

**“UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**CARRERA INGENIERÍA DE ALIMENTOS**



**ELABORACIÓN DE GOMAS MASTICABLES CON PULPA DE  
SÁBILA (*ALOE VERA*) Y STEVIA**

**POR:**

**ROMEL EDUARDO CARDOZO VILLA**

Trabajo final de grado presentado a consideración de la **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**, como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería de Alimentos

**TARIJA-BOLIVIA**

**NOVIEMBRE, 2020**

El tribunal calificador del presente trabajo no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el presente trabajo, siendo las mismas únicamente responsabilidad del autor.

**DEDICATORIAS:**

A mis padres Felicidad Villa y Oligio Cardozo que me brindaron su total apoyo y cariño incondicional.

A toda mi familia y demás personas que me apoyaron, acompañaron y ayudaron a lograr este objetivo.

### **AGRADECIMIENTOS:**

A mis padres Felicidad Villa y Oligio Cardozo por el aliento, apoyo, comprensión y sacrificio incondicional durante el tiempo de estudio.

A mis hermanos Daniel y Ulises por sus consejos, cariño amor y por siempre estar ahí.

A Daniela Rivera por su apoyo, ayuda, amor y por haber sido mi compañera de vida durante ese bello tiempo.

Al docente guía Ing. Erick Ramírez R. por el tiempo dedicación y paciencia durante la elaboración del presente trabajo.

Al Ing. Luis Fernando Zenteno B., la Ing. Beatriz Margot Sossa M. e Ing. Natividad Condori V. por su aliento apoyo y por dedicarme parte de su tiempo para corregir el presente trabajo.

A los docentes de la carrera de Ingeniería de Alimentos a quienes debo los conocimientos adquiridos en estos años, gracias por su paciencia y confianza.

A todos mis amigos por brindarme su amistad, cariño confianza y apoyo en los mejores años de mi vida.

**PENSAMIENTO:**

“El niño que no sea abrazado por su tribu, cuando sea adulto, quemará la aldea para poder sentir su calor” -Proverbio Africano-

# ÍNDICE

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes _____	1
1.2 Justificación _____	2
1.3 Objetivos _____	2
1.3.1 Objetivo general _____	2
1.3.2 Objetivos específicos _____	3
1.4 Variables dependientes e independientes _____	4
1.5 Planteamiento del problema _____	4
1.6 Formulación del problema _____	4
1.7 Formulación de la hipótesis _____	4

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Origen de las gomas masticables _____	5
2.2 Definición de confitado o producto alto en azúcar _____	5
2.2.1 Definición de gomas _____	5
2.3 Clasificación de los productos confitados _____	6
2.3.1 Caramelos duros _____	6
2.3.2 Caramelos suaves o blandos _____	6
2.3.3 Gomas masticables _____	7
2.4 Valor nutricional de las gomas masticables con pulpa de sábila _____	7
2.5 Materia prima e insumos para la elaboración de gomas masticables con pulpa de sábila y stevia _____	7

2.5.1 Hoja de sábila _____	8
2.5.1.1 Clasificación taxonómica de la hoja de sábila _____	8
2.5.1.2 Información nutricional de la hoja de sábila _____	8
2.5.1.3 Importancia nutricional de la hoja de sábila _____	9
2.5.1.4 La hoja de sábila como componente de un alimento funcional _____	9
2.5.1.5 Beneficios para la salud del consumo de la pulpa de sábila _____	10
2.5.2 Insumos en la elaboración de gomas masticables con pulpa de sábila y stevia _____	10
2.5.2.1 Azúcar o sacarosa _____	11
2.5.2.2 Gelatina sin sabor _____	11
2.5.2.3 Goma xantana _____	12
2.5.2.4 Bisulfito de sodio _____	12
2.5.2.5 Ácido cítrico _____	13
2.5.2.6 Colorante alimenticio natural rojo _____	13
2.5.2.7 Saborizante (esencia de mora) _____	13
2.5.2.8 Stevia en polvo _____	14
2.6 Operaciones unitarias utilizadas durante la elaboración de gomas masticables con pulpa de sábila y stevia _____	14
2.6.1 Emulsificación sólido - líquido _____	15
2.6.1.1 Factores que afectan al emulsificación _____	15
2.6.1.1.1 Tamaño de la partícula _____	15
2.6.1.1.2 Tiempo de emulsificación _____	16
2.7 La gelificación _____	16

2.7.1 Gel	17
2.7.2 Características de las proteínas relevantes en la gelificación	17
2.7.2.1 Desnaturalización de las proteínas	17
2.7.3 Inducción de la gelificación	18
2.7.4 Interacciones hidrofóbicas durante la gelificación	19
2.7.5 Métodos de gelificación	19
2.7.6 Estructura de la red del gel	19
2.7.7 Proteínas globulares	20
2.7.8 Geles mixtos proteína/polisacárido	22

### **CAPÍTULO III: DISEÑO METODOLÓGICO**

3.1 Desarrollo de la parte experimental	26
3.2 Equipos de proceso, instrumentos de laboratorio y utensilios de cocina	26
3.2.1 Equipos	26
3.2.1.1 Cocina industrial	26
3.2.1.2 Licuadora	27
3.2.1.3 Envasadora al vacío	27
3.2.2 Instrumentos de laboratorio	28
3.2.2.1 Balanza digital	28
3.2.2.2 Refractómetro	28
3.2.2.3 Balanza infrarroja	29
3.2.2.4 Reómetro	30
3.2.3 Material de laboratorio	30

3.2.4 Utensilios de cocina _____	31
3.3 Reactivos e insumos alimentarios _____	31
3.3.1 Reactivos de grado alimenticio _____	31
3.3.2 Insumos alimentarios _____	32
3.4 Descripción del proceso de elaboración de gomas masticables con pulpa de sábila y stevia _____	32
3.4.1. Descripción del diagrama de proceso de elaboración de gomas masticables con pulpa de sábila y stevia _____	34
3.4.1.1 Hoja de sábila _____	34
3.4.1.2 Selección _____	34
3.4.1.3 Lavado _____	34
3.4.1.4 Pelado _____	34
3.4.1.5 Tratamiento térmico _____	34
3.4.1.6 Licuado _____	35
3.4.1.7 Calentamiento de la mezcla 1 _____	35
3.4.1.8 Calentamiento de la mezcla 2 _____	35
3.4.1.9 Emulsificación _____	35
3.4.1.10 Moldeado _____	35
3.4.1.11 Envasado _____	36
3.4.1.12 Almacenado _____	36
3.5 Metodología para la obtención de resultados _____	36
3.5.1 Propiedades físicas de las hojas de sábila _____	36
3.5.2 Análisis fisicoquímico de la hoja de sábila _____	37

3.5.3 Análisis microbiológico de la hoja de sábila _____	38
3.6 Evaluación sensorial de los alimentos _____	38
3.7 Caracterización de las gomas masticables con pulpa de sábila y stevia _____	40
3.7.1 Análisis fisicoquímico de las gomas masticables con pulpa de sábila y stevia _____	40
3.7.2 Análisis microbiológico de las gomas masticables con pulpa de sábila y stevia _____	40
3.8 Diseño experimental _____	41
3.8.1 Diseño factorial mixto de tres variables _____	41

#### **CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES**

4.1 Caracterización de la materia prima _____	45
4.1.1 Propiedades físicas de la hoja de sábila _____	45
4.1.2 Análisis fisicoquímico de la pulpa de sábila _____	47
4.1.3 Análisis microbiológico de la pulpa de sábila _____	47
4.2 Caracterización de las variables del proceso para la elaboración de gomas masticables con pulpa de sábila y stevia _____	48
4.2.1 Elaboración de muestras preliminares de gomas masticables con pulpa de sábila y stevia _____	48
4.2.2 Dosificación de gelatina y goma xantana para el ensayo 1 _____	49
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 _____	49
4.2.3 Dosificación de azúcar y stevia para el ensayo 2 _____	50

4.2.3.1 Estadístico de caja y bigote y prueba de Tukey en la dosificación de azúcar y stevia para el ensayo 2 _____	51
4.2.4 Selección de muestra preliminar variando la dosificación de esencia de mora en las gomas masticables con pulpa de sábila y stevia _____	52
4.2.4.1 Estadístico de caja y bigote y prueba de Tukey para selección de muestra preliminar _____	53
4.3 Selección de muestra referencia de gomas masticables _____	54
4.3.1 Estadístico de caja y bigote y prueba de Tukey para selección de muestra referencia de gomas masticables _____	54
4.4 Comparación del producto final con la muestra referencia _____	55
4.5 Diseño experimental en el proceso de emulsificación en la elaboración de gomas masticables con pulpa de sábila y stevia _____	56
4.5.2 Significancia del factor (A) e interacción (AB) en el diseño factorial _____	58
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 _____	60
4.7 Control de la viscosidad durante la etapa de emulsificación _____	72
4.7.1 Variación de la viscosidad en relación a la temperatura _____	73
4.8 Caracterización de las gomas masticables con pulpa de sábila y stevia _____	74
4.8.1 Análisis fisicoquímico de las gomas masticables con pulpa de sábila y stevia _____	74
4.8.2 Análisis microbiológico de las gomas masticables con pulpa de sábila y stevia _____	75
4.9 Balance de materia para el proceso de elaboración de gomas masticables con pulpa de sábila y stevia _____	76

4.9.1 Balance de materia en la etapa de pelado _____	79
4.9.2 Balance de materia en la etapa de tratamiento térmico _____	80
4.9.3 Balance de materia en la etapa de licuado _____	81
4.9.4 Balance de materia en la etapa de calentamiento de la mezcla 1 _____	83
4.9.5 Balance de materia en la etapa de calentamiento de la mezcla 2 _____	84
4.9.6 Balance de materia en la etapa de emulsificación _____	86
4.9.7 Balance de materia en la etapa de moldeado _____	87
4.9.8 Resumen general del balance de materia en la elaboración de gomas masticables con pulpa de sábila y stevia _____	88
4.10 Balance de energía en la elaboración de gomas masticables con pulpa de sábila y stevia _____	90
4.10.1 Balance de energía en el proceso de licuado _____	92
4.10.2 Balance de energía en el proceso de tratamiento térmico _____	92
4.10.3 Balance de energía en el proceso de calentamiento de la mezcla 1 _____	94
4.10.4 Balance de energía en el proceso de calentamiento de la mezcla 2 _____	96

## **CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1 Conclusiones _____	99
5.2 Recomendaciones _____	102
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> _____	103

## **ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Valor nutricional de gomas masticables con pulpa de sábila _____	7
Tabla 2.2	Clasificación taxonómica de la planta de sábila _____	8
Tabla 2.3	Información nutricional de la hoja de sábila _____	9
Tabla 3.1	Material de laboratorio _____	30
Tabla 3.2	Utensilios de cocina _____	31
Tabla 3.3	Reactivos químicos de grado alimenticio _____	31
Tabla 3.4	Insumos alimentarios _____	32
Tabla 3.5	Propiedades físicas de la sábila _____	37
Tabla 3.6	Análisis fisicoquímico de la hoja de sábila _____	37
Tabla 3.7	Análisis microbiológico de la hoja de sábila _____	38
Tabla 3.8	Evaluaciones sensoriales realizadas en la elaboración de gomas masticables con pulpa de sábila y stevia _____	39
Tabla 3.9	Análisis fisicoquímico de las gomas masticables con pulpa de sábila y stevia _____	40
Tabla 3.10	Análisis microbiológico de las gomas masticables con pulpa de sábila y stevia _____	41
Tabla 3.11	Niveles de variación de los factores _____	42
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 _____	43
Tabla 4.1	Propiedades físicas de la hoja de sábila con cáscara (CC) y sin cáscara (SC) _____	46
Tabla 4.2	Análisis fisicoquímico de la pulpa de sábila _____	47

Tabla 4.3	Análisis microbiológico de la pulpa de sábila _____	47
Tabla 4.4	Dosificación de gelatina y goma xantana para el ensayo 1 _____	49
Tabla 4.5	Dosificación de azúcar y stevia para el ensayo 2 _____	51
Tabla 4.6	Dosificación de esencia de mora para el ensayo 3 _____	52
Tabla 4.7	Contenido de humedad en base húmeda durante el proceso de emulsificación _____	57
Tabla 4.8	Análisis de varianza del diseño experimental AxBxC en el proceso de emulsificación _____	58
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 _____	61
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 _____	63
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 _____	65
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 _____	67
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 _____	69
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 _____	71

Tabla 4.15 Variación de la viscosidad en relación a la temperatura a diferentes concentraciones de gelatina _____	73
Tabla 4.16 Análisis fisicoquímico de las gomas masticables con pulpa de .sabila y stevia _____	75
Tabla 4.17 Análisis microbiológico de las gomas masticables con pulpa de sábila y stevia _____	75
Tabla 4.18 Capacidad calorífica del agua y el acero inoxidable _____	91

### ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 2.1</i> Clasificación de los productos confitados _____	6
<i>Figura 2.2</i> Tipos de geles formadas a partir de proteínas globulares _____	20
<i>Figura 2.3</i> Geles transparentes de filamentos finos _____	21
<i>Figura 2.4</i> Geles opacos de filamentos gruesos _____	22
<i>Figura 2.5</i> Redes acopladas _____	24
<i>Figura 2.6</i> Redes interpenetrantes _____	24
<i>Figura 2.7</i> Redes de fases separadas _____	25
<i>Figura 3.1</i> Cocina industrial _____	27
<i>Figura 3.2</i> Licuadora _____	27
<i>Figura 3.3</i> Envasadora al vacío _____	28
<i>Figura 3.4</i> Balanza digital _____	28
<i>Figura 3.5</i> Refractómetro _____	29
<i>Figura 3.6</i> Balanza infrarroja _____	29
<i>Figura 3.7</i> Reómetro _____	30

<i>Figura 3.8</i>	Diagrama de bloques de la elaboración de gomas masticables con pulpa de sábila y stevia _____	33
<i>Figura 3.9</i>	Algoritmo para el diseño factorial de tres variables en la etapa de emulsificación durante la elaboración de gomas con pulpa de sábila y stevia _____	44
<i>Figura 4.1</i>	Elaboración de muestras preliminares de gomas masticables con pulpa de sábila y stevia _____	48
<i>Figura 4.2</i>	Caja y bigote en la dosificación de gelatina y goma xantana ara el ensayo 1 _____	50
<i>Figura 4.3</i>	Caja y bigote en la dosificación de azúcar y stevia para el ensayo 2 _____	51
<i>Figura 4.4</i>	Caja y bigote para determinar la muestra preliminar ganadora _____	53
<i>Figura 4.5</i>	Caja y bigote para determinar muestra referencia _____	54
<i>Figura 4.6</i>	Comparación del producto final y muestra referencia para el atributo sabor _____	55
<i>Figura 4.7</i>	Comparación del producto final y muestra referencia para el atributo textura _____	56
<i>Figura 4.8</i>	Factor B humedad promedio vs. tiempo de emulsificación _____	59
<i>Figura 4.9</i>	Interacción (AB) tiempo-concentración vs. humedad promedio _____	59
<i>Figura 4.10</i>	Pérdida de humedad en función a las concentraciones de gelatina jugo de sábila al 50% y 1 min. de emulsificación _____	62
<i>Figura 4.11</i>	Pérdida de humedad en función a las concentraciones de gelatina jugo de sábila al 55% y 1 min. de emulsificación _____	64
<i>Figura 4.12</i>	Pérdida de humedad en función a las concentraciones de gelatina jugo de sábila al 50% y 2 min. de emulsificación _____	66

<i>Figura 4.13</i>	Pérdida de humedad en función a las concentraciones de gelatina jugo de sábila al 55% y 2 min. de emulsificación _____	68
<i>Figura 4.14</i>	Pérdida de humedad en función a las concentraciones de gelatina jugo de sábila al 50% y 3 min. de emulsificación _____	70
<i>Figura 4.15</i>	Pérdida de humedad en función a las concentraciones de gelatina jugo de sábila al 55% y 3 min. de emulsificación _____	72
<i>Figura 4.16</i>	Variación de la viscosidad en función del cambio de temperatura a distintas concentraciones de gelatina _____	74
<i>Figura 4.17</i>	Balance de materia global de todo el proceso de elaboración de gomas masticables con pulpa de sábila y stevia _____	77
<i>Figura 4.18</i>	Balance de materia en la etapa de pelado _____	79
<i>Figura 4.19</i>	Balance de materia en la etapa de tratamiento térmico _____	81
<i>Figura 4.20</i>	Balance de materia en la etapa de licuado _____	82
<i>Figura 4.21</i>	Balance de materia en la etapa de calentamiento de la mezcla 1 ____	83
<i>Figura 4.22</i>	Balance de materia en la etapa de calentamiento de la mezcla 2 ____	85
<i>Figura 4.23</i>	Balance de materia en la etapa de emulsificación _____	87
<i>Figura 4.24</i>	Balance de materia en la etapa de moldeado _____	88
<i>Figura 4.25</i>	Balance general de materia para la elaboración de gommas masticables con pulpa de sábila y stevia _____	89
<i>Figura 4.26</i>	Balance de energía en la etapa de tratamiento térmico _____	92
<i>Figura 4.27</i>	Balance de energía en la etapa de calentamiento de la mezcla 1 ____	94
<i>Figura 4.28</i>	Balance de energía en la etapa de calentamiento de la mezcla 2 ____	96