se promueve la formación o intercambio de uniones disulfuro entre moléculas vecinas, lo que lleva a la formación de agregados lineales. Estos geles se llaman de filamentos finos. Este nombre deriva de la observación de estos geles mediante microscopía electrónica de transmisión, donde de la microestructura se distingue como hebras de varias longitudes con diámetros de una a varias moléculas (Foegeding, 2010).

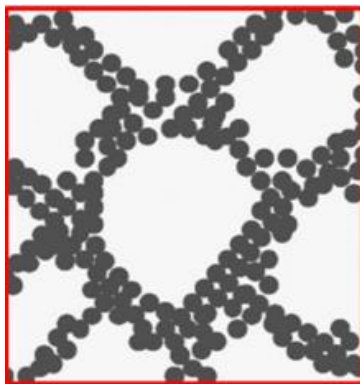
“Así, los geles de filamentos finos están formados por una red muy ordenada de moléculas de proteína y el grosor de los filamentos es muy pequeño de tal forma que estos geles son transparentes” (Foegeding, 2010. Pág 15). En la figura 2.3 se puede observar los geles transparentes de filamentos finos:



**Fuente:** Foegeding, 2010

**Figura 2.3** Geles transparentes de filamentos finos

Los geles opacos se forman cuando las fluctuaciones en la densidad del polímero se acercan al tamaño macroscópico y efectivamente dispersa la luz. Tales redes están caracterizadas por regiones de alta concentración de polímeros separadas por regiones casi desprovistas de los mismos (Foegeding, 2010. Pág 15). En la figura 2.4 se puede observar los geles opacos formados por filamentos gruesos:



**Fuente:** Foegeding, 2010

**Figura 2.4** Geles opacos de filamentos gruesos

### **2.7.8 Geles mixtos proteína/polisacárido**

Casi todos los geles alimenticios contienen mezclas complejas de diferentes proteínas o proteínas en combinación con polisacáridos. Las propiedades físicas y fisicoquímicas de estos productos pueden ser bien aproximadas por sistemas gelificantes mixtos, donde la combinación de proteínas nativas o desnaturalizadas con polisacáridos aniónicos o neutros dan un gran número de geles mixtos con diferentes propiedades físicas y estructurales (Tolstoguzov, 2000).

La presencia de polisacáridos puede disminuir la concentración de proteína mínima necesaria para gelificar, disminuir la temperatura o tiempo de gelificación respecto a los geles de proteína sola, modificar la textura de los geles obtenidos, producir cambios en la microestructura y apariencia del gel resultante, y modificar la capacidad de retención de agua del mismo (Tolstoguzov, 2000).



“En sistemas en solución, la interacción entre proteínas y polisacáridos puede resultar en una de las siguientes consecuencias” (Tolstoguzov, 2000. Pág 43):

### 1. **Co-solubilidad**

En donde no hay interacción significativa entre las dos clases de moléculas poliméricas y ambas coexisten en solución.

### 2. **Incompatibilidad**

Donde la repulsión entre los dos tipos de polímeros causa la formación de fases separadas.

### 3. **Acomplejamiento**

Donde la atracción entre las dos moléculas causa la formación de una sola fase o precipitado.

La co-solubilidad generalmente se observa cuando ambos biopolímeros se encuentran en concentraciones diluidas. El acomplejamiento se produce en sistemas polianión-policación, donde los dos polímeros se pueden asociar en una sola fase y/o formar un precipitado, según las concentraciones de ambos. La incompatibilidad se produce cuando hay una repulsión neta entre los dos biopolímeros, y se favorece la interacción biopolímero-solvente, en vez de biopolímero-biopolímero y solvente-solvente (Tolstoguzov, 2000).

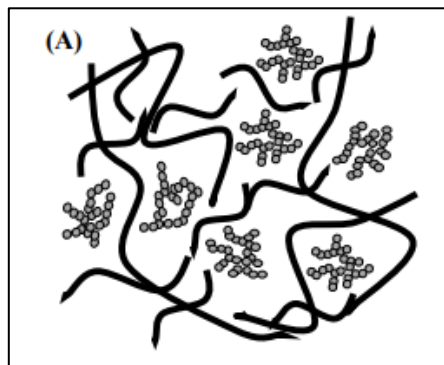
Los geles de proteínas y polisacáridos puros forman estructuras características a cada uno de ellos, mientras que cuando se forman geles mixtos se producen cambios en la estructura del gel mediante distintos mecanismos según las concentraciones relativas de cada uno de ellos y las condiciones del medio. Cuando los componentes del sistema mixto son gelificantes, los geles obtenidos pueden ser de tres tipos (Morris, 1986).

A. Redes acopladas

B. Redes interpenetrantes

### C. Redes de fases separadas

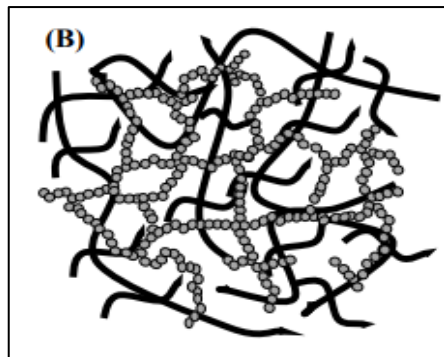
- a) Las redes acopladas se forman en presencia de interacciones intermoleculares favorables entre los diferentes tipos de polímeros. En la figura 2.5 se observa las formas que tienen las redes acopladas.



**Fuente:** Morris, 1986

**Figura 2.5** Redes acopladas

- b) Las redes interpenetrantes se forman cuando las componentes de una mezcla gelifican separadamente y se forman dos redes independientes. Ambas redes son continuas a lo largo de la muestra, pero cualquier interacción entre ellas es sólo topológica. En la figura 2.6 se observa las formas que tienen las redes interpenetrantes.

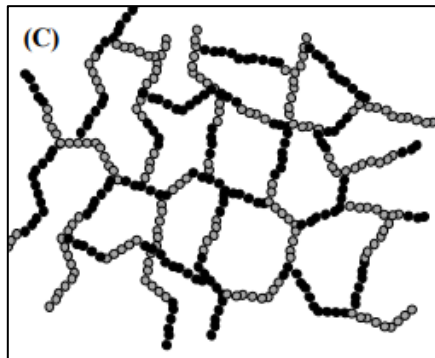


**Fuente:** Morris, 1986

**Figura 2.6** Redes interpenetrantes

- c) Las redes de fases separadas son las más usuales y se dan cuando hay incompatibilidad termodinámica, que sucede por el mecanismo explicado anteriormente. La separación de fases compite con la gelificación, cuando la

mezcla de proteínas globulares y polisacáridos se somete a tratamiento térmico. El sistema resultante es un gel que puede parecer homogéneo a nivel macroscópico, pero es heterogéneo a nivel microscópico. Así, la microestructura final obtenida es un balance entre la separación de fases y el proceso de gelificación. En la figura 2.6 se observa las formas que tienen las redes de fases separadas.



**Fuente:** Morris, 1986

**Figura 2.7** Redes de fases separadas



**CAPÍTULO III**

**DISEÑO**  
**METODOLÓGICO**

### **3.1 Desarrollo de la parte experimental**

La parte experimental del presente trabajo de investigación “Elaboración de gomas masticables con pulpa de sábila y stevia”, se realiza en el Laboratorio Taller de Alimentos (L.T.A.); de la Carrera de Ingeniería de Alimentos perteneciente a la Facultad de Ciencias y Tecnología, dependiente de la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”. Tarija-Bolivia.

### **3.2 Equipos de proceso, instrumentos de laboratorio y utensilios de cocina**


Durante la realización de la parte experimental, se utiliza utensilios y equipos que se dispone en el Laboratorio Taller de Alimentos (L.T.A.); los cuales son:

#### **3.2.1 Equipos**

Los equipos que se utiliza en el presente trabajo de investigación se describen a continuación:

##### **3.2.1.1 Cocina industrial**

En la figura 3.1 se muestra las características generales de la cocina industrial utilizada para facilitar el proceso de emulsificación del jugo de sábila con los demás componentes.


	Numero de hornallas	2
	Consumo	1500Kcal/h
	Conexión	Gas
	Material	Acero inoxidable
	Industria	Boliviana

**Fuente:** LTA, 2019

**Figura 3.1** Cocina industrial

### 3.2.1.2 Licuadora

En la figura 3.2 se muestra las características generales de la licuadora utilizada durante el procesamiento de los trozos de sábila.


	Energía	400W
	Consumo	343,94Kcal/h
	Capacidad	1,5L
	Material de la Jarra	Cristal de soda de lima
	Industria	Japonesa

**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 3.2** Licuadora

### 3.2.1.3 Envasadora al vacío

En la figura 3.3 se muestra las características generales de la envasadora al vacío utilizada para el envasado.

	Tipo	Ehrlich
	Modelo	Polinox 2013
	Serie	PEV-5064
	Capacidad	3 ciclos

**Fuente:** LTA, 2019


**Figura 3.3** Envasadora al vacío

### 3.2.2 Instrumentos de laboratorio

Los instrumentos que se utiliza en el proceso de elaboración de gomas masticables con pulpa de sábila y stevia, se detallan a continuación.

#### 3.2.2.1 Balanza digital

En la figura 3.4 se muestra las características generales de la balanza digital utilizada para determinar los pesos de la materia prima e insumos.

	Marca	Mettler Toledo	
	Capacidad (g)	Máx. 1510g	e 0,1
		Min. 0,5g	d 10mg
	Potencia	5W	
Frecuencia	50/60 Hz		
Industria	Suiza		


**Fuente:** LTA, 2019

**Figura 3.4** Balanza digital

#### 3.2.2.2 Refractómetro

En la figura 3.5, se muestra las características generales del refractómetro utilizado para medir los °Brix de la mezcla.




	Marca	VEE GEE
	Modelo	Bx-2
	Medidas	20x4cm
	Precisión	0,2°Brix
	Rangos	28-62°Brix
	Operación	Manual
	Industria	China

**Fuente:** LTA, 2019

**Figura 3.5** Refractómetro

### 3.2.2.3 Balanza infrarroja

En la figura 3.6, se muestra las características generales de la balanza infrarroja que se utiliza para medir el contenido de humedad final de las gomas masticables con pulpa de sábila y stevia.


	Marca	Sartorius
	Modelo	MA100
	Rango de temperatura	30 – 200°C
	Capacidad de pesado	100g
	Legibilidad del aparato	1 mg/0,1 mg 0,001% humedad
	Diámetro de platillo	90mm
	Duración de secado	6seg hasta 999min

**Fuente:** LOU, 2019

**Figura 3.6** Balanza infrarroja

### 3.2.2.4 Reómetro

En la figura 3.7, se muestra las características generales del reómetro que se utiliza para medir la viscosidad durante la emulsificación de las gomas masticables con pulpa de sábila y stevia.

	Marca	Raypa
	Modelo	RP1
	Rango de temperatura	15° C a +180°C
	Precisión	<0.5 % del valor absoluto
	Velocidad	0,3rpm a 200rpm
	Cantidad de usillos	6
	Rango de medición	2000mPas a 40000mPas

**Fuente:** LOU, 2019

**Figura 3.7** Reómetro

### 3.2.3 Material de laboratorio

El material de laboratorio que se utiliza durante el desarrollo del trabajo de investigación, se detalla en la tabla 3.1.

**Tabla 3.1**

*Material de laboratorio*

Material	Cantidad	Capacidad	Tipo de material
Termómetro de alcohol	1	-10°C a 100°C	Vidrio
Pipeta	1	20 ml	Vidrio
Vidrio Reloj	1	Mediano	Vidrio
Espátula	1	Mediana	Metálico
Vasos de precipitación	3	250 ml	Vidrio

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.2.4 Utensilios de cocina

Los utensilios de cocina que son necesarios para la elaboración de gomas masticables con pulpa de sábila y stevia, se detallan en la tabla 3.2.

**Tabla 3.2**

*Utensilios de cocina*

Utensilios	Cantidad	Tipo de material
Fuentes	2	Acero inoxidable
Jarra	1	Plástico
Cuchillos	2	Acero inoxidable
Ollas	2	Acero inoxidable
Tabla de cortar	1	Madera
Paletas	2	Acero inoxidable
Cucharas	2	Acero inoxidable
Molde	1	Silicona

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.3 Reactivos e insumos alimentarios

Los reactivos e insumos alimentarios necesarios para la elaboración de gomas masticables con pulpa de sábila y stevia, se detallan a continuación:

#### 3.3.1 Reactivos de grado alimenticio

Los reactivos que se utiliza para la elaboración de gomas masticables con pulpa de sábila y stevia, se detallan a continuación en la tabla 3.3.

**Tabla 3.3**

*Reactivos químicos de grado alimenticio*

Reactivo	Estado	Procedencia	Marca
Bisulfito de sodio	Sólido	Bolivia	SOLQUIFAR
Ácido cítrico	Sólido	Bolivia	SOLQUIFAR

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.3.2 Insumos alimentarios

Los insumos alimentarios que se utiliza durante el proceso de elaboración de gomas masticables con pulpa de sábila y stevia, se detallan en la tabla 3.4.

**Tabla 3.4**

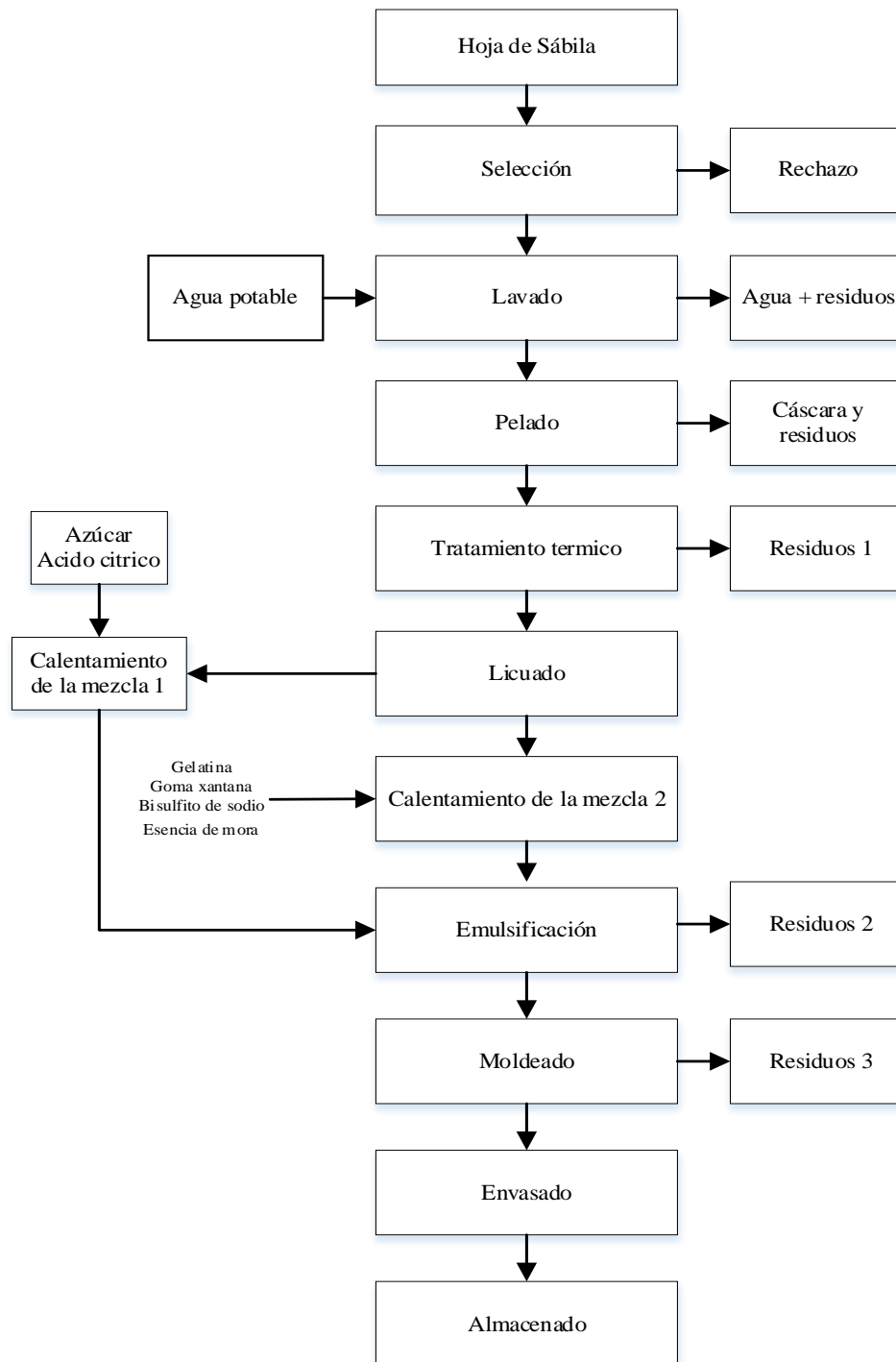
*Insumos alimentarios*

Insumos	Estado	Procedencia	Marca
Gelatina de 250Bloom	Sólido	Bolivia	SOLQUIFAR
Azúcar blanca	Sólido	Bolivia	IABSA
Goma xantana	Sólido	Bolivia	SOLQUIFAR
Esencia de mora	Líquido	Perú	INALIM
Colorante rojo frutilla	Sólido	Bolivia	SOLQUIFAR
Colorante amarillo limón	Sólido	Bolivia	SOLQUIFAR
Colorante verde menta	Sólido	Bolivia	SOLQUIFAR

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.4 Descripción del proceso de elaboración de gomas masticables con pulpa de sábila y stevia

En la figura 3.8, se muestra el diagrama del proceso de elaboración de gomas masticables con pulpa de sábila y stevia.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 3.8** Diagrama de proceso de elaboración de gomas masticables con pulpa de sábila y stevia

### **3.4.1 Descripción del diagrama de proceso de elaboración de gomas masticables con pulpa de sábila y stevia**

Las etapas implicadas en la elaboración de gomas masticables con pulpa de sábila y stevia, se detallan a continuación:

#### **3.4.1.1 Hoja de sábila**

La materia prima que se utiliza son hojas de sábila frescas de la variedad Aloe Arístata y se adquirieron en el Mercado Campesino de la ciudad de Tarija.

#### **3.4.1.2 Selección**

La selección consiste en clasificar las hojas de sábila de forma manual y se realiza de manera objetiva y directa, separando aquellas que se encuentran dañadas o podridas.

#### **3.4.1.3 Lavado**

El proceso de lavado consiste en colocar las muestras de hojas de sábila, en una fuente de forma manual para lo cual se utiliza agua potable a temperatura ambiente (25+/- 1)°C; con el propósito de eliminar tierra e impurezas que se encuentran adheridas en la cáscara.

#### **3.4.1.4 Pelado**

El pelado de las hojas de sábila se realiza de forma manual, consiste en utilizar un cuchillo de acero inoxidable; con la finalidad de separar la cáscara de la pulpa.

#### **3.4.1.5 Tratamiento térmico**

El tratamiento térmico de las hojas de sábila, consiste en introducirlas en agua a una temperatura de 80°C, por un tiempo de 3 minutos. Después del tratamiento térmico, se introducen en agua a 4°C durante 5 minutos.

#### **3.4.1.6 Licuado**

Una vez enfriados los trozos de sábila, se introducen en la licuadora para procesarlos durante 2 minutos y así obtener un jugo de sábila sin agregar agua.

#### **3.4.1.7 Calentamiento de la mezcla 1**

Se separa el 30% del total de jugo de sábila licuado en una olla de acero inoxidable y se adiciona el azúcar (30%) y el ácido cítrico (0,75%); cuyas concentraciones representan la relación a la cantidad total de jugo, la mezcla se calienta hasta 90°C agitando de forma manual con una paleta.

#### **3.4.1.8 Calentamiento de la mezcla 2**

Al 70% restante del total de jugo de sábila licuado, se coloca en una olla de acero inoxidable y se adiciona gelatina (15%), goma xantana (1,5%), bisulfito de sodio (0,05%), esencia de mora (0,25%) y colorante rojo frutilla (0.005%); cuyas concentraciones representan la relación a la cantidad total de jugo, la mezcla se calienta hasta 60°C agitando de forma manual con una paleta.

#### **3.4.1.9 Emulsificación**

Una vez formado el caramelo y diluida la gelatina se realiza una emulsificación entre ambos de forma manual con una paleta, durante un tiempo de 2 minutos hasta formar una mezcla completamente homogénea.

#### **3.4.1.10 Moldeado**

Se procede a vaciar en un molde de silicona con forma de “ositos”; de forma manual y rápida para evitar que al bajar la temperatura se gelifique la mezcla. Una vez rellenos los moldes hasta el borde se procede a dejar reposar por un tiempo de 16 horas a 25°C.

#### **3.4.1.11 Envasado**

Para realizar el proceso de envasado, se procede a introducir las gomas en envases de polietileno, previamente acondicionados. Posteriormente, se realiza el sellado de las bolsas con la ayuda de una envasadora con el fin de evitar el contacto de las gomas masticables con pulpa de sábila y stevia con el medio ambiente.

#### **3.4.1.12 Almacenado**

El producto se almacena en un lugar fresco y seco con el fin de protegerlo de la luz, calor y agentes contaminantes como insectos y/o microorganismos.

### **3.5 Metodología para la obtención de resultados**

La metodología utilizada para la obtención de los resultados experimentales en el presente trabajo de investigación se detalla a continuación:

#### **3.5.1 Propiedades físicas de las hojas de sábila**

La determinación de las propiedades físicas de las hojas de sábila, se realiza en el Laboratorio Taller de Alimentos (L.T.A.); de la Carrera de Ingeniería de Alimentos perteneciente a la Facultad de Ciencias y Tecnología, dependiente de la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”, Tarija - Bolivia, utilizando 15 hojas enteras. En la tabla 3.5, se muestran las propiedades físicas que se determinaron en la hoja de sábila (Aloe Vera).



**Tabla 3.5***Propiedades físicas de la sábila*

Parámetros	Unidades
Peso	g
Grosor	cm
Ancho superior	cm
Ancho inferior	cm
Largo	cm
Porción utilizable para el proceso	%
Porción sobrante	%

**Fuente:** Elaboración propia

**3.5.2 Análisis fisicoquímico de la hoja de sábila**

El análisis fisicoquímico de las hojas de sábila, se realiza en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID); perteneciente a la Facultad de Ciencias y Tecnología, dependiente de la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”. Tarija - Bolivia. En la tabla 3.6 se muestra los análisis fisicoquímicos realizados en la hoja de sábila.

**Tabla 3.6***Análisis fisicoquímico de la hoja de sábila*

Parámetros	Técnica	Unidad
Calcio	Absorción atómica	mg/100g
Ceniza	NB 39034-10	%
Fibra	Gravimétrico	%
Grasa	NB 313019:06	%
Hidratos de Carbono	Cálculo	%
Humedad	NB 313010:05	%
Magnesio	SM 3500-Mg B	mg/100g
Potasio total	Absorción atómica	mg/100g
Proteína total (Nx6,25)	NB/ISO 8968-1:08	%
Valor energético	Cálculo	Kcal/100g

**Fuente:** CEANID, 2019

### 3.5.3 Análisis microbiológico de la hoja de sábila

El análisis microbiológico de las hojas de sábila se realiza en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID); perteneciente a la Facultad de Ciencias y Tecnología, dependiente de la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”. Tarija - Bolivia. En la tabla 3.7 se muestra los análisis microbiológicos realizados en la hoja de sábila.

**Tabla 3.7**

*Análisis microbiológico de la hoja de sábila*

Microorganismos	Técnica	Unidad
Escherichia coli	NB 32005:02	UFC/g
Salmonella	NB 32007:03	P/A

**Fuente:** CEANID, 2019

### 3.6 Evaluación sensorial de los alimentos

La evaluación sensorial de los alimentos es la disciplina científica utilizada para evocar, medir analizar e interpretar las reacciones a aquellas características de alimentos y otras sustancias, que son percibidas por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído (Hernández, 2005).

El catador y/o el consumidor final, emite un juicio espontáneo de lo que siente hacia una materia prima o un producto terminado, luego expresa la cualidad percibida y por último la intensidad. Entonces si la sensación percibida es buena de agrado o si por el contrario la sensación es mala, el producto no será aceptado, provocando una sensación de desagrado (Hernández, 2005).

En la tabla 3.8, se detallan las evaluaciones sensoriales que se lleva a cabo durante el trabajo de investigación con el objetivo de evaluar los diferentes atributos organolépticos de las gomas masticables con pulpa de sábila y stevia.

**Tabla 3.8**

*Evaluaciones sensoriales realizadas en la elaboración de gomas masticables con pulpa de sábila y stevia*

Ensayo 1: variación en las dosificaciones de gelatina y goma xantana				
Muestras	Atributos	Jueces	Escala	Test
M1	Olor	20 jueces no entrenados	Hedónica 5 puntos	Test 1 Anexo B-1
M2	Color			
M3	Textura			
M4	Sabor			
	Aceptabilidad			
Ensayo 2: variación en las dosificaciones de azúcar y stevia				
Muestras	Atributos	Jueces	Escala	Test
M5	Olor	20 jueces no entrenados	Hedónica 5 puntos	Test 2 Anexo B-2
M6	Color			
M7	Textura			
M8	Sabor			
	Aceptabilidad			
Ensayo 3: variación en la dosificación de esencia de mora				
Muestras	Atributos	Jueces	Escala	Test
M4	Olor	20 jueces no entrenados	Hedónica 5 puntos	Test 3 Anexo B-3
M5	Color			
M6	Textura			
	Sabor			
	Aceptabilidad			
Selección de muestra referencia de gomas masticables				
Muestras	Atributos	Jueces	Escala	Test
MR1	Olor	20 jueces no entrenados	Hedónica 5 puntos	Test 4 Anexo B-4
MR2	Color			
MR3	Textura			
	Sabor			
	Aceptabilidad			
Comparación del producto final con la muestra referencia				
Muestras	Atributos	Jueces	Escala	Test
MR1	Textura	20 jueces no entrenados	Comparación dúo trio 5 puntos	Test 5 Anexo B-5
M4	Sabor			

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.7 Caracterización de las gomas masticables con pulpa de sábila y stevia

En la caracterización las gomas masticables con pulpa de sábila y stevia, se realiza los siguientes análisis.

#### 3.7.1 Análisis fisicoquímico de las gomas masticables con pulpa de sábila y stevia

El análisis fisicoquímico del producto, se realiza en el Laboratorio de Aguas, Suelos, Alimentos y Monitoreo Ambiental (RIMH). Tarija - Bolivia. En la tabla 3.9 se muestra los análisis fisicoquímicos realizados en las gomas masticables con pulpa de sábila y stevia.

**Tabla 3.9**

*Análisis fisicoquímico de las gomas masticables con pulpa de sábila y stevia*

Parámetros	Métodología	Unidad
Humedad	Gravimetría	(%)
Cenizas (Base seca)	Gravimetría	(%)
Materia Seca	Gravimetría	(%)
Proteína total	Kherdahl	g/100g
Fibra	Gravimétrico	g/100g
Carbohidratos	Nomográfico	g/100g
Materia grasa	Soxhlet	g/100g
Valor Energético	Nomográfico	Kcal/100g
Calcio	Fotometría	mg/100g
Sodio	Fotometría	mg/100g
Magnesio	Cálculo	mg/100g
Potasio	Fotometría	mg/100g

**Fuente:** RIMH, 2019

#### 3.7.2 Análisis microbiológico de las gomas masticables con pulpa de sábila y stevia

El análisis microbiológico del producto, se realiza en el Laboratorio de Aguas, Suelos, Alimentos y Monitoreo Ambiental (RIMH). Tarija - Bolivia. En la tabla 3.10, se muestra los análisis microbiológicos realizados en las gomas masticables con pulpa de sábila y stevia.

**Tabla 3.10***Análisis microbiológico de las gomas masticables con pulpa de sábila y stevia*

Microorganismos	Metodología	Unidad
Coliformes fecales	Tubos múltiples	NMP/g
Coliformes totales	Tubos múltiples	NMP/g
E. coli	Membrana filtrante	NMP/g
Salmonela	P/A	-

**Fuente:** RIMH, 2019

### 3.8 Diseño experimental

El diseño experimental estudia procesos; considerando a un proceso como una caja negra a la cual ingresan diversas variables de entrada, éstas interactúan para producir un resultado, variable de salida óptima, la busca de combinaciones optimas de las variables de entrada da lugar al diseño experimental; en un experimento diseñado se realizan cambios sistemáticos y controlados a las variables de entrada de un proceso o sistema de manera que sea posible obtener e identificar las causas de los cambios en la respuesta de salida (Ramírez, 2010).

#### 3.8.1 Diseño factorial mixto de tres variables

Cuando se quiere investigar la influencia de tres factores (A, B y C) sobre una o más variables de respuesta y el número de niveles de pruebas en cada uno de los factores es a, b y c respectivamente, se puede construir el arreglo factorial  $a*b*c$  que consiste de  $a*b*c$  tratamientos o puntos experimentales (Gutiérrez, 2008).

Se tiene un diseño factorial mixto cuando los factores estudiados no tienen el mismo número de niveles. Por ejemplo, un diseño factorial  $(4 \times 3 \times 2)$  significa que se experimenta con tres factores, con 4, 3 y 2 niveles, respectivamente. El total de tratamientos es 24. El diseño factorial mixto es más frecuente que se utilice cuando, por su naturaleza discreta o categórica, los factores tienen un número finito y distinto de niveles, y el interés es estudiar todos los niveles. La otra razón, es la posibilidad de estudiar efectos de curvatura de los factores con más de dos niveles (Gutiérrez, 2008).

Las variables que se tiene en cuenta durante el proceso de emulsificación en la elaboración de gomas masticables con pulpa de sábila y stevia con estevia son: tiempo de emulsificación, concentración del jugo y concentración de la gelatina, se aplica un diseño factorial aleatorizado de 3 factores, según la ecuación 3.1

$$A \times B \times C \dots \quad (\text{Ecuación 3.1})$$

Compuesto de los siguientes niveles de variación para cada factor, como se muestra en la tabla 3.11.

**Tabla 3.11**

*Niveles de variación de los factores*

<b>Factores</b>	<b>Nivel de variación</b>
A( <b>Θ</b> ) Tiempo de emulsificación	(1-2-3) min
B( <b>J</b> ) Concentración del jugo	(50-55) %
C( <b>G</b> ) Concentración de la gelatina	(12-15) %

**Fuente:** Elaboración propia

Correspondiendo a un modelo experimental según la ecuación 3.2:

$$3 \times 2^2 = 3 \times 2 \times 2 = 12 \text{ corridas/pruebas} \quad (\text{Ecuación 3.2})$$

En la tabla 3.12, se muestra el arreglo matricial para la elaboración de gomas masticables con pulpa de sábila y stevia.

**Tabla 3.12**

*Matriz de diseño mixto de tres variables en la etapa de emulsificación durante la elaboración de gomas masticables con pulpa de sábila y stevia*

$\Theta$	<b>J</b>							
	<b>J1</b>				<b>J2</b>			
	<b>G</b>							
	<b>G1</b>		<b>G2</b>		<b>G1</b>		<b>G2</b>	
$\Theta 1$	$\Theta_1 J_1 G_1$	$H_1$	$\Theta_1 J_1 G_2$	$H_2$	$\Theta_1 J_2 G_1$	$H_3$	$\Theta_1 J_2 G_2$	$H_4$
	$\Theta_1 J_1 G_1$		$\Theta_1 J_1 G_2$		$\Theta_1 J_2 G_1$		$\Theta_1 J_2 G_2$	
$\Theta 2$	$\Theta_2 J_1 G_1$	$H_5$	$\Theta_2 J_1 G_2$	$H_6$	$\Theta_2 J_2 G_1$	$H_7$	$\Theta_2 J_2 G_2$	$H_8$
	$\Theta_2 J_1 G_1$		$\Theta_2 J_1 G_2$		$\Theta_2 J_2 G_1$		$\Theta_2 J_2 G_2$	
$\Theta 3$	$\Theta_3 J_1 G_1$	$H_9$	$\Theta_3 J_1 G_2$	$H_{10}$	$\Theta_3 J_2 G_1$	$H_{11}$	$\Theta_3 J_2 G_2$	$H_{12}$
	$\Theta_3 J_1 G_1$		$\Theta_3 J_1 G_2$		$\Theta_3 J_2 G_1$		$\Theta_3 J_2 G_2$	

**Fuente:** Elaboración propia

**Dónde:**

$\Theta$  = Tiempo de emulsificación (min.)

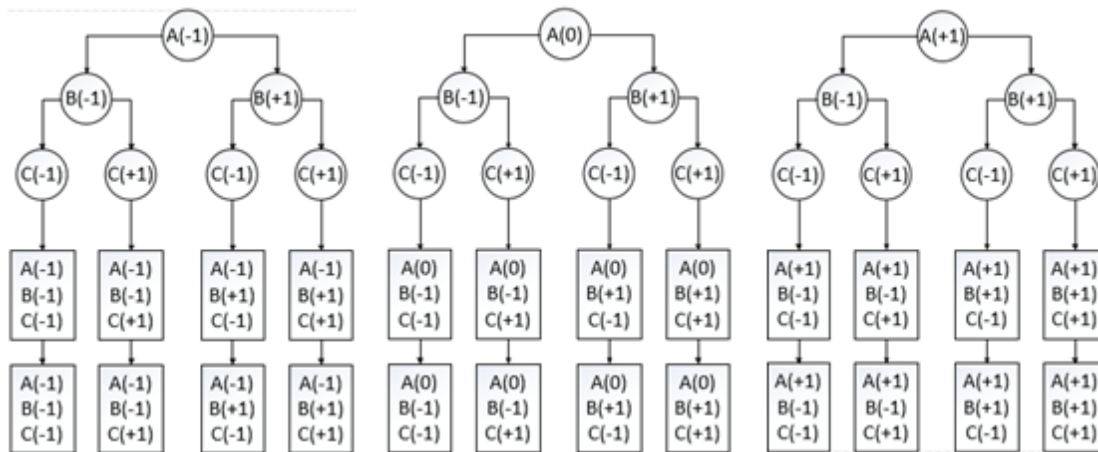
**J** = Concentración de jugo (%)

**G** = Concentración de gelatina (%)

**H** = Contenido de humedad final en base húmeda (%)

Tomando en cuenta como variable respuesta el contenido de humedad final en base húmeda.

En la figura 3.9 se muestra el algoritmo de variables para la elaboración de gomas masticables con pulpa de sábila y stevia, para el diseño factorial de tres factores.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 3.9** Algoritmo para el diseño factorial de tres variables en la etapa de emulsificación durante la elaboración de gomas masticables con pulpa de sábila y stevia



**CAPÍTULO IV**

**RESULTADOS Y  
DISCUSIONES**

## **4.1 Caracterización de la materia prima**

Para determinar las características de la materia prima, se toma en cuenta las propiedades físicas, análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la hoja y pulpa de sábila los cuales se detalla a continuación.

### **4.1.1 Propiedades físicas de la hoja de sábila**

La determinación de las propiedades físicas de las hojas de sábila se realiza con 15 unidades de hojas de sábila tomadas al azar y de manera aleatoria en el Laboratorio Taller de Alimentos (L.T.A.); de la Carrera de Ingeniería de Alimentos perteneciente a la Facultad de Ciencias y Tecnología, dependiente de la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”. Tarija - Bolivia. En la tabla 4.1, se muestra las propiedades físicas de la hoja de sábila.

#### **Dónde:**

**CC** = Con cáscara (g)

**SC** = Sin cáscara (g)

**PC** = Porción comestible (%)

**PNC** = Porción no comestible (%)

Tabla 4.1

*Propiedades físicas de la hoja de sábila con cáscara (CC) y sin cáscara (SC)*

Muestras	Largo (cm)	Ancho Inferior CC(cm)	Ancho Superior CC(cm)	Espesor CC(cm)	Peso CC (g)	Ancho Inferior SC(cm)	Ancho Superior SC(cm)	Espesor SC(cm)	Peso SC (g)	PC (%)	PNC (%)
1	20,25	7,30	3,70	0,90	84,24	6,95	3,25	0,80	42,23	50,13	49,87
2	20,15	7,15	3,65	1,05	98,23	6,85	3,35	0,95	50,23	51,14	48,86
3	20,30	6,95	4,15	0,80	99,23	6,65	3,80	0,70	50,20	50,59	49,41
4	19,85	6,85	4,85	0,85	85,72	6,55	3,55	0,75	42,47	49,55	50,45
5	19,90	6,75	3,75	0,85	86,45	6,50	3,50	0,80	42,56	49,23	50,77
6	19,40	7,55	4,60	1,00	98,78	7,30	4,30	0,90	51,23	51,86	48,14
7	21,25	7,85	4,75	0,80	92,62	7,45	4,45	0,75	46,56	50,27	49,73
8	20,65	6,45	3,55	1,00	93,36	6,25	3,35	0,90	47,29	50,65	49,35
9	21,75	7,65	4,60	1,15	86,73	7,35	4,60	1,05	42,58	49,09	50,91
10	22,45	6,95	3,80	1,25	98,12	6,80	3,20	1,20	50,77	51,74	48,26
11	19,30	7,35	4,55	0,90	99,20	6,95	4,45	0,80	49,64	50,04	49,96
12	19,25	7,45	4,35	0,80	82,37	7,15	4,15	0,70	42,34	51,40	48,60
13	20,30	7,55	4,65	1,20	79,74	7,30	4,30	1,10	39,86	49,99	50,01
14	18,85	6,90	3,40	0,85	90,56	6,75	3,10	0,85	44,85	49,53	50,47
15	19,95	7,40	4,65	0,95	83,71	7,05	4,35	0,90	42,71	51,02	48,98
<b>Promedio</b>	20,24+0,05	7,21+0,05	4,20+0,05	0,96+0,05	90,60	6,92+0,05	3,85+0,05	0,88+0,05	45,56	50,26	49,58

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla 4.1, se muestra los resultados promedios de las propiedades físicas de la hoja de sábila: Largo (20,24+0,05) cm.; ancho inferior CC (7,21+0,05) cm.; ancho superior CC (4,20+0,05) cm.; espesor CC (0,96+0,05) cm.; peso CC 90,60g.; ancho inferior SC (6,92+0,05) cm.; ancho superior SC (3,85+0,05) cm.; espesor SC (0,88+0,05) cm.; peso SC 45,56g.; peso parte comestible 50,26%; parte no comestible 49,58%.

#### 4.1.2 Análisis fisicoquímico de la pulpa de sábila

En la tabla 4.2, se muestra los resultados del análisis fisicoquímico de la pulpa de sábila (Anexo A), obtenidos del CEANID.

**Tabla 4.2**

*Análisis fisicoquímico de la pulpa de sábila*

Parámetros	Métodos	Unidad	Resultado
Humedad	NB 313010:05	(%)	99,32
Proteínas	NB/ISO 8968-1:08	(%)	0,29
Fibra	Gravimétrico	(%)	n. d.
Hidratos de carbono	Cálculo	(%)	0,39
Materia grasa	NB 313019:06	(%)	n. d.
Cenizas	NB 39034:10	(%)	n. d.
Valor energético	Calculo	Kcal/100g	2,72
Calcio	Absorción atómica	mg/100g	67,00
Magnesio	SM 3500-Mg B	mg/100g	5,10
Potasio total	Absorción atómica	mg/100g	19,30

**Fuente:** CEANID, 2019

En la tabla 4.2 se observa que la pulpa de sábila contiene: humedad 99,32%; proteínas 0,29%; fibra n. d; hidratos de carbono 0,39%; materia grasa n. d; cenizas n. d; valor energético 2,72Kcal/100g; calcio 67mg/100g; magnesio 5,1mg/100g; y potasio total 19,3mg/100g.

#### 4.1.3 Análisis microbiológico de la pulpa de sábila

En la tabla 4.3, se muestra los resultados del análisis microbiológico de la pulpa de sábila (Anexo A), obtenidos del CEANID.

**Tabla 4.3**

*Análisis microbiológico de la pulpa de sábila*

Microorganismos	Técnica	Unidades	Valores
Escherichia coli	NB 32005:02	UFC/g	<1,0x10 <sup>1</sup>
Salmonella	NB 32007:03	P/A	Ausencia

**Fuente:** CEANID, 2019

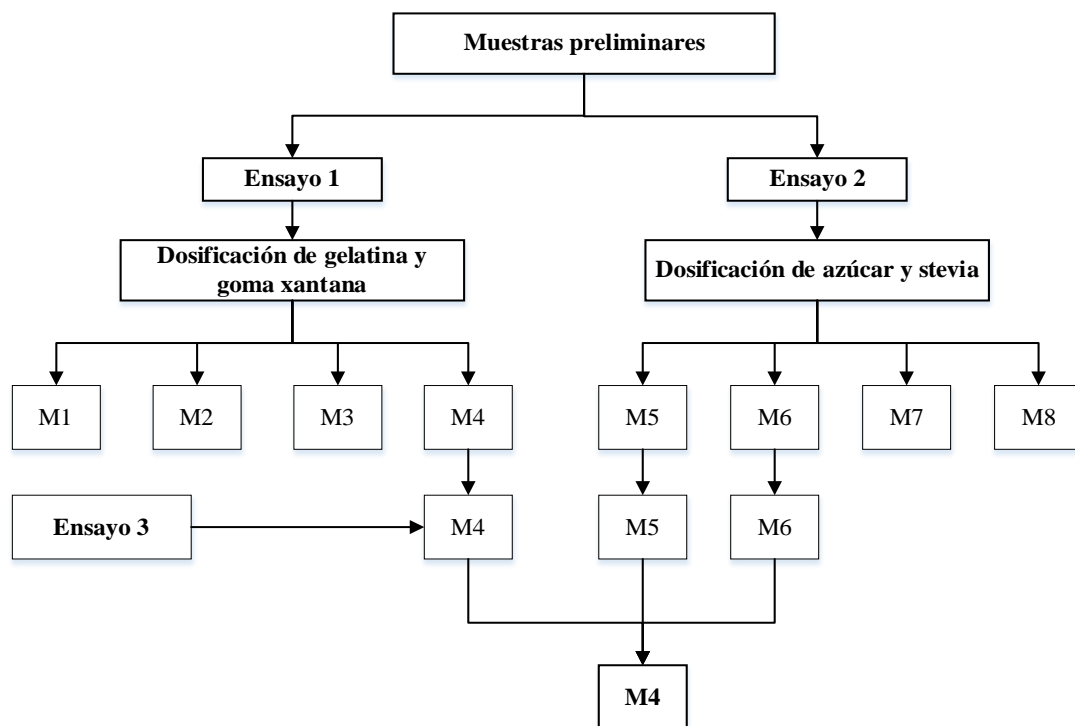
En la tabla 4.3 se observa que la pulpa de sábila contiene: <1,0\*10<sup>1</sup> UFC/g de Escherichia coli y ausencia de salmonella (P/A).

## 4.2 Caracterización de las variables del proceso para la elaboración de gomas masticables con pulpa de sábila y stevia

Para realizar la caracterización de las variables del proceso para la elaboración de gomas masticables con pulpa de sábila y stevia, se toma en cuenta los siguientes aspectos:

### 4.2.1 Elaboración de muestras preliminares de gomas masticables con pulpa de sábila y stevia

A nivel experimental, se procede a elaborar ocho pruebas preliminares divididas en dos ensayos: Para el ensayo 1, dosificación de gelatina y goma xantana y ensayo 2, dosificación de azúcar y stevia (figura 4.1); con la finalidad de establecer una muestra final (M4) para la elaboración de gomas masticables con pulpa de sábila y stevia.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.1** Elaboración de muestras preliminares de gomas masticables con pulpa de sábila y stevia

#### 4.2.2 Dosificación de gelatina y goma xantana para el ensayo 1

En la tabla 4.4, se observa la dosificación de gelatina y goma xantana del ensayo 1 para la elaboración de cuatro muestras preliminares de gomas masticables con pulpa de sábila y stevia.

**Tabla 4.4**

*Dosificación de gelatina y goma xantana para el ensayo 1*

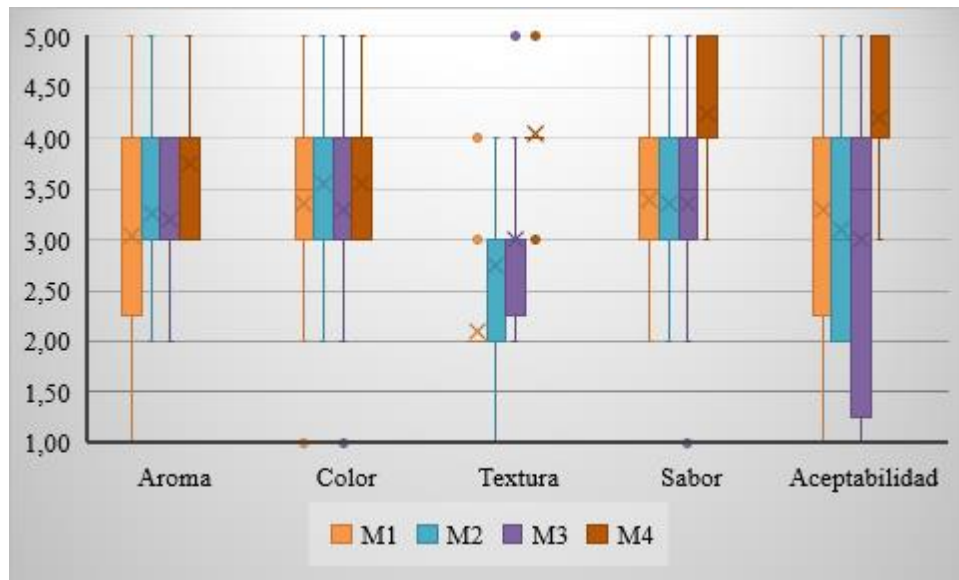
Muestra	Jugo de sábila (%)	Azúcar (%)	Gelatina (%)	Goma xantana (%)	Ácido cítrico (%)	Stevia (%)	Esencia de mora (%)	Bisulfito de sodio (%)
M1	56,20	30	10	2,25	1	0,25	0,25	0,05
M2	54,45	30	12	2,00	1	0,25	0,25	0,05
M3	52,70	30	14	1,75	1	0,25	0,25	0,05
M4	51,95	30	15	1,50	1	0,25	0,25	0,05

**Fuente:** Elaboración propia

En base a las muestras obtenidas en la tabla 4.4, se realiza la evaluación sensorial con 20 jueces no entrenados de acuerdo a cinco atributos: aroma, color, textura, sabor y aceptabilidad.

##### 4.2.2.1 Estadístico de caja y bigote y prueba de Tukey en la dosificación de gelatina y goma xantana para el ensayo 1

En la figura 4.2, se observa los resultados obtenidos para el ensayo 1 expresados en una gráfica de caja y bigote; extraídos de la tabla C-1 (aroma), tabla C-1 (color), tabla C-1 (textura), tabla C-2 (sabor) y tabla C-2 (aceptabilidad) del Anexo C.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.2** Caja y bigote en la dosificación de gelatina y goma xantana para el ensayo 1

En la figura 4.2, se observa que la mediana de puntuaciones con mayor relevancia es M4 (4,25) en el atributo sabor, en comparación a las demás muestras. Por lo tanto, indica que el 50% de los jueces que evaluaron dieron una puntuación de 4,25 o menos.

Así mismo, el estadístico de Tukey se observa que existe diferencia significativa en los atributos aroma ( $3,08 > 2,77$ ), textura ( $3,78 > 2,77$ ), sabor ( $6,11 > 2,77$ ) y aceptabilidad ( $7,60 > 2,77$ ). Sin embargo, el atributo color ( $0,50 < 2,77$ ), no existe diferencia significativa  $p < 0,05$ .

En relación al proceso se observa que la muestra mejor valorada por los jueces (M4) tiene dosificación mayor de gelatina (15%) y menor de goma xantana (1,5%).

### 4.2.3 Dosificación de azúcar y stevia para el ensayo 2

En la tabla 4.5, se observa la variación entre las dosificaciones de azúcar y stevia del ensayo 2 para la elaboración de cuatro muestras preliminares de gomas masticables con pulpa de sábila y stevia.

**Tabla 4.5***Dosificación de azúcar y stevia para el ensayo 2*

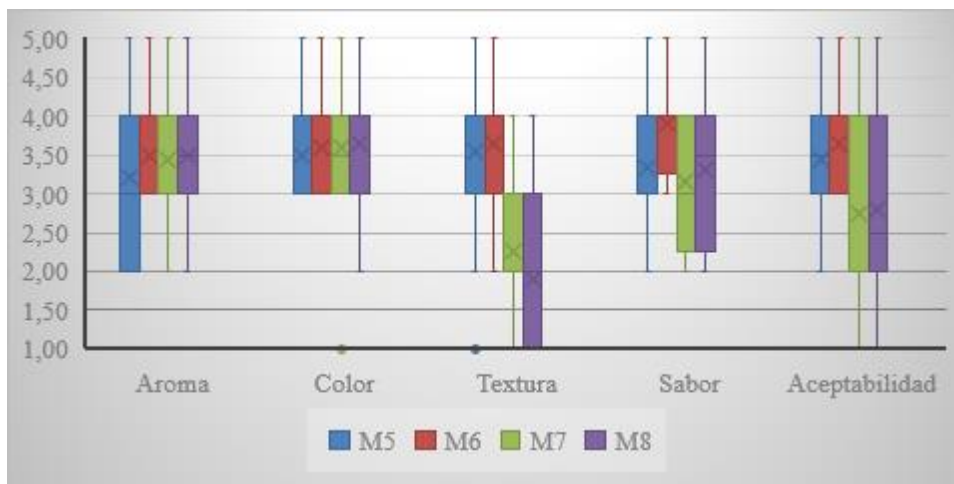
Muestra	Jugo de sábila (%)	Azúcar (%)	Gelatina (%)	Goma xantana (%)	Ácido cítrico (%)	Stevia (%)	Esencia de mora (%)	Bisulfito de sodio (%)
M5	47,05	35	15	1,50	1	0,15	0,25	0,05
M6	51,95	30	15	1,50	1	0,25	0,25	0,05
M7	56,85	25	15	1,50	1	0,35	0,25	0,05
M8	61,75	20	15	1,50	1	0,45	0,25	0,05

**Fuente:** Elaboración propia

En base a las muestras obtenidas en la tabla 4.5 se realiza la evaluación sensorial con 20 jueces no entrenados de acuerdo a cinco atributos: aroma, color, textura sabor y aceptabilidad.

#### 4.2.3.1 Estadístico de caja y bigote y prueba de Tukey en la dosificación de azúcar y stevia para el ensayo 2

En la figura 4.3, se observa los resultados para caja y bigote obtenidos para el ensayo 2; extraídos de la tabla C-3 (aroma), tabla C-3 (color), tabla C-3 (textura), tabla C-4 (sabor) y tabla C-4 (aceptabilidad) para las pruebas de gomas masticables con pulpa de sábila y stevia del Anexo C.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.3** Caja y bigote en la dosificación de azúcar y stevia para el ensayo 2



En la figura 4.3, se observa que la mediana de puntuaciones con mayor relevancia es M6 (3,90) en el atributo sabor, en comparación a las demás muestras. Por lo tanto, indica que el 50% de los jueces que evaluaron dieron una puntuación de 3,90 o menos.

Así mismo, el estadístico de Tukey se observa que existe diferencia significativa en los atributos textura ( $19,37 > 2,77$ ), sabor ( $3,26 > 2,77$ ) y aceptabilidad ( $4,43 > 2,77$ ). Sin embargo, los atributos aroma ( $0,61 < 2,77$ ) y color ( $0,15 < 2,77$ ), no existe diferencia significativa  $p < 0,05$ .

En relación al proceso se observa que la muestra mejor valorada por los jueces (M4) tiene dosificación de azúcar del 30% y de stevia del 0,25%.

#### 4.2.4 Selección de muestra preliminar variando la dosificación de esencia de mora en las gomas masticables con pulpa de sábila y stevia con estevia

Realizada la evaluación sensorial para las muestras preliminares se concluye que los jueces tienen preferencia por las muestras M4, M5 y M6. Se procede a realizar una nueva evaluación sensorial variando la dosificación de esencia de mora para elegir cual será la muestra final.

**Tabla 4.6**

*Dosificación de esencia de mora para el ensayo 3*

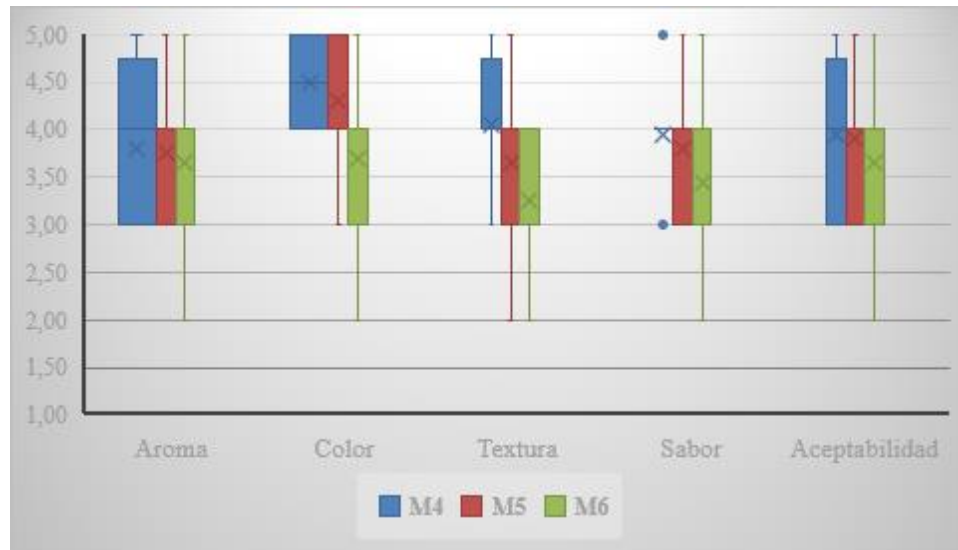
Muestra	Jugo de sábila	Azúcar	Gelatina	Goma xantana	Ácido cítrico	Stevia	Esencia de mora	Bisulfito de sodio
M4	51,95	30	15	1,5	1	0,25	0,25	0,05
M5	47,05	35	15	1,5	1	0,15	0,15	0,05
M6	51,95	30	15	1,5	1	0,25	0,30	0,05

**Fuente:** Elaboración propia

En base a las muestras obtenidas en la tabla 4.6 se realiza la evaluación sensorial con 20 jueces no entrenados de acuerdo a cinco atributos: aroma, color, textura, sabor y aceptabilidad.

#### 4.2.4.1 Estadístico de caja y bigote y prueba de Tukey para selección de muestra preliminar

En la figura 4.4, se observa los resultados para caja y bigote obtenidos los atributos aroma, color, textura, sabor y aceptabilidad; datos extraídos de la tabla C-5 y C-6 del Anexo C.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.4** Caja y bigote para determinar la muestra preliminar ganadora

En la figura 4.4, se observa que la mediana de puntuaciones con mayor relevancia es M4 (4,50) en el atributo color, en comparación a las demás muestras. Por lo tanto, indica que el 50% de los jueces que evaluaron dieron una puntuación de 4,50 o menos.

Así mismo, el estadístico de Tukey se observa que existe diferencia significativa en los atributos color ( $7,43 < 2,77$ ), textura ( $7,48 > 2,77$ ) y sabor ( $3,26 > 2,77$ ). Sin embargo, los atributos aroma ( $0,22 < 2,77$ ) y aceptabilidad ( $1,20 > 2,77$ ) no existe diferencia significativa  $p < 0,05$ .

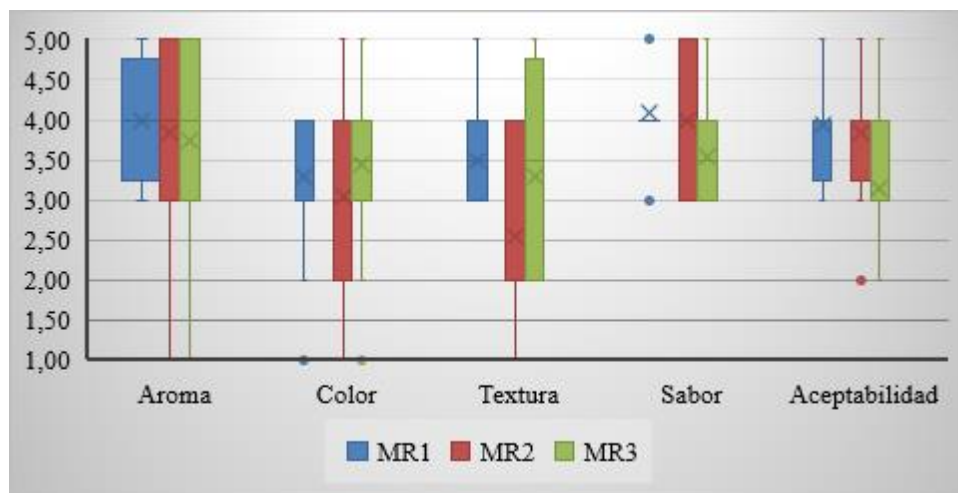
En relación al proceso se observa que la muestra mejor valorada por los jueces (M4) tiene una dosificación de gelatina de 15% y una dosificación de goma xantana de 1,5% además de tener una dosificación de azúcar de 30% y una dosificación de stevia de 1,25%.

### 4.3 Selección de muestra referencia de gomas masticables

Tomando en cuenta que en el mercado no existe ningún tipo de gomitas que sean elaboradas con pulpa de sábila. Para tal efecto, se toma tres muestras de gomas disponibles en el mercado: la muestra MR1 (marca Haribo, ositos de goma), la muestra MR2 (marca Mogul, en forma de pie) y la muestra MR3 (marca Mogul, cubiertas de azúcar) para ser evaluadas por veinte jueces no entrenados que analizaron mediante un test de escala hedónica (Anexo B).

#### 4.3.1 Estadístico de caja y bigote y prueba de Tukey para selección de muestra referencia de gomas masticables

En la figura 4.5, se observa los resultados para caja y bigote obtenidos de los atributos aroma, color, textura sabor y aceptabilidad; datos extraídos de la tabla C-7 y C-8 del Anexo C.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.5** Caja y bigote para determinar muestra referencia

En la figura 4.5, se observa que la mediana de puntuaciones con mayor relevancia es MR1 (4,10) en el atributo sabor, en comparación a las demás muestras. Por lo tanto, indica que el 50% de los jueces que evaluaron dieron una puntuación de 4,10 o menos.

Así mismo, el estadístico de Tukey se observa que existe diferencia significativa en los atributos textura ( $6,98 > 2,77$ ), sabor ( $3,79 > 2,77$ ) y aceptabilidad ( $5,33 > 2,77$ ). Sin

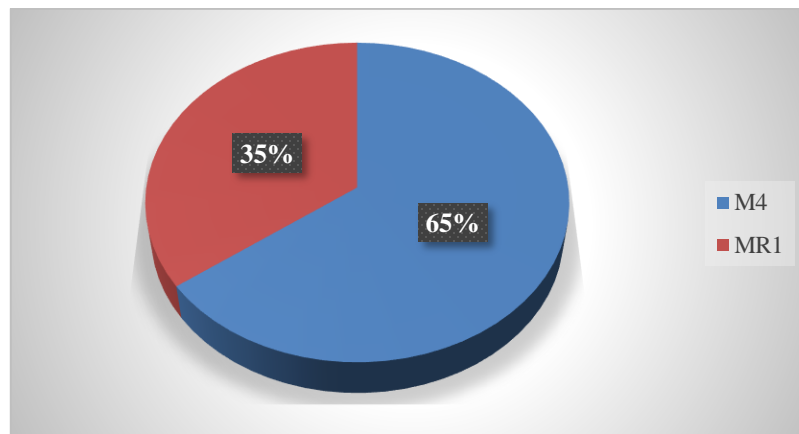
embargo, los atributos aroma ( $0,33 < 2,77$ ) y color ( $0,76 < 2,77$ ), no existe diferencia significativa  $p < 0,05$ .

Vale aclarar que en los comentarios de las evaluaciones sensoriales los jueces dejaron notar su preferencia por la forma de “osito” de la muestra MR1 por tal motivo se utiliza dicha forma en la elaboración de la muestra preliminar ganadora.

#### 4.4 Comparación del producto final con la muestra referencia

Para comparar entre la muestra final y muestra referencia se realiza una evaluación sensorial con 20 jueces no entrenados de acuerdo a los atributos sabor y textura; del producto final (M4) y muestra referencia (MR1).

En la figura 4.6, se observa los resultados porcentuales obtenidos para la comparación del producto final con la muestra referencia en el atributo sabor; extraídos de la tabla C-9 (Anexo C).

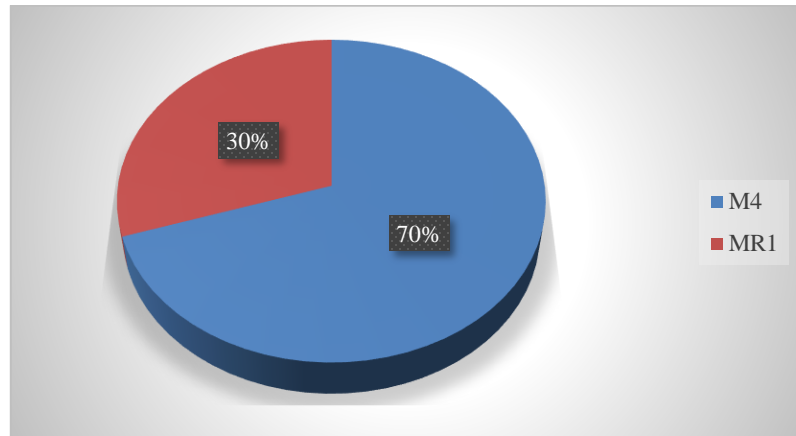


**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.6** Comparación del producto final y muestra referencia para el atributo sabor

En la figura 4.6 se muestra la comparación del producto final y muestra referencia para el atributo sabor donde el 65% de los jueces prefirieron la muestra M4 y el 35% de los jueces la muestra MR1

En la figura 4.7, se observa los resultados porcentuales obtenidos para la comparación del producto final con la muestra referencia en el atributo textura; extraídos de la tabla C-10 (Anexo C).



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.7** Comparación del producto final y muestra referencia para el atributo textura

En la figura 4.7 se muestra la comparación del producto final y muestra referencia para el atributo textura donde el 70% de los jueces prefirieron la muestra M4 y el 30% de los jueces la muestra MR1.

En base a la evaluación sensorial realizada para la comparación del producto final con la muestra referencia, se observa que la muestra con mayor porcentaje de aceptación en ambos atributos es la muestra M4.

#### **4.5 Diseño experimental en el proceso de emulsificación en la elaboración de gomas masticables con pulpa de sábila y stevia**

El diseño experimental que se utiliza en el presente trabajo fue de 3x2x2 lineal, en el cual las variables a analizar son: tiempo de emulsificación, concentración de jugo de sábila y concentración de gelatina, teniendo como variable respuesta el contenido de humedad final en base húmeda de las gomas masticables con pulpa de sábila y stevia.

En la tabla 4.7 se muestra los resultados del contenido de humedad en base húmeda (tabla E-2.1) de la variable respuesta en el proceso de emulsificación para obtener gomas masticables con pulpa de sábila y stevia.

**Tabla 4.7**

*Contenido de humedad en base húmeda durante el proceso de emulsificación*

Tiempo de emulsificación min A (Θ)	Concentración del jugo B (J)								Yj
	50%				55%				
	Concentración de gelatina C (G)				Concentración de gelatina C (G)				
	12%		15%		12%		15%		
1	45,83	91,89	45,63	90,95	45,23	90,54	46,13	91,54	364,92
	46,06		45,32		45,31		45,41		
2	44,64	89,37	45,44	89,75	44,85	88,94	44,49	88,56	356,62
	44,73		44,31		44,09		44,07		
3	42,10	85,52	44,25	88,16	42,24	85,55	44,77	88,43	347,66
	43,42		43,91		43,31		43,66		
<b>Total BxC Yik</b>	266,78		268,86		265,03		268,53		1069,2
<b>Yj</b>	535,64				533,56				

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla 4.8 se muestra los resultados del análisis de varianza del diseño 2x2x3 para la variable respuesta (contenido de humedad en base húmeda), datos extraídos de la tabla E-2.2 (Anexo E).

**Tabla 4.8***Análisis de varianza del diseño experimental AxBxC en el proceso de emulsificación*

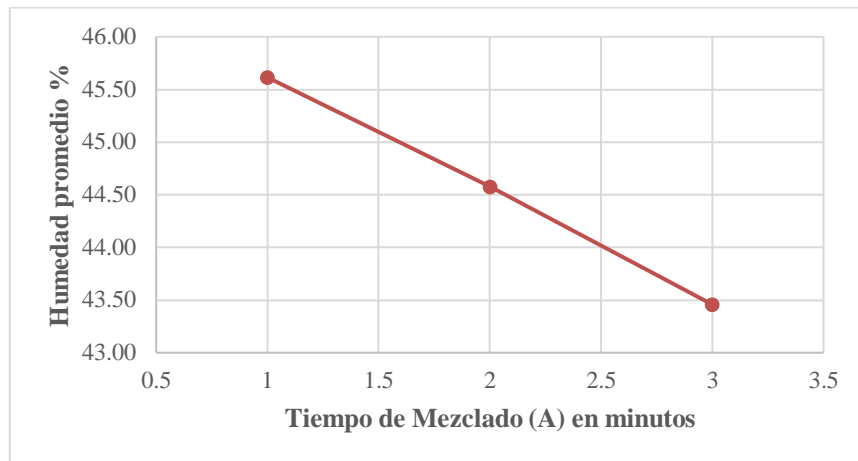
Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F <sub>cal</sub>	F <sub>tab</sub>
A	18,628	2	9,314	32,174	3,89
B	1,297	1	1,297	4,481	4,75
C	0,180	1	0,180	0,623	4,75
AB	2,512	2	1,256	4,338	3,89
AC	0,084	2	0,042	0,145	3,89
BC	0,231	1	0,231	0,799	4,75
ABC	0,466	2	0,233	0,805	3,89
Error	3,474	12	0,289	-	-
Total	26,873	23	-	-	-

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla 4.8, se observa que el factor (A) tiempo de emulsificación y la interacción (AB) son significativos para el proceso de emulsificación. Pero no así el factor (B) concentración del jugo, (C) concentración de gelatina e interacciones (AC), (BC), (ABC); ya que en estos  $F_{cal} < F_{tab}$ . Por lo tanto, se rechaza la hipótesis planteada para un límite de confianza del 95%.

#### 4.5.2 Significancia del factor (A) e interacción (AB) en el diseño factorial

En la figura 4.8 se representa la humedad promedio versus tiempo de emulsificación para analizar la significancia que tiene el factor (A)

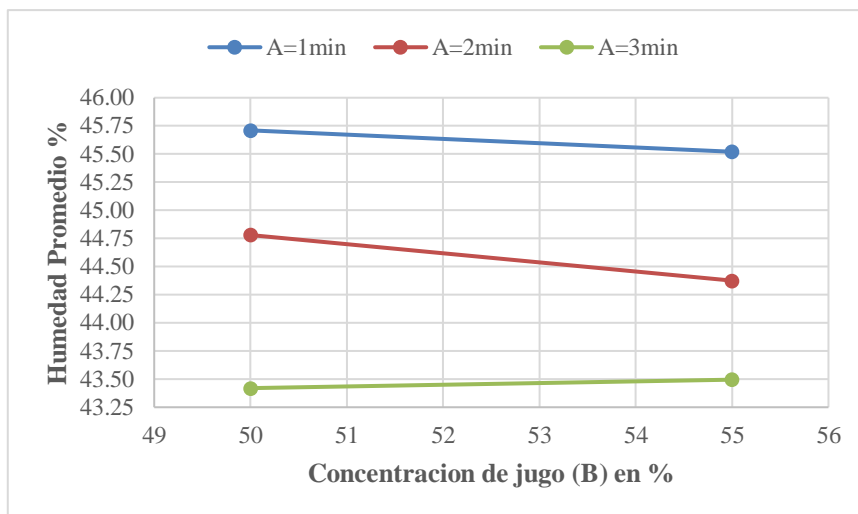


**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.8** Factor B humedad promedio vs. tiempo de emulsificación

En la figura 4.8 se observa que, según el tiempo de emulsificación, el contenido de humedad varía, es decir que al aumentar del tiempo de emulsificación disminuye el contenido de humedad promedio de las muestras

En la figura 4.9 se representa la humedad promedio versus concentración de jugo para analizar la significancia que tiene la interacción (AB).



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.9** Interacción (AB) tiempo-concentración vs humedad promedio



En la figura 4.9 se observa que el tiempo de mezclado, concentración del jugo, y contenido de humedad varia, es decir que al aumentar la concentración del jugo (variable B) influye en el contenido de humedad (variable respuesta) y en los niveles del tiempo de mezclado (variable A) reduciendo el contenido de humedad en el inferior (1min.) y medio (2min.) y aumenta el contenido de humedad en el superior (3min.).

#### **4.6 Influencia de los factores en la pérdida de humedad de las gomas masticables con pulpa de sábila y stevia durante el desarrollo del diseño experimental**

Para analizar la influencia de los factores en la pérdida de humedad de las gomas masticables con pulpa de sábila y stevia durante el desarrollo del diseño experimental, se realiza en base a los datos de contenido de humedad en base húmeda en función del tiempo, medidos durante el proceso de secado en el L.O.U. de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

En la tabla 4.9, se muestra los resultados promedios del contenido de humedad en base húmeda expresado en porcentaje de las gomas masticables con pulpa de sábila y stevia extraídos de la tabla E-1 y E-2 (Anexo E).

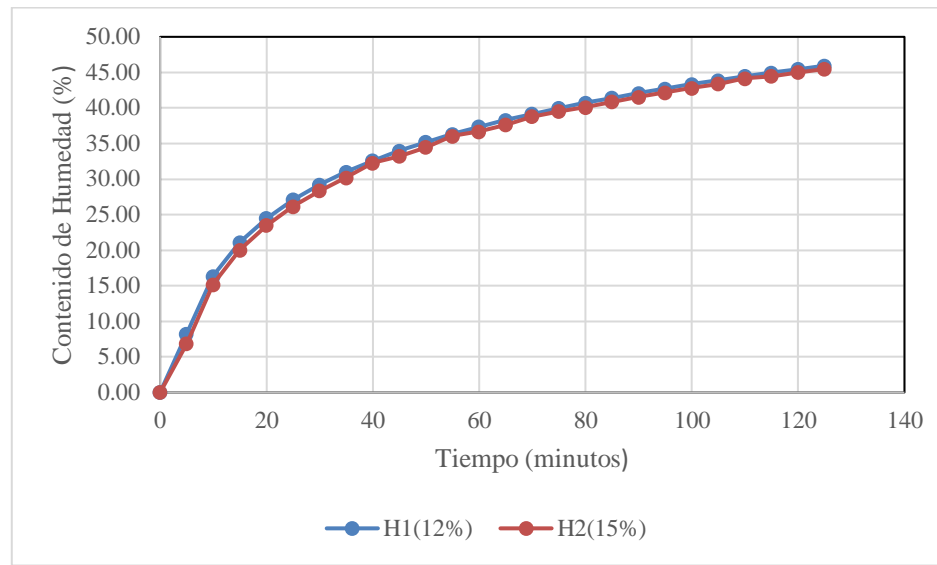
**Tabla 4.9**

*Pérdida de humedad en gomas masticables con pulpa de sábila y stevia en función de la concentración de gelatina, jugo de sábila al 50% y 1 min. de emulsificación*

Tiempo (min)	Humedad promedio de H1(%)	Humedad promedio de H2(%)
0	0,00	0,00
5	8,26	6,88
10	14,78	15,19
15	22,09	20,05
20	25,04	23,50
25	27,29	26,18
30	16,60	28,36
35	17,68	30,21
40	19,25	32,26
45	20,82	33,22
50	22,86	34,49
55	23,96	36,05
60	25,53	36,67
65	27,10	37,63
70	28,83	38,79
75	30,24	39,50
80	31,40	40,12
85	33,38	40,85
90	34,54	41,54
95	35,88	42,19
100	38,09	42,80
105	39,46	43,39
110	41,23	44,17
115	42,80	44,48
120	44,25	44,99
125	45,95	45,48

**Fuente:** Elaboración propia

En la figura 4.10, se muestra los resultados de la pérdida en el contenido de humedad en función a la concentración de gelatina, datos extraídos de la tabla 4.9.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.10** Pérdida de humedad en función a las concentraciones de gelatina, jugo de sábila al 50% y 1 min. de emulsificación

En la figura 4.10 se observa que entre las muestras H1 (1 min, 50% y 12%) y H2 (1 min, 50% y 15%) no existe diferencia en el tiempo que tardan en perder su humedad total, ya que ambas tardaron 125min.

En la tabla 4.10 se muestra los resultados promedios del contenido de humedad en base húmeda expresado en porcentaje de las gomas masticables con pulpa de sábila y stevia extraídos de la tabla E-3 y E-4 (Anexo E).

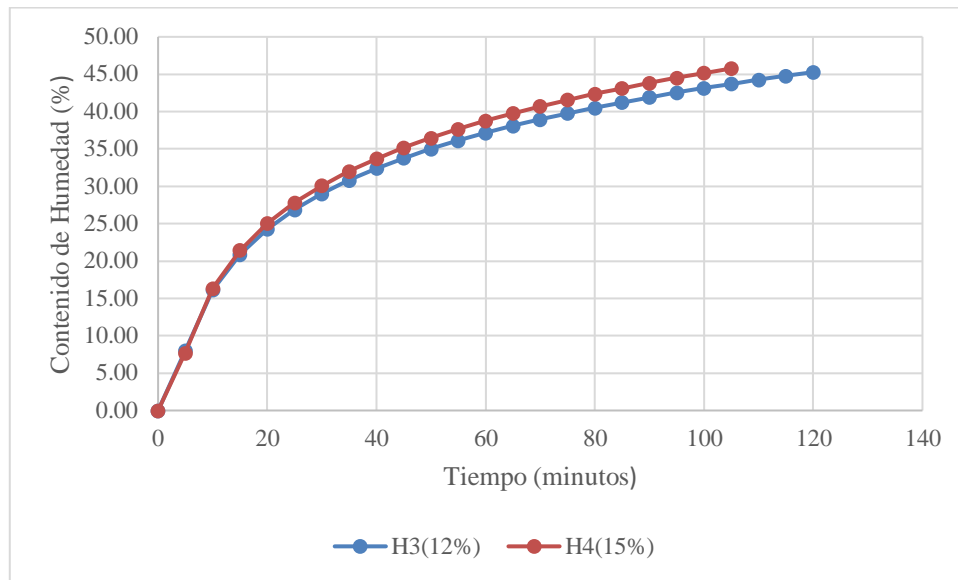
**Tabla 4.10**

*Pérdida de humedad en gomas masticables con pulpa de sábila y stevia en función de la concentración de gelatina, jugo de sábila al 55% y 1 min. de emulsificación*

Tiempo (min)	Humedad promedio de H3(%)	Humedad promedio de H4(%)
0	0,00	0,00
5	8,00	7,68
10	16,13	16,35
15	20,88	21,42
20	24,25	25,02
25	26,87	27,81
30	29,01	30,09
35	30,82	32,02
40	32,38	33,69
45	33,77	35,17
50	35,00	36,49
55	36,12	37,68
60	37,14	38,77
65	38,08	39,77
70	38,95	40,70
75	39,76	41,56
80	40,51	42,37
85	41,23	43,13
90	41,90	43,84
95	42,53	44,52
100	43,13	45,16
105	43,70	45,77
110	44,25	
115	44,77	
120	45,27	

**Fuente:** Elaboración propia

En la figura 4.11, se muestra los resultados de la pérdida en el contenido de humedad en función a la concentración de gelatina, datos extraídos de la tabla 4.10.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.11** Pérdida de humedad en función a las concentraciones de gelatina, jugo de sábila al 55% y 1 min. de emulsificación

En la figura 4.11 se observa que la muestra H3 (1min, 55% y 12%) tarda 120 min en perder su humedad total y H4 (1min, 55% y 15%) tarda 105 min en perder su humedad total.

En la tabla 4.11 se muestra los resultados promedios del contenido de humedad en base húmeda expresado en porcentaje de las gomas masticables con pulpa de sábila y stevia extraídos de la tabla E-5 y E-6 (Anexo E).

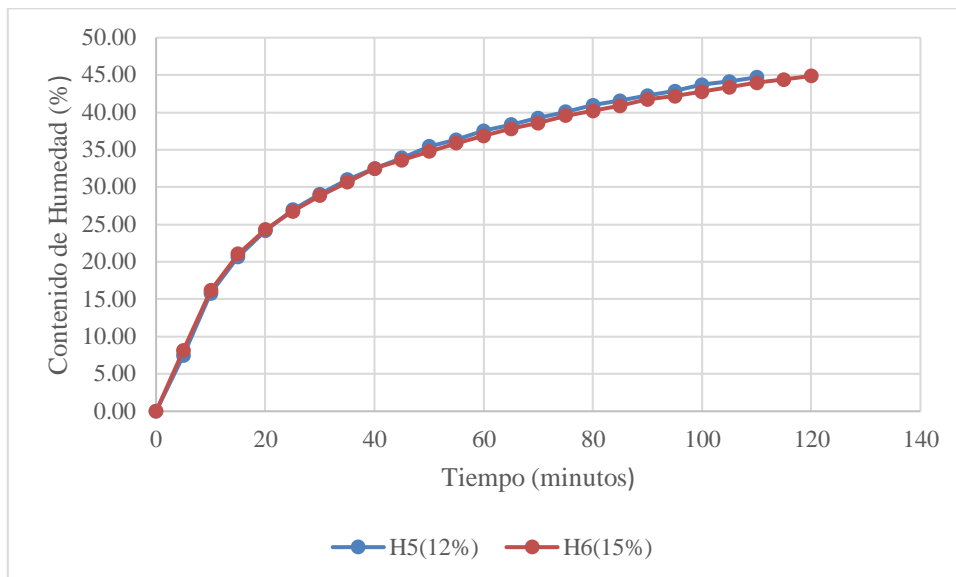
**Tabla 4.11**

*Pérdida de humedad en gomas masticables con pulpa de sábila y stevia en función de la concentración de gelatina, jugo de sábila al 50% y 2 min. de emulsificación*

Tiempo (min)	Humedad promedio de H5(%)	Humedad promedio de H6(%)
0	0,00	0,00
5	7,42	8,14
10	15,78	16,15
15	20,67	21,04
20	24,13	24,31
25	26,96	26,74
30	29,07	28,85
35	31,00	30,63
40	32,49	32,47
45	33,91	33,59
50	35,43	34,76
55	36,33	35,86
60	37,53	36,86
65	38,34	37,79
70	39,24	38,59
75	40,07	39,55
80	40,98	40,19
85	41,58	40,89
90	42,27	41,73
95	42,84	42,17
100	43,69	42,77
105	44,13	43,36
110	44,69	43,97
115		44,38
120		44,88

**Fuente:** Elaboración propia

En la figura 4.12, se muestra los resultados de la pérdida en el contenido de humedad en función a la concentración de gelatina, datos extraídos de la tabla 4.11.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.12** Pérdida de humedad en función a las concentraciones de gelatina, jugo de sábila al 50% y 2 min. de emulsificación

En la figura 4.12 se observa que la muestra H5 (2min, 50% y 12%) tarda 110 min en perder su humedad total y H6 (2min, 50% y 15%) tarda 120 min en perder su humedad total.

En la tabla 4.12 se muestra los resultados promedios del contenido de humedad en base húmeda expresado en porcentaje de las gomas masticables con pulpa de sábila y stevia extraídos de la tabla E-7 y E-8 (Anexo E).

**Tabla 4.12**

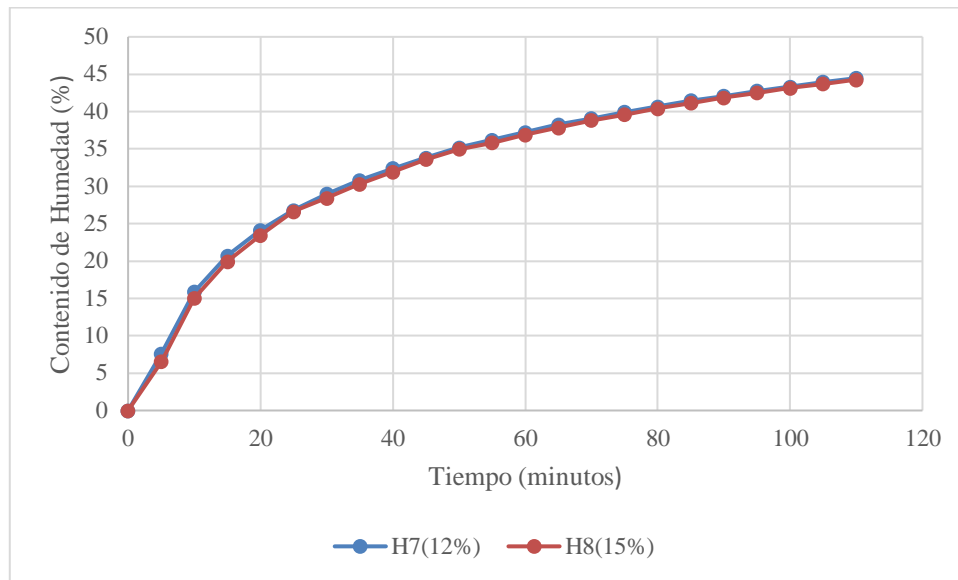
*Pérdida de humedad en gomas masticables con pulpa de sábila y stevia en función de la concentración de gelatina, jugo de sábila al 55% y 2 min. de emulsificación*

Tiempo (min)	Humedad promedio de H7(%)	Humedad promedio de H8(%)
0	0,00	0,00
5	7,63	6,55
10	15,89	15,01
15	20,72	19,96
20	24,15	23,47
25	26,81	26,63
30	28,98	28,42
35	30,84	30,30
40	32,41	31,93
45	33,81	33,62
50	35,17	34,95
55	36,21	35,82
60	37,24	36,88
65	38,28	37,86
70	39,08	38,82
75	39,95	39,61
80	40,67	40,39
85	41,49	41,13
90	42,08	41,88
95	42,77	42,49
100	43,33	43,17
105	43,96	43,71
110	44,47	44,28

**Fuente:** Elaboración propia

En la figura 4.13, se muestra los resultados de la pérdida en el contenido de humedad en función a la concentración de gelatina, datos extraídos de la tabla 4.12.





**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.13** Pérdida de humedad en función a las concentraciones de gelatina, jugo de sábila al 55% y 2 min. de emulsificación

En la figura 4.13 se observa que entre las muestras H7 (2min, 55% y 12%) y H8 (2min, 55% y 15%) no existe diferencia en el tiempo que tardan en perder su humedad total, ya que ambas tardaron 110 min.

En la tabla 4.13 se muestra los resultados promedios del contenido de humedad en base húmeda expresado en porcentaje de las gomas masticables con pulpa de sábila y stevia extraídos de la tabla E-9 y E-10 (Anexo E).

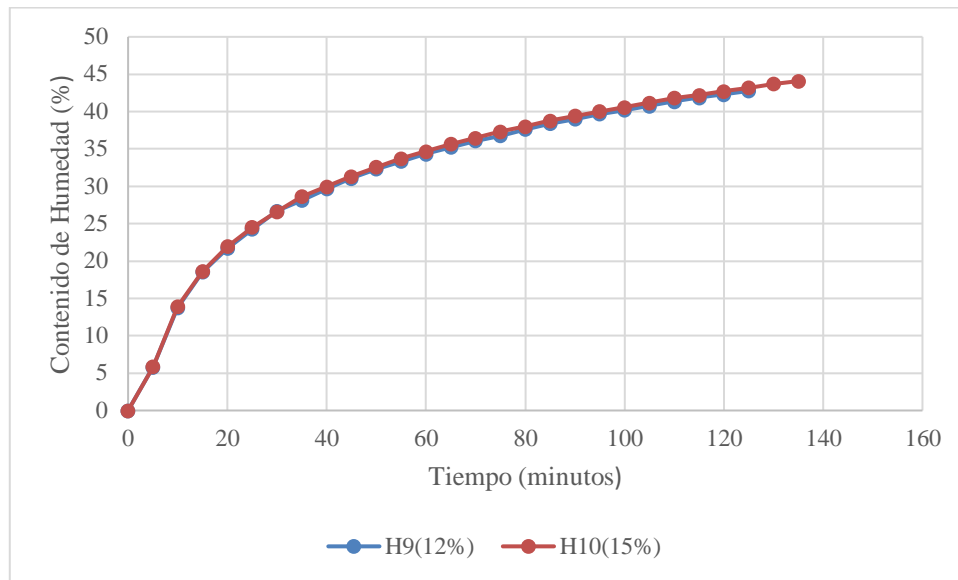
**Tabla 4.13**

*Pérdida de humedad en gomas masticables con pulpa de sábila y stevia en función de la concentración de gelatina, jugo de sábila al 50% y 3 min. de emulsificación*

Tiempo (min)	Humedad promedio de H9(%)	Humedad promedio de H10(%)
0	0,00	0,00
5	5,80	5,86
10	13,75	13,89
15	18,52	18,60
20	21,71	21,93
25	24,28	24,52
30	26,72	26,64
35	28,14	28,66
40	29,67	29,97
45	31,06	31,34
50	32,33	32,56
55	33,33	33,72
60	34,33	34,68
65	35,25	37,67
70	36,10	36,46
75	36,78	37,32
80	37,63	38,01
85	38,39	38,77
90	38,99	39,43
95	39,68	40,00
100	40,20	40,60
105	40,76	41,17
110	41,34	41,82
115	41,85	42,22
120	42,29	42,71
125	42,76	43,19
130		43,70
135		44,08

**Fuente:** Elaboración propia

En la figura 4.14, se muestra los resultados de la pérdida en el contenido de humedad en función a la concentración de gelatina, datos extraídos de la tabla 4.13.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.14** Pérdida de humedad en función a las concentraciones de gelatina, jugo de sábila al 50% y 3 min. de emulsificación

En la figura 4.14 se observa que la muestra H9 (3min, 50% y 12%) tarda 125 min en perder su humedad total y H10 (3min, 50% y 15%) tarda 135 min en perder su humedad total.

En la tabla 4.14 se muestra los resultados promedios del contenido de humedad en base húmeda expresado en porcentaje de las gomas masticables con pulpa de sábila y stevia extraídos de la tabla E-11 y E-12 (Anexo E).

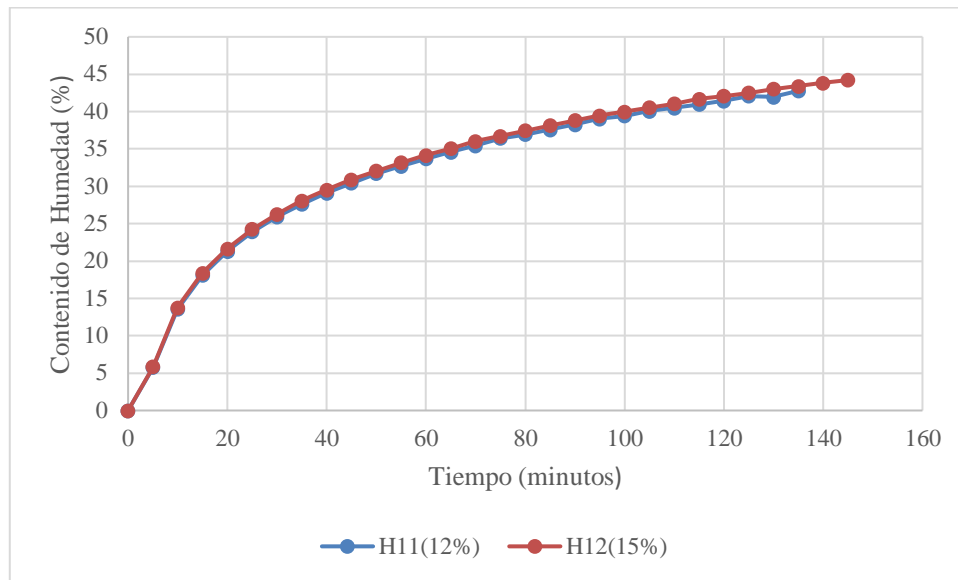
**Tabla 4.14**

*Pérdida de humedad en gomas masticables con pulpa de sábila y stevia en función de la concentración de gelatina, jugo de sábila al 55% y 3 min. de emulsificación*

Tiempo (min)	Humedad promedio de H11(%)	Humedad promedio de H12(%)
0	0,00	0,00
5	5,77	5,87
10	13,55	13,76
15	18,10	18,38
20	21,33	21,66
25	23,94	24,25
30	25,94	26,27
35	27,62	28,08
40	29,12	29,55
45	30,44	30,89
50	31,72	32,07
55	32,69	33,18
60	33,67	34,17
65	34,57	35,08
70	35,42	36,03
75	36,18	36,71
80	36,95	37,44
85	37,58	38,13
90	38,27	38,84
95	38,83	39,45
100	39,41	39,98
105	40,06	40,54
110	40,48	41,07
115	40,98	41,70
120	41,45	42,06
125	42,06	42,52
130	41,97	43,03
135	42,78	43,40
140		43,82
145		44,22

**Fuente:** Elaboración propia

En la figura 4.15, se muestra los resultados de la pérdida en el contenido de humedad en función a la concentración de gelatina, datos extraídos de la tabla 4.14.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.15** Pérdida de humedad en función a las concentraciones de gelatina, jugo de sábila al 55% y 3 min. de emulsificación

En la figura 4.15 se observa que la muestra H11 (3min, 55% y 12%) tarda 135 min en perder su humedad total y H12 (3min, 55% y 15%) tarda 145 min en perder su humedad total.

Las figuras y las tablas de datos establecen que las interacciones más significativas en la pérdida de humedad son: la muestra H4 (1min, 55% y 15%), que tarda un total de 105min. Siendo este el tiempo más corto, en relación a la muestra H12 (3min, 55%, 15%) que tarda un total de 145min.

#### 4.7 Control de la viscosidad durante la etapa de emulsificación

Para analizar la variación de viscosidad durante el desarrollo del proceso de emulsificación de los jugos de sábila se realiza simulando dicha etapa mientras se mide la viscosidad y la temperatura con un reómetro del L.O.U. de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, variando la concentración de gelatina: 10% (V1); 12% (V2); 15% (V3); y 20% (V4).

#### 4.7.1 Variación de la viscosidad en relación a la temperatura

En la tabla 4.15 se muestra los resultados promedios de viscosidad obtenidos a diferentes concentraciones de gelatina.

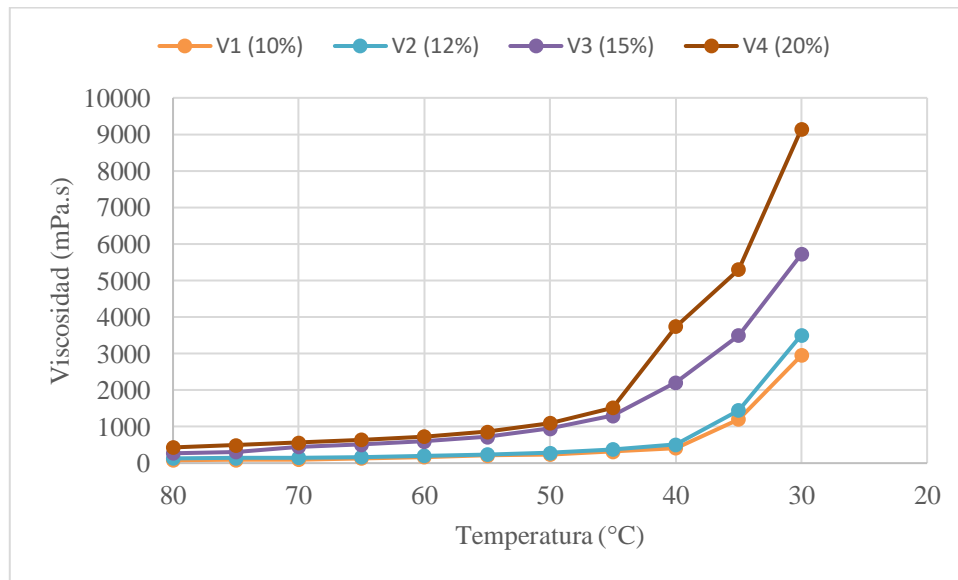
**Tabla 4.15**

*Variación de la viscosidad en relación a la temperatura a diferentes concentraciones de gelatina*

<b>Temperatura (°C)</b>	<b>V1(10%) (mPa.s)</b>	<b>V2(12%) (mPa.s)</b>	<b>V3(15%) (mPa.s)</b>	<b>V4(20%) (mPa.s)</b>
<b>30</b>	2950	3510	5720	9150
<b>35</b>	1200	1450	3500	5300
<b>40</b>	410	510	2210	3740
<b>45</b>	320	380	1300	1520
<b>50</b>	240	280	950	1100
<b>55</b>	210	240	720	860
<b>60</b>	170	200	600	730
<b>65</b>	130	170	510	640
<b>70</b>	100	150	450	560
<b>75</b>	90	140	310	490
<b>80</b>	80	130	270	430

**Fuente:** Elaboración propia

En la figura 4.16, se muestra los resultados de la variación de viscosidad en función del cambio de temperatura, datos extraídos de la tabla 4.15.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.16** Variación de la viscosidad en función del cambio de temperatura a distintas concentraciones de gelatina

En la figura 4.16 se establece que la concentración de gelatina y la temperatura a la cual se encuentra la mezcla influye en la viscosidad que esta presenta, en los cuatro casos se denota que existe una temperatura en la cual la viscosidad tiende a tomar un aumento acelerado siendo a 40°C para una concentración de gelatina del 10% (V1) y del 12% (V2) y 45°C para una concentración de gelatina del 15% (V3) y del 20% (V4).

#### 4.8 Caracterización de las gomas masticables con pulpa de sábila y stevia

Para caracterizar el producto terminado gomas masticables con pulpa de sábila y stevia, se realiza los análisis en el Laboratorio de Aguas, Suelos, Alimentos y Monitoreo Ambiental (RIMH) y se toma en cuenta los siguientes aspectos:

##### 4.8.1 Análisis fisicoquímico de las gomas masticables con pulpa de sábila y stevia

En la tabla 4.16, se muestra los resultados del análisis fisicoquímico del producto terminado gomas masticables con pulpa de sábila y stevia (Anexo A), obtenidos del laboratorio RIMH.

**Tabla 4.16***Análisis fisicoquímico de las gomas masticables con pulpa de sábila y stevia*

Parámetros	Metodología	Unidad	Resultado
Humedad	Gravimetría	(%)	56,20
Cenizas (Base seca)	Gravimetría	(%)	4,57
Materia Seca	Gravimetría	(%)	43,80
Proteína total	Kherdahl	g/100g	4,00
Fibra	Gravimétrico	g/100g	0,10
Carbohidratos	Nomográfico	g/100g	25,39
Materia grasa	Soxhlet	g/100g	0,00
Valor Energético	Nomográfico	Kcal/100g	117,56
Calcio	Fotometría	mg/100g	102,00
Sodio	Fotometría	mg/100g	1000,00
Magnesio	Cálculo	mg/100g	61,00
Potasio	Fotometría	mg/100g	39,00

Fuente: RIMH, 2019

En la tabla 4.16 se observa que las gomas masticables con pulpa de sábila y stevia contienen: humedad 56,20%; cenizas (base seca) 4,57%; materia seca 43,80%; proteína total 4,00g/100g; fibra 0,10g/100g; hidratos de carbono 25,39g/100g; materia grasa 0,00gr/100g; valor energético 117,56Kcal/100g; calcio 102mg/100g; sodio 1000mg/100g; magnesio 61mg/100g; y potasio total 39mg/100g.

#### 4.8.2 Análisis microbiológico de las gomas masticables con pulpa de sábila y stevia

En la tabla 4.17, se muestra los resultados del análisis microbiológico del producto terminado gomas masticables con pulpa de sábila y stevia (Anexo A), obtenidos del laboratorio RIMH.

**Tabla 4.17***Análisis microbiológico de las gomas masticables con pulpa de sábila y stevia*

Microorganismos	Metodología	Unidades	Valores
Coliformes fecales	Tubos múltiples	NMP/g	0,00E+00
Coliformes totales	Tubos múltiples	NMP/g	0,00E+00
Escherichia coli	Membrana filtrante	NMP/g	0,00E+00
Salmonella	P/A	-	Ausencia

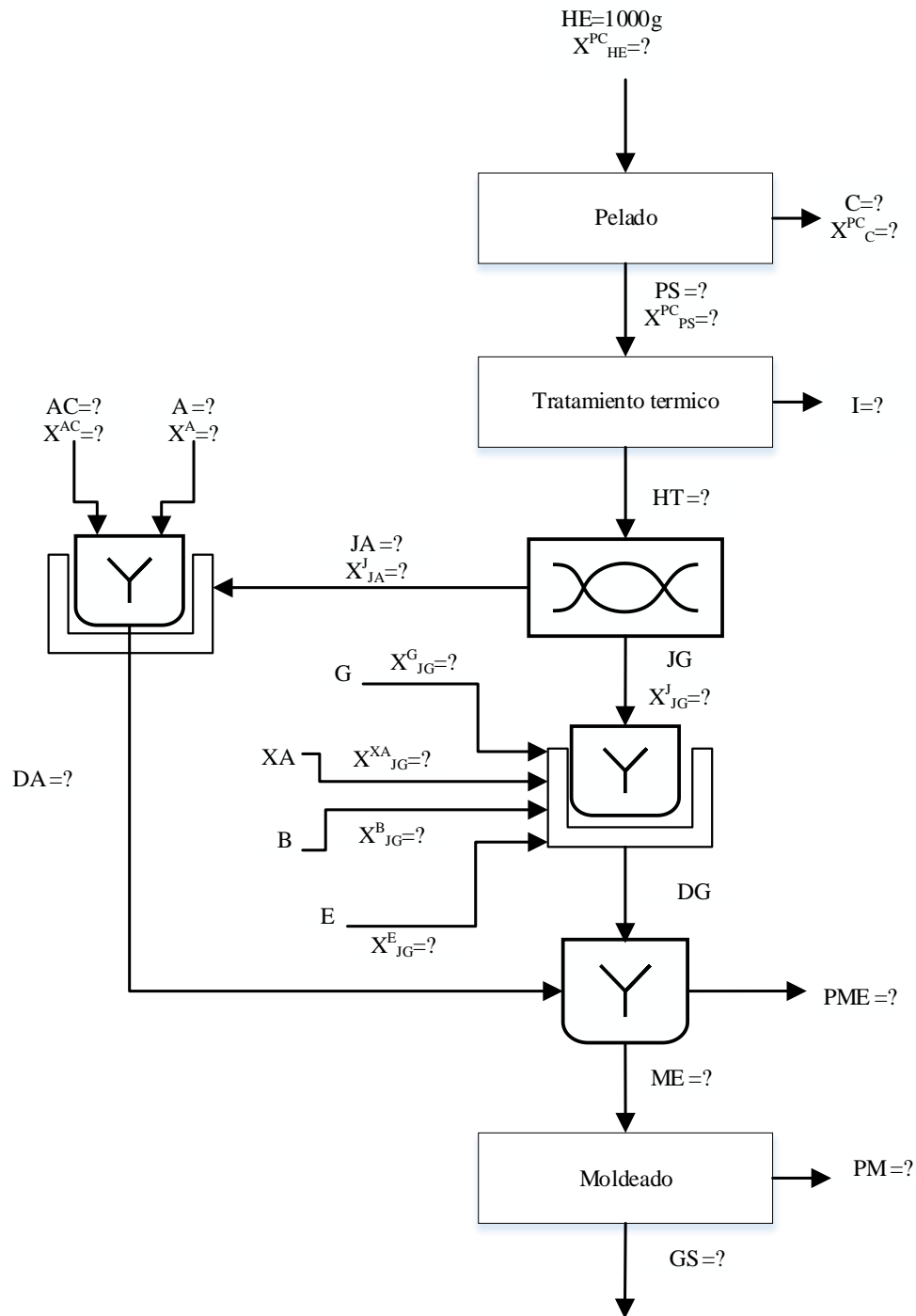
Fuente: RIMH, 2019



En la tabla 4.17 se observa que las gomas masticables con pulpa de sábila y stevia presentan ausencia de Coliformes fecales, Coliformes totales, Escherichia coli y Salmonella.

#### **4.9 Balance de materia para el proceso de elaboración de gomas masticables con pulpa de sábila y stevia**

En la figura 4.17 Se muestra el diagrama general de balance de materia en el proceso de elaboración de gomas masticables con pulpa de sábila y stevia, para un cálculo base de 1000g de hojas de sábila.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.17** Balance de materia global de todo el proceso de elaboración de gomas masticables con pulpa de sábila y stevia

Donde:

HE = Peso de hoja entera (g)

C = Peso de la cascara (g)

PS = Peso de pulpa la de sábila (g)

$X_{HE}^{PC}$  = Fracción de porción comestible en la hoja de sábila entera

$X_C^{PC}$  = Fracción de porción comestible en la cáscara

$X_{PS}^{PC}$  = Fracción de porción comestible en la pulpa de sábila

I = Peso de las impurezas (g)

HT = Peso de hoja tratada (g)

JA = Peso del jugo para el Calentamiento de la mezcla 1 (g)

$X_{JA}^J$  = Fracción de jugo en calentamiento de la mezcla 1

A = Peso del azúcar (g)

AC = Peso del ácido cítrico (g)

$X_{JA}^A$  = Fracción de azúcar en calentamiento de la mezcla 1

$X_{JA}^{AC}$  = Fracción de ácido cítrico en calentamiento de la mezcla 1

DA = Peso del jugo con azúcar (g)

JG = Peso del jugo para el calentamiento de la mezcla 2 (g)

$X_{JG}^J$  = Fracción de jugo en calentamiento de la mezcla 2

G = Peso de gelatina (g)

$X_{JG}^G$  = Fracción de gelatina en calentamiento de la mezcla 2

XA = Peso de la goma xantana (g)

$X_{JG}^{XA}$  = Fracción de gelatina en calentamiento de la mezcla 2

B= Peso del bisulfito de sodio (g)

$X_{jG}^B$  =Fracción de bisulfito de sodio en calentamiento de la mezcla 2

E= Peso de la stevia (g)

$X_{jG}^E$  =Fracción de stevia en calentamiento de la mezcla 2

DG= Peso del jugo con gelatina (g)

ME= Peso de la mezcla de jugos (g)

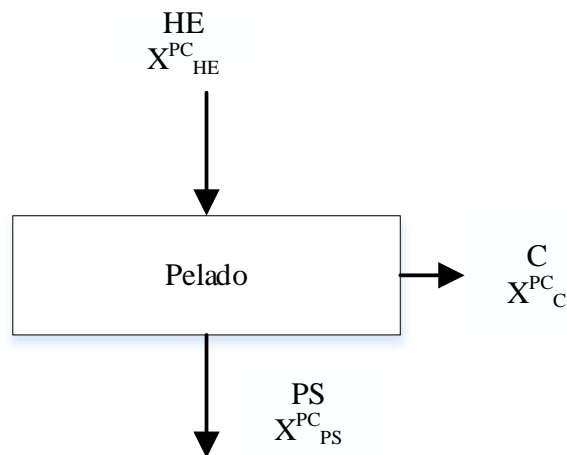
PME= Peso de la perdida en mezcla de jugos (g)

PM= Peso de la pérdida en moldeado (g)

GS= Peso de las gomas masticables con pulpa de sábila y stevia (g)

#### 4.9.1 Balance de materia en la etapa de pelado

En la figura 4.18, se muestra la etapa de pelado para realizar el balance de materia.



**Fuente:** Elaboración Propia

**Figura 4.18** Balance de materia en la etapa de pelado

Para obtener el valor de  $X_{HE}^{PC}$ , se toma en cuenta la cantidad de porción comestible obtenido de la tabla 4.1.

Balance de materia global en la etapa de pelado

$$HE = C + PS \quad \text{Ecuación (4.1)}$$

Donde:

$$HE = 1000 \text{ g}$$

$$X_{HE}^{PC} = 0,5026$$

Balance parcial de la porción comestible de hoja de sábila en la etapa de pelado

$$HE X_{HE}^{PC} = C X_C^{PC} + PS X_{PS}^{PC}$$

$$PS = HE X_{HE}^{PC} \quad \text{Ecuación (4.2)}$$

Remplazando los datos en la ecuación 4.2:

$$PS = 1000 \text{ g} * 0,5026 \quad \text{Ecuación (4.3)}$$

$$PS = 502,60 \text{ g de pulpa de sábila}$$

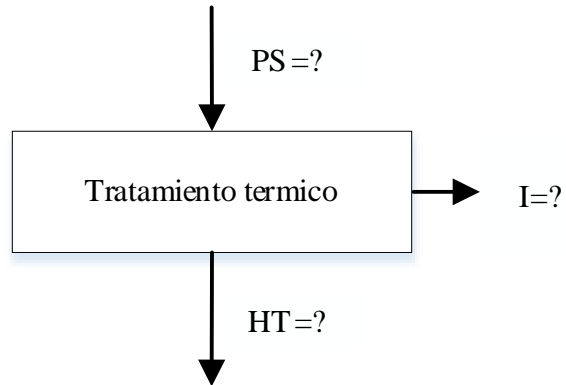
Despejando y remplazando los datos en la ecuación 4.1:

$$C = 1000 \text{ g} - 502,60 \text{ g}$$

$$C = 497,40 \text{ g de cáscara}$$

#### 4.9.2 Balance de materia en la etapa de tratamiento térmico

En la figura 4.19 se muestra la etapa de tratamiento térmico para realizar el balance de materia.



**Fuente:** Elaboración Propia

**Figura 4.19** Balance de materia en la etapa de tratamiento térmico

Donde:

$$PS = 502,60 \text{ g}$$

$$HT = 497,32 \text{ g}$$

Balance de materia global en la etapa de tratamiento térmico

$$PS = I + HT$$

***Ecuación (4.4)***

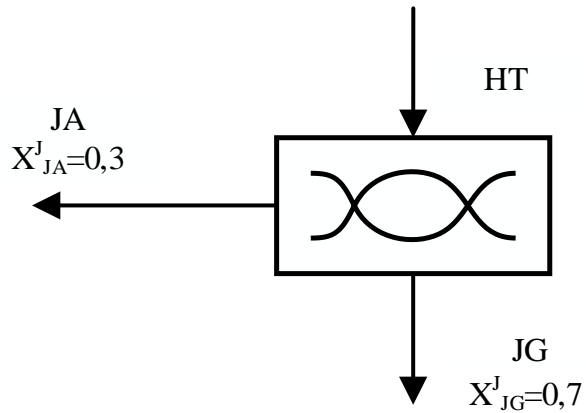
Remplazando y despejando I de la ecuación 4.4 se obtiene:

$$I = 502,60 \text{ g} - 497,32 \text{ g}$$

$$I = 5,28 \text{ g de impurezas}$$

#### **4.9.3 Balance de materia en la etapa de licuado**

En la figura 4.20 se muestra la etapa de licuado para realizar el balance de materia.



**Fuente:** Elaboración Propia

**Figura 4.20** Balance de materia en la etapa de licuado

Donde:

$$HT = 497,32 \text{ g}$$

$$JA = ?$$

$$JG = ?$$

Para la dilución separada de los componentes sólidos se utiliza una proporción de jugo de 30% del total del jugo licuado para el azúcar y 70% para la gelatina.

Balance de materia global en la etapa de licuado

$$HT = JG + JA \quad \text{Ecuación (4.5)}$$

Balance parcial para jugo de sábila en el proceso de licuado

$$HT X^J_{HT} = JG X^J_{JG} + JA X^J_{JA} \quad \text{Ecuación (4.6)}$$

Despejando JG y reemplazando datos en la ecuación 4.6

$$JG = 497,32 \text{ g} * 0,70$$

$$JG = 348,124 \text{ g de jugo de sábila para el calentamiento de la mezcla 2}$$

Despejando JA y reemplazando datos en la ecuación 4.5

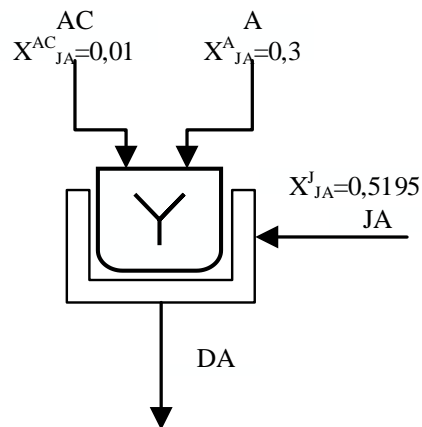
$$JA = HT - JG$$

$$JA = 497,32 \text{ g} - 348,124 \text{ g}$$

JA= 149,196 g de jugo de sábila para el calentamiento de la mezcla 1

#### 4.9.4 Balance de materia en la etapa de calentamiento de la mezcla 1

En la figura 4.21 se muestra la etapa de calentamiento de la mezcla 1 para realizar el balance de materia.



**Fuente:** Elaboración Propia

**Figura 4.21** Balance de materia en la etapa de calentamiento de la mezcla 1

Donde:

$$JA = 149,196 \text{ g}$$

Para la dosificación de ácido cítrico y azúcar, se utiliza en porcentaje de 1% y 30% en relación a la cantidad total de jugo obtenido del proceso de licuado datos obtenidos de la tabla 4.4.

Balance de materia global en la etapa de calentamiento de la mezcla 1

$$AC + A + JA = DA \qquad \qquad \qquad \text{Ecuación (4.7)}$$

Para el cálculo de AC se toma en cuenta los porcentajes de la muestra final (M4) datos obtenidos de la tabla 4.4:



$$AC = \left( \frac{HT}{X_{JA}} \right) * X^{AC} \quad \text{Ecuación (4.8)}$$

$$AC = \frac{(497,32 \text{ g})}{0,5195} * 0,01$$

$$AC = 9,573 \text{ g de ácido cítrico}$$

Para el cálculo de A se toma en cuenta los porcentajes de la muestra final (M4) datos obtenidos de la tabla 4.4:

$$A = \left( \frac{HT}{X_{JA}} \right) * X^A \quad \text{Ecuación (4.9)}$$

$$A = \frac{(497,32 \text{ g})}{0,5195} * 0,30$$

$$A = 287,192 \text{ g de azúcar}$$

Remplazando datos en ecuación 4.7

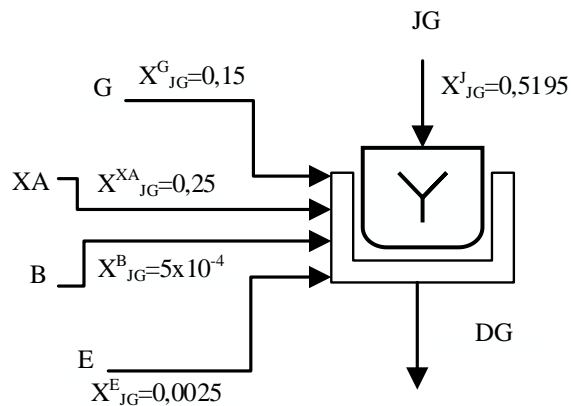
$$DA = AC + A + JA$$

$$DA = 9,573 \text{ g} + 287,192 \text{ g} + 149,196 \text{ g}$$

$$DA = 445,961 \text{ g de jugo con azúcar}$$

#### **4.9.5 Balance de materia en la etapa de calentamiento de la mezcla 2**

En la figura 4.22 se muestra la etapa de calentamiento de la mezcla 2 para realizar el balance de materia.



**Fuente:** Elaboración Propia

**Figura 4.22** Balance de materia en la etapa de calentamiento de la mezcla 2

Donde:

$$JG = 348,124 \text{ g}$$

Balance de materia global en la etapa de calentamiento de la mezcla 2

$$JG + G + XA + B + E = DG \quad \text{Ecuación (4.10)}$$

Para el cálculo de G se toma en cuenta los porcentajes de la muestra final (M4) obtenidos de la tabla 4.4:

$$G = \left( \frac{HT}{X_{JG}^J} \right) * X_{JG}^G \quad \text{Ecuación (4.11)}$$

$$G = \frac{(497,32 \text{ g})}{0,5195} * 0,15$$

$$G = 143,596 \text{ g de gelatina}$$

Para el cálculo de XA se toma en cuenta los porcentajes de la muestra final (M4) obtenidos de la tabla 4.4:

$$XA = \left( \frac{HT}{X_{JG}^J} \right) * X_{JG}^A \quad \text{Ecuación (4.12)}$$

$$XA = \frac{(497,32 \text{ g})}{0,5195} * 0,015$$

$X_A = 14,360$  g de goma xantana

Para el cálculo de B se toma en cuenta los porcentajes de la muestra final (M4) obtenidos de la tabla 4.4:

$$B = \left( \frac{HT}{X_{JG}^J} \right) * X_{JG}^B \quad \text{Ecuación (4.13)}$$

$$B = \frac{(497,32 \text{ g})}{0,5195} * 5 \times 10^{-4}$$

$B = 0,479$  g de bisulfito de sodio

Para el cálculo de E se toma en cuenta los porcentajes de la muestra final (M4) obtenidos de la tabla 4.4:

$$E = \left( \frac{HT}{X_{JG}^J} \right) * X_{JG}^E \quad \text{Ecuación (4.14)}$$

$$E = \frac{(497,32 \text{ g})}{0,5195} * 0,0025$$

$E = 2,393$  g de esencia de mora

Remplazando datos en 4.10

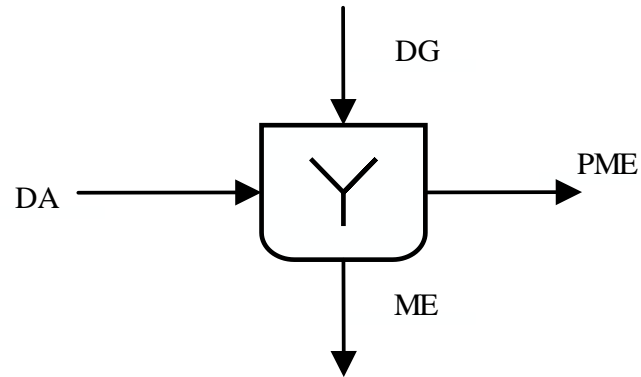
$$JG + G + X_A + B + E = DG$$

$$DG = 348,124 \text{ g} + 143,596 \text{ g} + 14,360 \text{ g} + 0,479 \text{ g} + 2,393 \text{ g}$$

$$DG = 508,952 \text{ g de jugo con gelatina}$$

#### **4.9.6 Balance de materia en la etapa de emulsificación**

En la figura 4.23 se muestra la etapa de emulsificación para realizar el balance de materia.



**Fuente:** Elaboración Propia

**Figura 4.23** Balance de materia en la etapa de emulsificación

Donde:

$$DG = 508,952 \text{ g}$$

$$DA = 445,961 \text{ g}$$

$$PME = 11,612 \text{ g}$$

Balance global de materia en la etapa de emulsificación

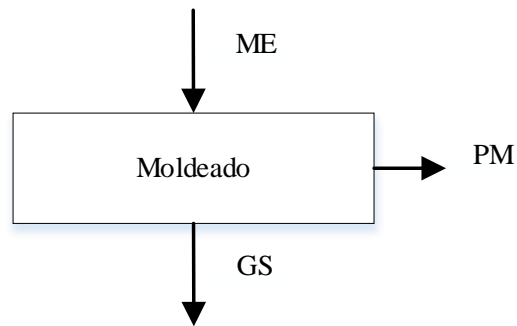
$$DA + DG = PME + ME \quad \text{Ecuación (4.15)}$$

$$ME = 508,952 \text{ g} + 445,961 \text{ g} - 11,612 \text{ g}$$

$$ME = 943,301 \text{ g de jugo emulsificación}$$

#### 4.9.7 Balance de materia en la etapa de moldeado

En la figura 4.24 se muestra la etapa de moldeado para realizar el balance de materia.



**Fuente:** Elaboración Propia

**Figura 4.24** Balance de materia en la etapa de moldeado

Donde:

$$ME = 943,301 \text{ g}$$

$$PM = 4,613 \text{ g}$$

Balance global de materia en la etapa de moldeado

$$ME = PM + GS$$

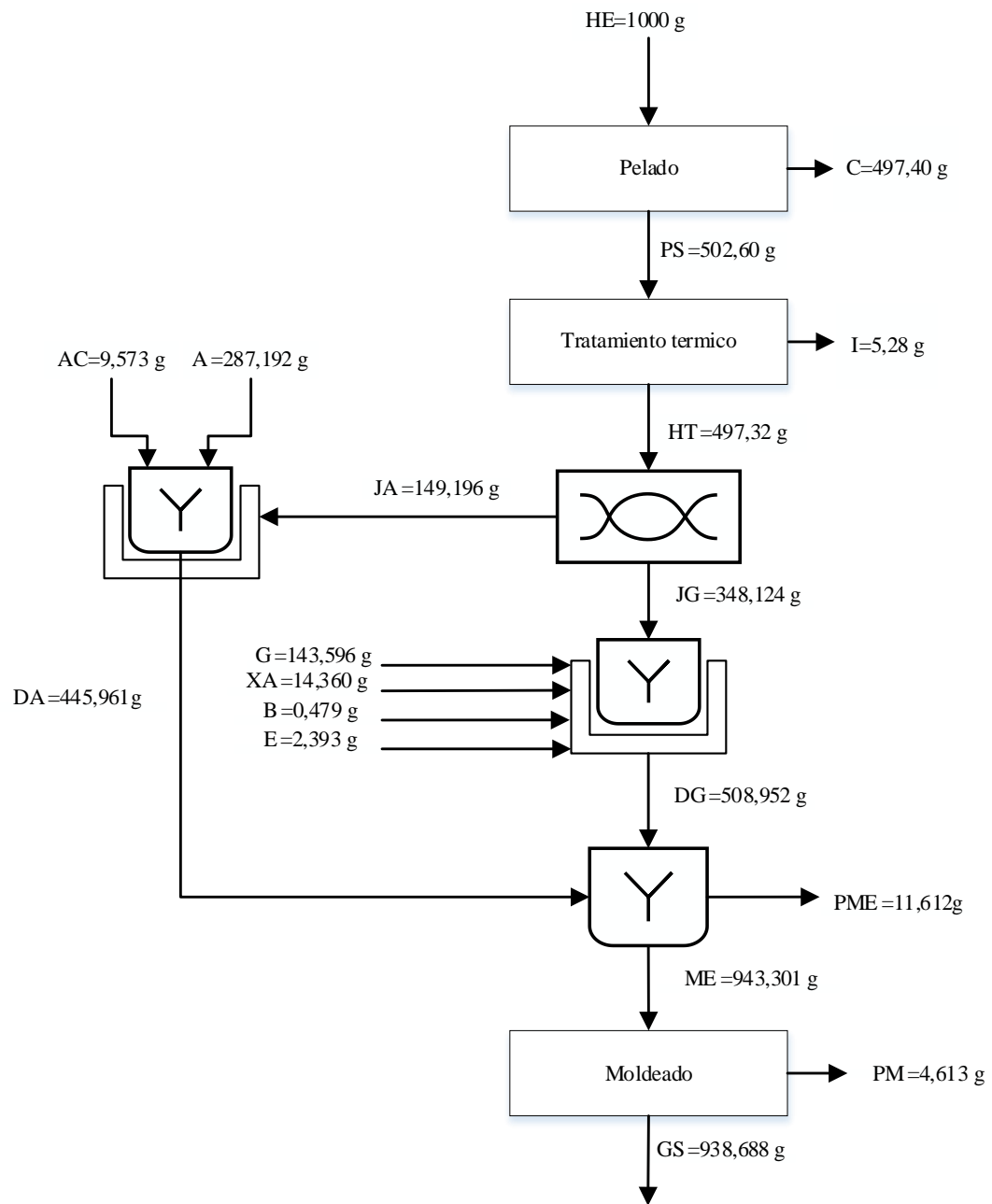
**Ecuación (4.16)**

$$GS = 943,301 \text{ g} - 4,613 \text{ g}$$

$$GS = 938,688 \text{ g de gomas masticables con pulpa de sábila y stevia}$$

#### **4.9.8 Resumen general del balance de materia en la elaboración de gomas masticables con pulpa de sábila y stevia**

En la figura 4.25 se muestra el resumen general del balance de materia para la elaboración de gomas masticables con pulpa de sábila y stevia.



**Fuente:** Elaboración Propia

**Figura 4.25** Balance general de materia para la elaboración de gomas masticables con pulpa de sábila y stevia

#### 4.10 Balance de energía en la elaboración de gomas masticables con pulpa de sábila y stevia

El balance de energía se realiza en el proceso de tratamiento térmico, licuado, calentamiento de la mezcla 1 y calentamiento de la mezcla 2.

El balance de energía para el proceso de calentamiento viene dado por las siguientes expresiones extraídas de (Valiente, 1994):

$$Q_G = -Q_C \quad \text{Ecuación (4.17)}$$

$$Q_G = M \cdot C_P \cdot (T_F - T_O) \quad \text{Ecuación (4.18)}$$

$$Q_C = M \cdot C_P \cdot (T_F - T_O) + M_V \cdot \lambda \quad \text{Ecuación (4.19)}$$

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n \quad \text{Ecuación (4.20)}$$

Según la ecuación 4.21 citada por (Lewis, 1993), se determina el calor específico de un producto ( $C_P$ ), en función de sus fracciones de masa de agua y la cantidad de sólidos solubles:

$$C_P = M_A \cdot C_A + M_S \cdot C_S \quad \text{Ecuación (4.21)}$$

Dónde:

$M_A$  = Fracción de masa de agua que contiene el producto

$C_A$  = Calor específico del agua

$M_S$  = Fracción en masa de los sólidos que contiene el producto

$C_S$  = Calor específico de los sólidos

**Para calcular el  $C_P$  de la gelatina neutra se utiliza la ecuación 4.21 remplazando los siguientes datos:**

$M_{A.Gelatina} = 0,115$  (fracción de masa de agua que contiene el producto)

$C_{A.Gelatina} = 4,18 \text{ Kj/kg}^\circ\text{C}$  (calor específico del agua)

$M_{S.Gelatina} = 0,885$  (fracción en masa de los sólidos que contiene el producto)

$$C_{S.Gelatina} = 1,46 \text{ Kj/kg}^\circ\text{C} \text{ (calor específico de los sólidos)}$$

$$C_{P.Gelatina} = 0,115*4,18 \text{ Kj/kg}^\circ\text{C} + 0,885*1,46 \text{ Kj/kg}^\circ\text{C}$$

$$C_{P.Gelatina} = 2,77 \text{ Kj/kg}^\circ\text{C} = 0,662 \text{ Kcal/kg}^\circ\text{C} \text{ Calor específico de la gelatina neutra}$$

**Para calcular el Cp de la sábila se utiliza la ecuación 4.21 reemplazando los siguientes datos:**

$$M_{A.Sábila} = 0,835 \text{ (fracción de masa de agua que contiene el producto)}$$

$$C_{A.Sábila} = 4,18 \text{ Kj/kg}^\circ\text{C} \text{ (calor específico del agua)}$$

$$M_{S.Sábila} = 0,165 \text{ (fracción en masa de los sólidos que contiene el producto)}$$

$$C_{S.Sábila} = 1,46 \text{ Kj/kg}^\circ\text{C} \text{ (calor específico de los sólidos)}$$

$$C_{PSábila} = 0,835*4,18 \text{ Kj/kg}^\circ\text{C} + 0,165*1,46 \text{ Kj/kg}^\circ\text{C}$$

$$C_{PSábila} = 3,731 \text{ Kj/kg}^\circ\text{C} = 0,892 \text{ Kcal/kg}^\circ\text{C} \text{ Calor específico de la pulpa de sábila.}$$

**Para calcular el Cp del azúcar se utiliza la ecuación 4.21 reemplazando los siguientes datos:**

$$M_{A.Azúcar} = 0,002 \text{ (fracción de masa de agua que contiene el producto)}$$

$$C_{A.Azúcar} = 4,18 \text{ Kj/kg}^\circ\text{C} \text{ (calor específico del agua)}$$

$$M_{S.Azúcar} = 0,998 \text{ (fracción en masa de los sólidos que contiene el producto)}$$

$$C_{S.Azúcar} = 1,46 \text{ Kj/kg}^\circ\text{C} \text{ (calor específico de los sólidos)}$$

$$C_{P.Azúcar} = 0,002*4,18 \text{ Kj/kg}^\circ\text{C} + 0,998*1,46 \text{ Kj/kg}^\circ\text{C}$$

$$C_{P.Azúcar} = 1,47 \text{ Kj/kg}^\circ\text{C} = 0,351 \text{ Kcal/kg}^\circ\text{C} \text{ Calor específico del azúcar.}$$

En tabla 4.18, se puede observar la capacidad calorífica del agua y del acero inoxidable.

**Tabla 4.18**

*Capacidad calorífica del agua y el acero inoxidable*

Capacidad calorífica	Unidad	Valor
Acero inoxidable AISI 304	Kcal/Kg°C	0,12
Agua	Kcal/Kg°C	1,00

**Fuente:** Hidalgo, 2010



#### 4.10.1 Balance de energía en el proceso de licuado

Para el licuado se utilizó una licuadora con una potencia de 0,096 Kcal/s.

En base a la ecuación 4.30 citada por (Valiente, 1994) la energía eléctrica necesaria para realizar el licuado durante 2 min es:

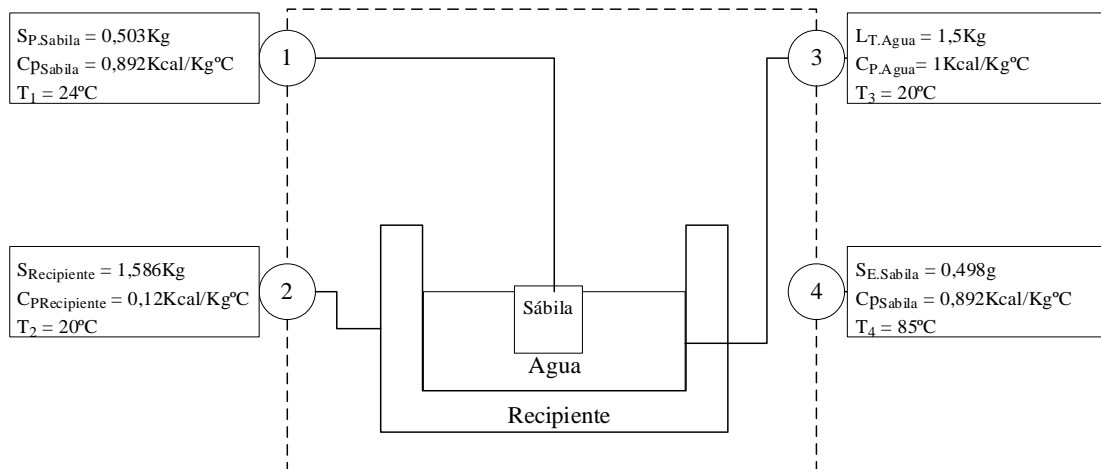
$$E_{Licuadora} = 0,096 \frac{kcal}{s} * 120 s \quad \text{Ecuación 4.22}$$

$$E_{Licuadora} = 11,472 \text{ Kcal}$$

La cantidad de energía necesaria para realizar el proceso de licuado es de 11,472 Kcal.

#### 4.10.2 Balance de energía en el proceso de tratamiento térmico

En la figura 4.26 Se muestra el esquema del proceso de tratamiento térmico.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.26** Balance de energía en la etapa de tratamiento térmico

Donde:

$S_{P.Sabila}$  = Peso de pulpa sábila (Kg)

$S_{Recipiente}$  = Peso del recipiente (Kg)

$L_{T.Agua}$  = Peso del agua (Kg)

$S_{E.Sabila}$  = Peso de sábila escaldada (Kg)

En la figura 4.26, se observa el sistema de transferencia de calor que se utiliza para el tratamiento térmico de las hojas de sábila realizado en un recipiente de acero inoxidable.

Para el cálculo del calor requerido para calentar las hojas de sábila se utiliza la ecuación 4.18.

Datos:

$$S_{P.Sabila} = 0,503 \text{ kg}$$

$$Q_{P.Sabila} = 0,503 \text{ Kg} * 0,892 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^{\circ}\text{C}} (85 - 24) ^{\circ}\text{C} = 27,369 \text{ Kcal}$$

Para el cálculo del calor requerido para calentar el recipiente se utiliza la ecuación 4.18.

Datos:

$$S_{Recipiente} = 1,586 \text{ kg}$$

$$Q_{T.Recipiente} = 1,586 \text{ Kg} * 0,12 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^{\circ}\text{C}} (85 - 20) ^{\circ}\text{C} = 12,371 \text{ Kcal}$$

Para el cálculo del calor requerido para calentar el agua se utiliza la ecuación 4.18.

Datos:

$$L_{T.Agua} = 1,5 \text{ kg}$$

$$Q_{Agua} = 1,5 \text{ Kg} * 1 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^{\circ}\text{C}} (85 - 20) ^{\circ}\text{C} = 97,5 \text{ Kcal}$$

Para el cálculo del requerimiento total de calor en la etapa de tratamiento térmico se utiliza la ecuación 4.20.

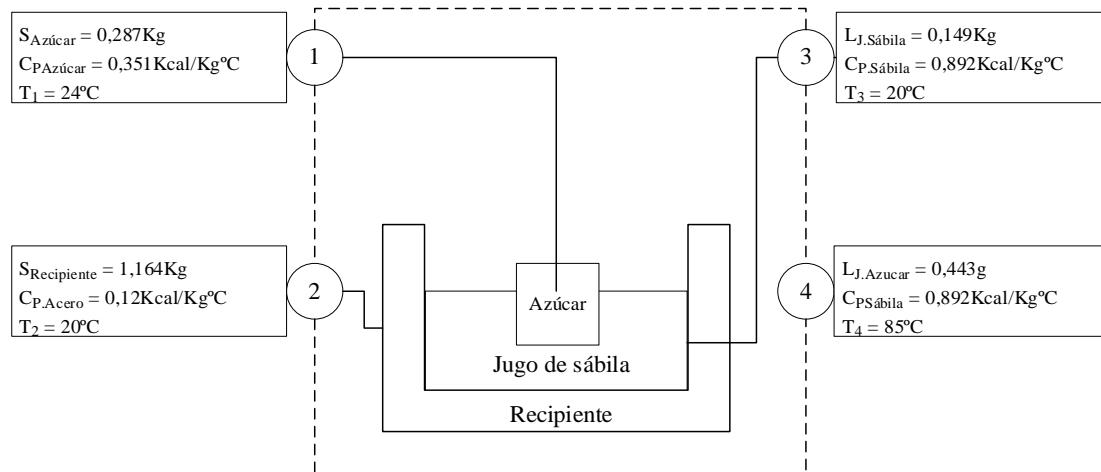
$$Q_{T.Térmico} = Q_{P.Sabila} + Q_{T.Recipiente} + Q_{Agua}$$

$$Q_{T.Térmico} = 27,369 \text{ Kcal} + 12,371 \text{ Kcal} + 97,5 \text{ Kcal} = 137,24 \text{ Kcal}$$

El calor requerido en la etapa de tratamiento térmico es de 137,24 Kcal para 0,502 Kg de pulpa de sábila.

### 4.10.3 Balance de energía en el proceso de calentamiento de la mezcla 1

En la figura 4.27 Se muestra el esquema del proceso de calentamiento de la mezcla 1.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.27** Balance de energía en la etapa de calentamiento de la mezcla 1

Donde:

$S_{Azúcar}$  = Peso de azúcar (Kg)

$S_{Recipiente}$  = Peso de recipiente (Kg)

$L_{J.Sábila}$  = Peso de jugo de sábila (Kg)

$L_{J.Azúcar}$  = Peso de jugo de sábila con azúcar (Kg)

En la figura 4.27, se observa el sistema de transferencia de calor que se utiliza para el proceso de calentamiento de la mezcla 1 realizado en una cocina industrial en un recipiente de acero inoxidable.

Para el cálculo del calor requerido para calentar el azúcar se utiliza la ecuación 4.18.

Datos:

$S_{Azúcar} = 0,287 \text{ Kg}$

$$Q_{Azúcar} = 0,287 \text{ Kg} * 0,351 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} (85 - 24) ^\circ\text{C} = 6,145 \text{ Kcal}$$

Para el cálculo del calor requerido para calentar el recipiente se utiliza la ecuación 4.18.

Datos:

$$S_{\text{Recipiente}} = 1,164 \text{ Kg}$$

$$Q_{A.\text{Recipiente}} = 1,164 \text{ Kg} * 0,12 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} (85 - 20) ^\circ\text{C} = 9,079 \text{ Kcal}$$

Para el cálculo del calor requerido para calentar el jugo de sábila se utiliza la ecuación 4.18.

Datos:

$$L_{J.\text{Sábila}} = 0,149 \text{ Kg}$$

$$Q_{J.\text{Sábila}} = 0,149 \text{ Kg} * 0,892 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} (85 - 20) ^\circ\text{C} = 8,065 \text{ Kcal}$$

Para el cálculo del requerimiento total de calor en la etapa de calentamiento de la mezcla 1 se utiliza la ecuación 4.20.

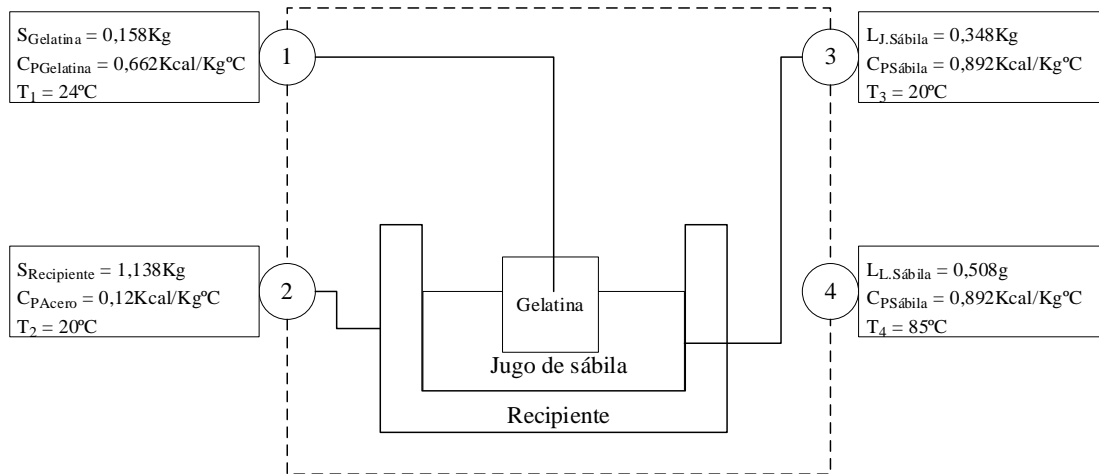
$$Q_{A.\text{Azúcar}} = Q_{A.\text{Recipiente}} + Q_{\text{Azucar}} + Q_{J.\text{Sábila}}$$

$$Q_{A.\text{Azúcar}} = 6,145 \text{ Kcal} + 9,079 \text{ Kcal} + 8,065 \text{ Kcal} = 23,289 \text{ Kcal}$$

El calor requerido en la etapa de calentamiento de la mezcla 1 es de 23,287 Kcal para 0,528 Kg de azúcar y 0,149 Kg de jugo de sábila.

#### 4.10.4 Balance de energía en el proceso de calentamiento de la mezcla 2

En la figura 4.28 Se muestra el esquema del proceso de calentamiento de la mezcla 2.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.28** Balance de energía en la etapa de calentamiento de la mezcla 2

Donde:

$S_{Gelatina}$  = Peso de gelatina y goma xantana (Kg)

$S_{Recipiente}$  = Peso de recipiente (Kg)

$L_{J.Sábila}$  = Peso de jugo de sábila (Kg)

$L_{J.Gelatina}$  = Peso de jugo de sábila con gelatina (Kg)

En la figura 4.28, se observa el sistema de transferencia de calor que se utiliza para el proceso de calentamiento de la mezcla 2 realizado en una cocina industrial en un recipiente de acero inoxidable.

Para el cálculo del calor requerido para calentar la gelatina, se utiliza la ecuación 4.18.

Datos:

$$S_{\text{Gelatina}} = 0,158 \text{ Kg}$$

$$Q_{\text{Gelatina}} = 0,158 \text{ Kg} * 0,662 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} (85 - 24) ^\circ\text{C} = 6,380 \text{ Kcal}$$

Para el cálculo del calor requerido para calentar el recipiente se utiliza la ecuación 4.18.

Datos:

$$S_{\text{Recipiente}} = 1,138 \text{ Kg}$$

$$Q_{\text{G.Recipiente}} = 1,138 \text{ Kg} * 0,12 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} (85 - 20) ^\circ\text{C} = 8,876 \text{ Kcal}$$

Para el cálculo del calor requerido para calentar el jugo de sábila se utiliza la ecuación 4.18.

Datos:

$$L_{\text{J.Sábila}} = 0,348 \text{ Kg}$$

$$Q_{\text{J.Sábila}} = 0,348 \text{ Kg} * 0,892 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} (85 - 20) ^\circ\text{C} = 20,177 \text{ Kcal}$$

Para el cálculo del requerimiento total de calor en la etapa de calentamiento de la mezcla 2 se utiliza la ecuación 4.20.

$$Q_{A.\text{Gelatina}} = Q_{\text{Gelatina}} + Q_{\text{G.Recipiente}} + Q_{\text{J.Sábila}}$$

$$Q_{A.\text{Gelatina}} = 6,380 \text{ Kcal} + 8,876 \text{ Kcal} + 20,177 \text{ Kcal} = 35,433 \text{ Kcal}$$

El calor requerido en la etapa de calentamiento de la mezcla 2 es de 35,433 Kcal para 0,158 Kg de gelatina mezclada con goma xantana y 0,348 Kg de jugo de sábila.

Para el cálculo del requerimiento total de calor de todo el proceso se utiliza la ecuación 4.20.

$$Q_T = E_{\text{Licuadora}} + Q_{T.\text{termico}} + Q_{A.\text{Azucar}} + Q_{A.\text{Gelatina}}$$

$$Q_T = 11,472 \text{ Kcal} + 137,24 \text{ Kcal} + 23,289 \text{ Kcal} + 35,433 \text{ Kcal} = 207,434 \text{ Kcal}$$

El calor requerido en todo el proceso es de 207,434 Kcal para producir 947,61 g de gomas masticables con pulpa de sábila y stevia.

**CAPÍTULO V**

**CONCLUSIONES Y**

**RECOMENDACIONES**



## 5.1 Conclusiones

Según los análisis obtenidos en el presente trabajo de investigación, se puede establecer las siguientes conclusiones.

- En la determinación de las propiedades físicas de la hoja de sábila se tiene: Largo 20,24+0,05cm.; ancho inferior SC 6,92+0,05cm.; ancho inferior CC 7,21+0,05cm.; ancho superior SC 3,85+0,05cm.; ancho superior CC 4,20+0,05cm.; espesor SC 0,88+0,05cm.; espesor CC 0,96+0,05cm.; peso SC 45,56g.; peso CC 90,60g.; parte comestible 50,26%; parte no comestible 49,74%.
- En base a los análisis fisicoquímicos se observa que la pulpa de sábila contiene: humedad 99,32%; proteínas 0,29%; fibra n. d; hidratos de carbono 0,39%; materia grasa n. d; cenizas n. d; valor energético 2,72Kcal/100g; calcio 67mg/100g; magnesio 5,1mg/100g; y potasio total 19,3mg/100g.
- En base a los análisis microbiológicos se observa que la pulpa de sábila contiene:  $<1,0 \cdot 10^1$  UFC/g de Escherichia coli y ausencia total de salmonella.
- Realizada la evaluación sensorial para el ensayo 1, se observa que la mediana de puntuaciones con mayor relevancia es M4 (4,25) en el atributo sabor, en comparación a las demás muestras. Por lo tanto, indica que el 50% de los jueces que evaluaron dieron una puntuación de 4,25 o menos. Así mismo, el estadístico de Tukey se observa que existe diferencia significativa en los atributos aroma (3,08>2,77), textura (34,78>2,77), sabor (6,11>2,77) y aceptabilidad (7,60>2,77). Sin embargo, el atributo color (0,50<2,77), no existe diferencia significativa  $p<0,05$ .
- Realizada la evaluación sensorial para el ensayo 2, se observa que la mediana de puntuaciones con mayor relevancia es M6 (3,90) en el atributo sabor, en comparación a las demás muestras. Por lo tanto, indica que el 50% de los jueces que evaluaron dieron una puntuación de 3,90 o menos. Así mismo, el estadístico de Tukey se observa que existe diferencia significativa en los atributos textura

(19,37>2,77), sabor (3,26>2,77) y aceptabilidad (4,43>2,77). Sin embargo, los atributos aroma (0,61<2,77) y color (0,15<2,77), no existe diferencia significativa  $p<0,05$ .

- Realizada la evaluación sensorial para el ensayo 3, se observa que la mediana de puntuaciones con mayor relevancia es M4 (4,50) en el atributo color, en comparación a las demás muestras. Por lo tanto, indica que el 50% de los jueces que evaluaron dieron una puntuación de 4,50 o menos. Así mismo, el estadístico de Tukey se observa que existe diferencia significativa en los atributos color (7,43>2,77), textura (7,48>2,77) y sabor (3,26>2,77). Sin embargo, los atributos aroma (0,22<2,77) y aceptabilidad (1,20>2,77) no existe diferencia significativa  $p<0,05$ .
- Para la selección de la muestra referencia, se observa que la mediana de puntuaciones con mayor relevancia es MR1 (4,10) en el atributo sabor, en comparación a las demás muestras. Por lo tanto, indica que el 50% de los jueces que evaluaron dieron una puntuación de 4,10 o menos. Así mismo, el estadístico de Tukey se observa que existe diferencia significativa en los atributos textura (6,98>2,77), sabor (3,79>2,77) y aceptabilidad (5,33>2,77). Sin embargo, los atributos aroma (0,33<2,77) y color (0,76<2,77), no existe diferencia significativa  $p<0,05$ .
- En la comparación del producto final con la muestra referencia, se observa que para el atributo sabor el 65% de los jueces prefirieron la muestra M4 y el 35% de los jueces la muestra MR1 y para el atributo textura el 70% de los jueces prefirieron la muestra M4 y el 30% de los jueces la muestra MR1, mostrando que la muestra con mayor porcentaje de aceptación en ambos atributos es la muestra M4.
- Según los resultados del diseño factorial el factor A (tiempo de emulsificación) y la interacción AB; fueron significativos para el proceso de emulsificación. Pero no así los factores B (concentración de jugo de sábila), C (concentración

de gelatina) e interacciones AC, BC y ABC; ya que  $F_{Cal} < F_{Tab}$  para un nivel de confianza del 95%.

- Las figuras y las tablas de datos de la influencia de los factores en la pérdida de humedad de las gomas masticables con pulpa de sábila y stevia durante el desarrollo del diseño experimental indican que las interacciones más significativas son: la muestra H4 (1min tiempo de mezclado, 55% de concentración de jugo de sábila y 15% de concentración de gelatina), que tarda un total de 105min. siendo este el tiempo más corto, en relación a la muestra H12 (3min, 55%, 15%) que tarda un total de 145min.
- Los resultados de la gráfica de viscosidad indica que la concentración de gelatina y la temperatura a la cual se encuentra la mezcla influye en la viscosidad que esta presenta, en los cuatro casos se pudo notar que existe una temperatura en la cual la viscosidad tiende a tomar un aumento acelerado siendo a 40°C para una concentración de gelatina del 10% (V1) y del 12% (V2) y 45°C para una concentración de gelatina del 15% (V3) y del 20% (V4).
- Los resultados del análisis fisicoquímico de las gomas masticables con pulpa de sábila y stevia muestra que contiene: humedad 56,20%; cenizas (base seca) 4,57%; materia seca 43,80%; proteína total 4,00g/100g; fibra 0,10g/100g; hidratos de carbono 25,39g/100g; materia grasa 0,00g/100g; valor energético 117,56Kcal/100g; calcio 102mg/100g; magnesio 61mg/100g; y potasio total 39mg/100g.
- Los resultados del análisis microbiológico de las gomas masticables con pulpa de sábila y stevia muestra que: presentan ausencia de coliformes fecales, coliformes totales y escherichia coli.
- En el balance de materia se pudo evidenciar que para producir 947,16 g de gomas masticables con pulpa de sábila y stevia se requiere 1000 g de hojas de sábila enteras.
- En el balance de energía se evidencia que para producir 938,688 g de gomas masticables con pulpa de sábila y stevia se requiere 207,434 Kcal.

## 5.2 Recomendaciones

- Implementar una planta piloto para la elaboración de gomas masticables con pulpa de sábila y stevia con el fin de aprovechar las propiedades nutricionales de esta hoja dándole un valor calentamiento.
- Se sugiere realizar investigaciones más profundas y en mejores condiciones de trabajo en cuanto se refiere al control de viscosidad, secado y emulsificación aprovechando el nuevo laboratorio de la carrera de Ingeniería en Alimentos.
- Realizar un estudio de prefactibilidad para la elaboración de gomas masticables con pulpa de sábila y stevia, para determinar el mercado más adecuado y los costos de producción.