

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA
E INGENIERIA DE ALIMENTOS



**EXTRACCIÓN DE UN EDULCORANTE NATURAL NO
CALORICO A ESCALA DE LABORATORIO A PARTIR
DE "*Stevia rebaudiana bertonii*." Y SU APLICACIÓN EN
LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS.**

PRESENTADO POR:

FLOR DE MARIA MENDEZ ESCOBAR

RUTH ADELINA SARAVIA HERNANDEZ

PARA OPTAR AL TITULO DE:

INGENIERA DE ALIMENTOS

CIUDAD UNIVERSITARIA, NOVIEMBRE DE 2012

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR :

ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO

SECRETARIA GENERAL :

DRA. ANA LETICIA ZA VALETA DE AMAYA

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

DECANO :

ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCON SANDOVAL

SECRETARIO :

ING. JULIO ALBERTO PORTILLO

**ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA
E INGENIERIA DE ALIMENTOS**

DIRECTORA :

INGA. TANIA TORRES RIVERA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA
E INGENIERIA DE ALIMENTOS

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

INGENIERA DE ALIMENTOS

Título :

EXTRACCIÓN DE UN EDULCORANTE NATURAL NO CALORICO A ESCALA DE LABORATORIO A PARTIR DE "*Stevia rebaudiana bertonii*." Y SU APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS.

Presentado por :

**FLOR DE MARIA MENDEZ ESCOBAR
RUTH ADELINA SARAVIA HERNANDEZ**

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docentes Directoras :

Licda. Ana Isabel Pereira de Ruíz

MSc. Delmy del Carmen Rico Peña.

San Salvador, Noviembre de 2012.

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docentes Directoras :

Licda. Ana Isabel Pereira de Ruíz

MSc. Delmy del Carmen Rico Peña.

AGRADECIMIENTOS

Al ingeniero **Julio Gregorio Torres**, por todo el incalculable aporte y apoyo desinteresado durante toda la ejecución de nuestro trabajo de graduación, a través de sus conocimientos y por brindarnos la materia prima utilizada durante todas las pruebas realizadas a lo largo del trabajo experimental.

A nuestras docentes directoras: **Licda. Ana Isabel Pereira de Ruíz** y **MSc. Delmy del Carmen Rico Peña**, por brindarnos los lineamientos a seguir a lo largo de nuestra carrera y en la ejecución para la finalización de este trabajo de graduación.

A **Inga. Aura Jazmín de Borja**, **Licda. Xochilt Godoy de Villatoro**, **Inga. Sara del Carmen López**, **Inga. Mirna Beatriz Vidal López** y **Martha Itzel Saravia Hernández**, por todo el apoyo y colaboración desinteresada en este trabajo de graduación.

DEDICATORIA

“Nunca consideres el estudio como una obligación, sino como una oportunidad para penetrar en el bello y maravilloso mundo del saber”.

Albert Einstein

Cuando mire esta frase me recordé de mi vida como estudiante desde la parvularia hasta mis estudios universitarios que no han sido fáciles pero si muy gratificantes, por ello incentivo a los estudiantes a no dejarse vencer por los obstáculos que se les presenten en la vida si no a aprender de ellos y seguir siempre adelante, sobre todo si queremos mejorar la sociedad donde vivimos y la calidad de vida de nuestros seres amados.

Siguiendo con la dedicatoria en primer lugar le dedico este logro a mi Dios todo poderoso por darme las herramientas necesarias para superarme y ser una persona profesional, no solo en los conocimientos adquiridos si no también en saber aplicarlos para mejorar la vida de quienes me rodean, infinitas gracias Dios.

A mis padres: **José de la Cruz Saravia Campos y Marta Hilda Hernández de Saravia**, que se han sacrificado por darme los estudios, valores y principios, y todo lo necesario para superarme en la vida, pero muy especialmente le Agradezco a mi madre por ser un pilar muy firme en mi familia Saravia Hernández, por todo el amor y apoyo incondicional que una madre puede darle a sus hijos sin esperar nada a cambio, por eso te súper adoro madrecita querida Dios te Bendiga siempre y ojala sigamos cosechando muchos logros en nuestras vidas. Te Amo mucho mamá...

A mis hermanos **Juan Rafael Saravia Hernández y Martha Itzel Saravia Hernández**, por ser un apoyo en mi vida al ayudarme a ser más tolerante y comprensiva con la familia, bendiciones para ustedes también son muy importantes en la historia de mi vida, los quiero mucho.

A mi Abuelita Mamalina, especialmente a mi tío Israel, por su apoyo en la familia a mi tía María que Dios la tenga en su gloria por todo su apoyo incondicional a nuestra familia, a mi tío Max, mi tía Abigail, mi tía Sandra, mi tía Marlene, Mi tía Lupita a Helen, Dixie, Frank y todos mis tíos y mis primos y a la familia en general por su apoyo incondicional, por su cariño y por tener fe en mi, gracias por todo.

A mi compañera de Trabajo de graduación Flor de María, por ser tan paciente y comprensiva con mi persona y por ser una de las pocas amistades de la universidad gracias Florcita.

A los docentes que contribuyeron en mi formación académica en mis estudios universitarios, a nuestras docentes directoras, a el ingeniero Julio G. Torres y al personal de laboratorio por su apoyo y aporte a la realización de la presente investigación, a mis compañeros de estudio, a Karla, Eva, Bere, Bea, René y Flor por ser buenos amigos.

A mis amigos de bachillerato: Eduardo, Mercy, More, Néstor, Bea y Eugenia por su apoyo y amistad incondicional.

*“No tengas miedo ni te desanimas, porque yo, tu Señor y Dios,
estaré contigo dondequiera que vayas”.*

Josué 1:9

Ruth Adelina Saravia Hernández.

DEDICATORIA

“En el nombre tuyo Señor....”

Comienzo con este lema que me enseñó una de las persona que más amo en el mundo, mi amada madrecita!!!.

Doy gracias principalmente a mi ***Padre Celestial***, por permitirme llegar hasta lugares que jamás imaginé...**Señor a ti sea toda la honra y la gloria** por mostrarme en cada instante de mi vida todo tu amor, bondad e infinita misericordia...**Gracias mi Diosito, sin ti nada es posible!**

Dedico todo este largo y maravilloso camino de mi carrera, a mis amados padres, ***Abel Antonio Méndez y Rosa María Escobar de Méndez***, por apoyarme en todo momento, no importando los obstáculos que como familia tuvimos que batallar, realmente les agradezco todo sus esfuerzos, sus desvelos y sobre todo su incalculable amor, por mostrarme que todo esfuerzo tiene su recompensa y por estar a mi lado acompañándome en este extraordinario camino de la Universidad. **Los amo!!** y doy gracias a Diosito por darme el privilegio de nacer en esta familia, no pude estar en otra mejor, sin duda Dios no se equivoca y me puso en este bello hogar.

Agradezco a mis dos amadas hermanas: **Carolina y Beatriz Méndez** por siempre estar a mi lado y mostrarme con su ejemplo el valor de la perseverancia, quiero que sepan hermanitas que las amo mucho y que mi vida no sería la misma sin ustedes.

A mi tía, mi segunda madre: **Consuelo Méndez** por todo el apoyo a lo largo de mi vida, por estar siempre en todos los buenos y malos momentos a mi lado, gracias por cada consejo, por escucharme siempre que lo necesité y por darme siempre una palabra de aliento en mis debilidades, gracias tía, te amo mucho!!.

A mis sobrinitos: **Abelito, Tony, Cesarito y Johannita**, les dedico también este trabajo, porque son una parte muy importante de mi vida, quiero que sepan que no importan los obstáculos si uno quiere algo, debe luchar hasta alcanzarlo. Mis niños, los sueños se hacen realidad.

No puedo olvidar a mis queridos amigos de la U, fue bueno conocerlos, pero es una bendición seguirlos llamando **amigos!!**. Les agradezco por siempre mostrarme una verdadera amistad y por apoyarme en el momento que más lo necesité, no saben lo importante que significó para mí, mil gracias a: *Beatriz, Berenise, Eva, Fernando, José L., Karla, René, Ruth, Sara, Sulma* (nombrados por orden alfabético para que nadie se sienta mal). También a Robert, Laurita y todos aquellos amigos que forman parte de muchas experiencias compartidas en la U y a los que conocí fuera de la u. Cada uno de ustedes tienen un lugar muy especial en mi corazón...amigos los quiero mucho!!.

A mi compañera de fórmula, *Ruth Saravia*, gracias por compartir conmigo durante este último recorrido de nuestra carrera, todas las experiencias que nos deja este trabajo de graduación y este año 2012. Gracias amiga.

A mi amiguita de muchos años: Flor de María García Vásquez, amiga quiero agradecerte por todas tus oraciones para mi vida, gracias por consolarme, por demostrarme que no importa lo lejos que nos encontremos, lo que vale es la verdadera amistad. Gracias amiga, fuiste un ángel que Diosito me dió para poder enfrentar mi dolor, realmente gracias!!

Gracias por cada palabra de aliento y cariño que tuviste conmigo, por escucharme, por creer en mí y por mostrarme muchas cosas lindas de la vida. Te Quiero Mucho!!!.

Al *Ing. Julio Gregorio Torres y familia*, por toda su colaboración y por siempre recibirnos con los brazos abiertos en su lindo hogar. Que Diosito les bendiga y les multiplique todas sus atenciones. Gracias!!

...La culminación de mi carrera, se la dedico muy especialmente a la memoria de ***mi mejor amiga!!!***, gracias por todo tu esfuerzo, tu amor, tus desvelos, tu compañía, tus consejos, tus oraciones, (*TE AMO MAMITA BELLA*).... Porque cada uno de mis logros son posibles gracias a ti!!. Quiero que sepas que te amo con todo mi corazón y que eres el mejor regalo de mi vida y siempre estaré orgullosa de poder llamarme *tu hija!!*.... Mami, lo logramos!!.

“El camino de Dios es perfecto; la promesa del Señor es digna de confianza;..”

“No tengas miedo, pues yo estoy contigo; no temas, pues yo soy tu Dios. Yo te doy fuerzas, yo te ayudo, yo te sostengo con mi mano victoriosa.”

... La Sangre de Cristo tiene poder....”...Si, Amén...”

Flor de María Méndez Escobar.

RESUMEN

Se realizó la extracción y caracterización de un edulcorante natural no calórico a escala de laboratorio a partir de la planta "*Stevia rebaudiana bertonii*", así como su aplicación en la industria de alimentos, específicamente en la elaboración de infusiones sabor natural a Stevia e infusiones saborizadas y de un jarabe natural no calórico sabor a Stevia; esto con el fin de dar a conocer nuevas alternativas saludables de tipo natural, que pueden ser una opción para personas con problemas de salud como la diabetes, hipertensión arterial, sobre peso, entre otras enfermedades.

Se presenta información de los edulcorantes en general, principalmente de la Stevia, realizando un sondeo de mercado de los diferentes tipos de edulcorantes comercializados en el mercado nacional e internacional, dentro de los cuales el más utilizado dentro de los edulcorantes no calóricos de acuerdo al Reparto del mercado mundial de edulcorantes en el año 2009 es el Aspartame con un 30% de consumo mundial. Este edulcorante puede ser encontrado en diversos productos como por ejemplo en bebidas carbonatadas; además de su presentación como edulcorante de mesa.

El dulzor de los extractos se debe a la presencia de glicósidos (esteviósidos) presentes en la planta de Stevia rebaudiana bertonii. Las infusiones se obtuvieron mediante la metodología de extracción por lixiviación con arrastre de vapor de la solución de 1,800 mililitros de agua potable y de 7.7 gramos de polvo de Stevia rebaudiana bertonii (150 μ m), que es originaria de Paraguay y cultivada en Cojutepeque.

Los extractos se obtuvieron mediante el calentamiento controlado a temperaturas de 70°C de la solución de Stevia-agua y la remoción de componentes presentes en la hoja para eliminar algunos solventes orgánicos tales como bases orgánicas, sales inorgánicas, fenol, sustancias derivadas del aparato fotosintético, proteínas, aminoácidos, entre otros; mediante la adición de agentes precipitantes como el Hidróxido de Calcio (CaOH) y Carbonato de Calcio (CaCO₃).

Para la caracterización de la hoja seca, molida y tamizada de Stevia se realizó un análisis bromatológico en el laboratorio de la escuela de Ingeniería Agronómica de la Universidad de El Salvador, obteniendo resultados de Fitonutrientes presentes en la hoja seca de Stevia (variedad nativa) de: proteína cruda (20.11%), Extracto Eterio (2.69%), Carbohidratos (47.28%), Cenizas (11.42%), Fibra Cruda (18.51%), Humedad Total (8.30%), Potasio (36,318.16 ppm), Calcio (1,399.30 ppm), Sodio (694.04 ppm). Posteriormente se optó por elaborar tres tipos de infusiones una sabor natural a Stevia, una saborizada con extracto de canela, con concentraciones de 0.02 gramos para la menos concentrada y de 0.04 gramos para la concentrada; otra infusión saborizada fue con extracto de menta con concentraciones de 0.01 gramos para la menos concentrada y de 0.02 gramos para la concentrada.

Las tres presentaciones de infusiones (natural, canela y menta) fueron sometidas a pruebas de análisis sensorial donde se obtuvieron las infusiones de mayor aceptación las cuales fueron canela concentrada (0.04 g) y menta concentrada (0.02 g). La infusión natural, aunque no se encontraba con un alto porcentaje de aceptabilidad entre los jueces, se decidió realizarle al igual que las infusiones saborizadas todos los parámetros de calidad para poder caracterizarla debido a que la infusión natural también es de interés en este trabajo experimental, ya que mediante el conocimiento de los parámetros como pH, °Brix, Recuento de mohos y levaduras, se podrá conocer el tiempo de vida útil de las infusiones (natural, canela y menta) a tiempo real.

Para la elaboración del jarabe a base de Stevia primero se determinó el método de obtención del extracto, luego su caracterización a través de la medición de parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales; cálculo del rendimiento en el que se obtuvo un porcentaje del 24.06% y por último la determinación de la vida útil por métodos de pruebas aceleradas mediante la ecuación de Arrhenius en la cual se alcanzó un estimado de vida útil de 28 días para el jarabe libre de preservantes.

INDICE

INTRODUCCION	1
--------------------	---

1.0 FUNDAMENTO TEORICO DE LOS EDULCORANTES

1.1 Introducción al estudio de los edulcorantes.....	3
1.2 Antecedentes históricos de los edulcorantes	3
1.3 Definición de edulcorantes.	4
1.3.1 Ingesta diaria admisible de los edulcorantes	6
1.3.2 Poder edulcorante.....	7
1.4 Clasificación de los edulcorantes	8
1.5 Edulcorantes calóricos o nutritivos.....	10
1.5.1 Edulcorantes no calóricos o no nutritivos y no calóricos nutritivos	11
1.6 Importancia de los edulcorantes en la industria de alimentos.....	16
1.6.1 Propiedades de un edulcorante ideal.	17
1.7 Estudio del mercado internacional y nacional de algunos edulcorantes calóricos o nutritivos.....	17
1.7.1 Mercado mundial de edulcorantes calóricos y no calóricos	18
1.7.2 Producción mundial de azúcar de caña.....	21
1.7.3 Mercado mundial de la fructosa	23
1.8 Análisis del mercado de edulcorantes no calóricos en El Salvador.	24

2.0 PROPIEDADES Y APLICACIONES DE LA PLANTA

Stevia rebaudiana bertonii.

2.1 Generalidades de <i>Stevia rebaudiana bertonii.</i>	27
2.2 Clasificación taxonómica de <i>Stevia rebaudiana bertonii.</i>	29

2.3 Composición química de la Stevia rebaudiana bertonii.....	30
2.4 Descripción botánica de la Stevia rebaudiana bertonii.....	31
2.5 Ciclos de la Stevia rebaudiana bertonii.....	32
2.6 Estructura y composición química de las hojas de Stevia rebaudiana bertonii.....	33
2.6.1 Nombres químicos de los componentes de las hojas de Stevia	34
2.6.2 Los componentes dulces de la Stevia rebaudiana bertonii.	34
2.7 Aspectos agronómicos de cultivo de Stevia.	37
2.7.1 Requisitos agronómicos del cultivo de Stevia	37
2.7.2 Cultivo de Stevia rebaudiana bertonii	38
2.8 Área geográfica para el cultivo de Stevia en El Salvador.....	40
2.8.1 Cuidados culturales de la Stevia	41
2.8.2 Preparación del terreno para el cultivo de Stevia.....	41
2.8.3 Reproducción de planta de Stevia.....	42
2.8.4 Producción de planta de Stevia.....	43
2.8.5 Transplante de las plantas de Stevia.	44
2.9 Cosecha de la Stevia.	45
2.10 Corte y secado natural de la Stevia.....	45
2.10.1 Proceso de secado de la Stevia.....	47
2.11 Industrialización de la Stevia.....	47
2.12 Diversas aplicaciones de la Stevia	50
2.12.1 Características antibacterianas de extracto de Stevia.....	53
2.13 Ventajas y usos de la Stevia	53
2.14 Cultivo y procesamiento de Stevia en El Salvador.	55

3.0 PARTE EXPERIMENTAL DEL PROCESO DE OBTENCION DE INFUSIONES, EXTRACTO Y JARABE A BASE DE *Stevia rebaudiana bertonii*

3.1	Suministro de materia prima.....	56
3.2	Metodología de obtención del extracto crudo e infusiones a partir de la hoja seca, molida y tamizada de Stevia.....	60
3.3	Normativa aplicada a las infusiones. “Bebidas no carbonatadas sin alcohol”.....	61
3.3.1	Fabricación de bebidas no carbonatadas.....	61
3.3.2	Características sensoriales: color, olor y sabor.....	61
3.3.3	Requisitos físicos y químicos	61
3.3.4	Criterios microbiológicos.	62
3.3.5	Materias primas y materiales.	63
3.4	Descripción del proceso de obtención del extracto a base de Stevia rebaudiana bertonii para la elaboración de infusiones	63
3.4.1	Procedimiento experimental para la obtención de las infusiones a base de Stevia rebaudiana bertonii.	64
3.4.2	Proceso para la obtención de infusiones de Stevia “natural”	68
3.4.3	Parámetros de operación obtenidos durante el proceso de obtención de infusiones natural y saborizadas.	70
3.4.4	Caracterización de las infusiones.....	71
3.4.5	Determinación de los parámetros analizados	71
3.4.6	Balance de masa del proceso de elaboración de las infusiones	73
3.5	Descripción del proceso a implementar para la obtención de extracto edulcorante natural de Stevia rebaudiana bertonii.	77
3.5.1	Proceso de extracción de edulcorante a base de Stevia.....	78
3.5.2	Diagrama de flujo del proceso de obtención del extracto de Stevia.....	82
3.5.3	Presentación y análisis de resultados en el proceso de obtención del extracto a base de Stevia rebaudiana bertonii.....	84

3.5.4	Caracterización del extracto obtenido	90
3.5.5	Balance de masa del proceso de elaboración de extracto a base de Stevia.	92
3.6	Aplicación del extracto a base de Stevia en la elaboración de jarabe.	93
3.6.1	Determinación del pH para los jarabes a base de Stevia.	94
3.6.2	Cálculo del Rendimiento.	95
3.6.3	Uso del jarabe de Stevia en la industria de alimentos.	96
3.7	Características principales del jarabe a base de Stevia	97
3.8	Normativa aplicada a jarabes	98
3.8.1	Especificaciones de control de calidad del jarabe	99
3.8.2	Envasado del jarabe.....	100
3.8.3	Embalaje del jarabe.....	100
3.8.4	Almacenamiento.....	100
3.9	Generalidades de los jarabes.....	100
3.9.1	Composición química de un jarabe.	101
3.9.2	Etiquetado obligatorio de los alimentos pre envasados.	101
3.10	Aprovechamiento y tratamiento de residuos obtenidos durante el proceso de extracción del edulcorante a base de Stevia.....	108

4.0 EVALUACION SENSORIAL DE INFUSIONES A BASE DE
Stevia rebaudiana bertonii

4.1	Metodología de evaluación de análisis sensorial.	109
4.1.1	Interacciones sensoriales.....	113
4.1.2	Factores que influyen en la evaluación sensorial	114
4.1.3	Requisitos para una evaluación sensorial de alimentos.	115
4.1.4	Metodología de evaluación sensorial.	118
4.2	Evaluación sensorial para infusiones a base de Stevia.....	119
4.3	Análisis sensorial para infusiones.....	119

4.3.1	Importancia de los jueces.....	120
4.3.2	Atributos sensoriales a evaluar de las infusiones de Stevia	121
4.3.3	Formulación de las infusiones de Stevia	122
4.4	Análisis de datos para la prueba hedónica de las infusiones de Stevia	124
4.5	Realización de una segunda prueba hedónica para nuevas muestras de infusiones a diferentes concentraciones de sabor a menta y a canela.....	129
4.6	Análisis de datos para la segunda prueba hedónica	132
4.7	Análisis de resultados para las pruebas hedónicas.	137
4.8	Conclusión de los resultados obtenidos de las pruebas hedónicas.....	141

5.0 DETERMINACION DE LA VIDA DE ANAQUEL DE LOS JARABES E INFUSIONES ELABORADOS A BASE DE *Stevia rebaudiana bertonii*

5.1	Factores que inciden en el deterioro de los alimentos.....	143
5.1.1	Actividad biológica propia del alimento y de los procesos químicos del entorno.	144
5.1.2	Acciones físicas del entorno.....	144
5.1.3	Acción de organismos vivos.....	145
5.1.3.1	Hongos fitopatógenos presentes en la planta <i>Stevia rebaudiana bertonii</i>	148
5.1.4	Acción de la temperatura	149
5.2	Factores que influyen en la calidad de los alimentos	150
5.3	Vida Útil	151
5.3.1	Métodos para prolongar la vida útil.	152
5.3.2	Métodos para la estimación de la vida útil.....	153
5.3.3	Empleos de valores de referencia.....	154
5.3.4	Estimación mediante asignación de "Turn Over".	154
5.3.5	Pruebas de vida útil a tiempo real.	154
5.3.6	Pruebas de aceleración de la vida útil (ASTL).	155

5.3.6.1 Cinética química	156
5.3.7 Recuento total de mohos y levaduras.	164
5.3.8 Preparación de la solución bactericida.....	165
5.4 Determinación de vida útil de infusiones a base de Stevia rebaudiana bertoni a condiciones normales.....	165
5.4.1 Procedimiento para el recuento de mohos y levaduras de las infusiones.	167
5.5 Determinación de vida útil del jarabe a base de Stevia en función de la disminución de los °Brix a través de la prueba de aceleración de la vida útil.	171
5.5.1 Procedimiento para el recuento de mohos y levaduras del jarabe.	172
5.5.2 Estudio de la disminución de los sólidos solubles (°Brix) del jarabe a condiciones aceleradas.	174
CONCLUSIONES	181
RECOMENDACIONES	182
REFERENCIAS	183
ANEXOS	188

ANEXOS

ANEXO A	Hoja de análisis sensorial para infusiones de Stevia.....	189
ANEXO B	Hoja de análisis sensorial para infusiones de Stevia.....	190
ANEXO C	Análisis microbiológico del jarabe a base de Stevia.....	191
ANEXO D	Análisis bromatológico de la hoja seca de Stevia.....	192
ANEXO E	Hoja de referencia para la utilización del filtro de carbón activado para las infusiones saborizadas.....	193
ANEXO F	Recuento de mohos y levaduras para las infusiones y jarabes elaborados a base de Stevia.....	194
ANEXO G	Glosario.....	197

INDICE DE CUADROS

Cuadros capítulo I

Cuadro 1.1	Ingesta diaria admisible de edulcorante.....	7
Cuadro 1.2	Poder edulcorante de los sustitutos del azúcar, con respecto a la sacarosa.....	8
Cuadro 1.3	Descripción de edulcorantes calóricos y sus usos.....	10
Cuadro 1.4	Edulcorantes no calóricos nutritivos de origen natural.....	13
Cuadro 1.5	Edulcorantes no calóricos o no nutritivos de origen sintético.....	14
Cuadro 1.6	Producción de caña de azúcar (T.M). El Salvador.....	22
Cuadro 1.7	Balance mundial de fructosa, 2006/2007-2010/11.....	23
Cuadro 1.8	Productos con edulcorantes no calóricos en El Salvador.	25
Cuadro 1.9	Edulcorantes de mesa no calóricos en El Salvador.....	25

Cuadros capítulo II

Cuadro 2.1	Clasificación científica de <i>Stevia rebaudiana bertonii</i>	29
Cuadro 2.2	Nombres químicos de los componentes de la hoja de Stevia.....	34
Cuadro 2.3	Compuestos de los esteviósidos y compuestos relacionados	35
Cuadro 2.4	Fitonutrientes presentes en la <i>Stevia rebaudiana bertonii</i>	36
Cuadro 2.5	Condiciones óptimas para el cultivo de Stevia en El Salvador.....	40
Cuadro 2.6	Producción de esquejes a partir de la planta madre	44
Cuadro 2.7	Parámetros generales de calidad de la hoja de <i>Stevia rebaudiana bertonii</i>	49
Cuadro 2.8	Productos edulcorados con Stevia.....	52
Cuadro 2.9	Algunos proveedores de Stevia en El Salvador.....	55

Cuadros capítulo III

Cuadro 3.1	Materias primas para la elaboración de infusiones y extractos de Stevia.....	59
Cuadro 3.2	Requisitos físicos de las bebidas no carbonatadas sin alcohol.....	62
Cuadro 3.3	Criterios microbiológicos para las bebidas no carbonatadas sin alcohol	62
Cuadro 3.4	Parámetros generales de operación para la obtención de infusiones a base de Stevia rebaudiana bertonii.....	70
Cuadro 3.5	Componentes principales de elaboración de las infusiones canela, menta y natural	73
Cuadro 3.6	Resumen de los parámetros de operación obtenidos durante la elaboración de las infusiones saborizadas	75
Cuadro 3.7	Resumen de los parámetros de operación obtenidos durante la elaboración de las infusiones saborizadas	75
Cuadro 3.8	Resultados de rendimientos obtenidos en las elaboraciones de infusiones.	77
Cuadro 3.9	Hoja registro para caracterizar infusiones de Stevia	77
Cuadro 3.10	Material utilizado en el proceso de extracción del edulcorante a base de Stevia rebaudiana bertonii	78
Cuadro 3.11	Reactivos y materia prima utilizados para la extracción del edulcorante a base de Stevia	84
Cuadro 3.12	Parámetros de operación en la etapa de mezclado para la obtención del extracto a base de Stevia.....	85
Cuadro 3.13	Parámetros de operación en la etapa de lixiviación o calentamiento para la obtención del extracto a base de Stevia.	85
Cuadro 3.14	Parámetros de operación en la etapa de tamizado para la obtención del extracto a base de Stevia.....	86

Cuadro 3.15 Parámetros de operación en la etapa de filtrado para la obtención del extracto a base de Stevia.	86
Cuadro 3.16 Parámetros de operación en la etapa de precipitado para la obtención del extracto a base de Stevia.	86
Cuadro 3.17 Parámetros de operación en la etapa de centrifugado para la obtención del extracto a base de Stevia.	86
Cuadro 3.18 Parámetros de operación en la medición del peso total del extracto, los °Brix y el pH para el extracto a base de Stevia.	88
Cuadro 3.19 Masa de entrada para cada una de las pruebas.	88
Cuadro 3.20 Presentación de masas, rendimientos, material residual y pérdidas del extracto.	90
Cuadro 3.21 Caracterización del extracto a base de Stevia.	91
Cuadro 3.22 Promedio de las masas de entrada y salida para cada etapa del proceso de extracción del edulcorante a base de Stevia.	93
Cuadro 3.23 Parámetros, fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales para jarabes a base de Stevia.	94
Cuadro 3.24 Masas de entrada y de salida para el cálculo del rendimiento del jarabe a base de Stevia.	95
Cuadro 3.25 Caracterización del jarabe a base de Stevia.	96
Cuadro 3.26 Productos derivados de Stevia en la industria de alimentos.	97
Cuadro 3.27 Características generales del jarabe a base de Stevia.	98
Cuadro 3.28 Especificaciones sensoriales para jarabes de Stevia	99
Cuadro 3.29 Especificaciones físicas y químicas para jarabes de Stevia.	99
Cuadro 3.30 Especificaciones microbiológicas para jarabes.	99

Cuadros capítulo IV

Cuadro 4.1	Formulación estándar de infusión a base de Stevia sabor natural.....	123
Cuadro 4.2	Formulación estándar de infusión a base de Stevia sabor canela.....	123
Cuadro 4.3	Formulación estándar de infusión a base de Stevia sabor menta.....	123
Cuadro 4.4	Recopilación de datos para la evaluación de la apariencia de las muestras en estudio.....	124
Cuadro 4.5	Recopilación de datos para la evaluación del color de las muestras en estudio.....	125
Cuadro 4.6	Recopilación de datos para la evaluación del olor de las muestras en estudio.....	126
Cuadro 4.7	Recopilación de datos para la evaluación de sabor de las muestras en estudio.....	127
Cuadro 4.8	Recopilación de datos para la evaluación del aroma de las muestras en estudio.....	128
Cuadro 4.9	Formulación estándar de infusión a base de Stevia sabor natural.....	130
Cuadro 4.10	Formulación estándar de infusión a base de Stevia sabor canela.....	131
Cuadro 4.11	Formulación estándar de infusión a base de Stevia sabor menta.....	131
Cuadro 4.12	Formulación estándar de infusión a base de Stevia sabor canela.....	132
Cuadro 4.13	Recopilación de datos para la evaluación de la apariencia de las muestras en estudio.....	132

Cuadro 4.14 Recopilación de datos para la evaluación del color de las muestras en estudio.	133
Cuadro 4.15 Recopilación de datos para la evaluación del olor de las muestras en estudio.	134
Cuadro 4.16 Recopilación de datos para la evaluación del sabor de las muestras en estudio.	135
Cuadro 4.17 Recopilación de datos para la evaluación del aroma de las muestras en estudio.	136
Cuadro 4.18 Grado de aceptabilidad de las muestras en la primera prueba hedónica.....	138
Cuadro 4.19 Grado de aceptabilidad de las muestras en la segunda prueba hedónica	139

Cuadros capítulo V

Cuadro 5.1 Cambios en la calidad de algunos alimentos debido a reacciones químicas o bioquímicas.....	144
Cuadro 5.2 Requerimientos fisiológicos y nutricionales de hongos y levaduras.....	147
Cuadro 5.3 Dependencia con el orden de reacción de las unidades de la constante de velocidad y de la función de la concentración que expresa kt.....	158
Cuadro 5.4 Representación de ecuaciones, tanto en su forma diferencial como integral, para distintos sistemas químicos.	158
Cuadro 5.5 Resultados obtenidos durante el recuento total de mohos y levaduras de las infusiones en estudio.....	167
Cuadro 5.6 Hoja de registro para la determinación de la Vida Útil de la infusión sabor natural.	168

Cuadro 5.7	Hoja de registro para la determinación de la Vida Útil de la infusión sabor a canela.....	169
Cuadro 5.8	Hoja de registro para la determinación de la Vida Útil de la infusión sabor a menta.	169
Cuadro 5.9	Determinación del tiempo de la vida útil de las infusiones en estudio.....	170
Cuadro 5.10	Resultados obtenidos durante el recuento total de mohos y levaduras de las infusiones en estudio.....	171
Cuadro 5.11	Parámetros de análisis para la determinación de vida útil para la prueba 1.	173
Cuadro 5.12	Parámetros de análisis para la determinación de vida útil para la prueba 2.	173
Cuadro 5.13	Parámetros de análisis para la determinación de vida útil para la prueba 3.	173
Cuadro 5.14	Determinación de la constante de velocidad de reacción $\ln(100(C/Co))$ a través de la disminución de los °Brix.	175

INDICE DE FIGURAS

Figuras capítulo I

Figura 1.1	Clasificación de los edulcorantes utilizados en la industria de alimentos.....	9
Figura 1.2	Reparto del mercado mundial de edulcorante por tipo de producto en 2009	21
Figura 1.3	Producción de azúcar en países seleccionados.....	21

Figuras capítulo II

Figura 2.1	Domesticación de la planta <i>Stevia rebaudiana bertonii</i> . Cojutepeque, El Salvador.....	27
Figura 2.2	Cultivo de la planta de <i>Stevia rebaudiana bertonii</i> (nativa). En la zona de Cojutepeque, El Salvador.....	29
Figura 2.3	Planta de <i>Stevia rebaudiana bertonii</i> (hojas, tallo y raíz).	31
Figura 2.4	Flores de <i>Stevia rebaudiana bertonii</i>	31
Figura 2.5	Ciclos de producción de la <i>Stevia rebaudiana bertonii</i>	33
Figura 2.6	Estructuras de esteviósidos y compuestos relacionados.....	34
Figura 2.7	Síntesis de steviol partiendo de ent-kaurenato por la Hidroxilasa 13-ent-kaurenato.	36
Figura 2.8	Siembra y cosecha de la <i>Stevia rebaudiana bertonii</i>	37
Figura 2.9	Cultivo de la <i>Stevia rebaudiana</i> variedad morita II.	39
Figura 2.10	Método de siembra por esquejes de <i>Stevia rebaudiana bertonii</i>	42
Figura 2.11	Secador solar utilizado para el secado de las hojas de <i>Stevia rebaudiana bertonii</i>	47
Figura 2.12	Uso agrícola de la <i>Stevia</i>	50
Figura 2.13	Cultivo de fresas tratado con extracto de <i>Stevia</i>	51

Figuras capítulo III

Figura 3.1	Corte de la planta Stevia rebaudiana bertonii.....	57
Figura 3.2	Secado de las hojas de Stevia rebaudiana bertonii.....	57
Figura 3.3	Operación de molienda de la hoja seca de Stevia rebaudiana bertonii.....	58
Figura 3.4	Operaciones unitarias para la obtención de materia prima para la elaboración de infusiones y extracto de Stevia.....	58
Figura 3.5	Proceso de elaboración de infusión sabor natural.....	65
Figura 3.6	Proceso de elaboración de infusiones saborizadas.....	65
Figura 3.7	Muestra de infusión de Stevia filtrada con carbón activado y muestra sin filtrar.....	66
Figura 3.8	Muestra de una infusión de Stevia rebaudiana bertonii libre de preservantes.....	67
Figura 3.9	Desarrollo experimental para la elaboración de infusiones a base de Stevia rebaudiana bertonii en su presentación natural.....	68
Figura 3.10	Desarrollo experimental para la elaboración de infusiones a base de Stevia rebaudiana bertonii en su presentación natural.....	68
Figura 3.11	Desarrollo experimental para la elaboración de infusiones a base de Stevia rebaudiana bertonii en su presentación saborizada.....	69
Figura 3.12	Desarrollo experimental para la elaboración de infusiones a base de Stevia rebaudiana bertonii en su presentación saborizada.....	70
Figura 3.13	Infusión de Stevia natural.....	73
Figura 3.14	Infusión de Stevia saborizada con extracto de canela e infusión saborizada con menta.....	74
Figura 3.15	Proceso de elaboración de jarabe a base de Stevia.....	81
Figura 3.16	Diagrama de flujo para la obtención del extracto a base de Stevia.....	83
Figura 3.17	Viñeta nutricional del jarabe de Stevia.....	103
Figura 3.18	Propuesta de la viñeta comercial del jarabe de Stevia.....	104

Figura 3.19 Propuesta de la viñeta comercial de infusión de Stevia-canela.....	105
Figura 3.20 Propuesta de la viñeta comercial de infusión de Stevia-menta.	106
Figura 3.21 Propuesta de la viñeta comercial de infusión de Stevia-natural.	107
Figura 3.22 Residuo sólido al final del proceso de decantación del extracto y residuo sólido al final del centrifugado.	108

Figuras capítulo IV

Figura 4.1 Esquema de la calidad sensorial, de los alimentos	110
Figura 4.2 Proceso de evaluación sensorial para las muestras en estudio.	119
Figura 4.3 Grupo estudiantes de la Universidad de El Salvador para la prueba de Análisis Sensorial de infusiones a base de Stevia rebaudiana bertonii.	120
Figura 4.4 Evaluación de muestras por parte del panel de jueces.	121
Figura 4.5 Representación gráfica de los datos para la evaluación de apariencia de las muestras de infusiones de Stevia en sus diferentes presentaciones.....	125
Figura 4.6 Representación gráfica de los datos para la evaluación del color de las muestras de infusiones a base de Stevia en sus diferentes presentaciones.....	126
Figura 4.7 Representación gráfica de los datos para la evaluación del olor de las muestras de infusiones a base de Stevia en sus diferentes presentaciones.....	127
Figura 4.8 Representación gráfica de los datos para la evaluación del sabor de las muestras de infusiones a base de Stevia en sus presentaciones.....	128
Figura 4.9 Representación gráfica de los datos para la evaluación del aroma de las infusiones a base de Stevia en sus diferentes presentaciones.....	129

Figura 4.10	Representación gráfica de los datos para la evaluación de la apariencia de las muestras de infusiones de Stevia en sus diferentes presentaciones.....	133
Figura 4.11	Representación gráfica de los datos para la evaluación del color de las muestras de infusiones de Stevia en sus diferentes presentaciones.....	134
Figura 4.12	Representación gráfica de los datos para la evaluación del olor de las muestras de infusiones a base de Stevia en sus diferentes presentaciones.....	135
Figura 4.13	Representación gráfica de los datos para la evaluación del sabor de las muestras de infusiones a base de Stevia en sus presentaciones	136
Figura 4.14	Representación gráfica de los datos para la evaluación del aroma de las infusiones a base de Stevia en sus diferentes presentaciones.....	137
Figura 4.15	Representación gráfica de los datos para el grado de aceptación de la primera prueba hedónica	138
Figura 4.16	Representación gráfica de los datos para el grado de no aceptación de la primera prueba hedónica.....	139
Figura 4.17	Representación gráfica de los datos para el grado de aceptación de la segunda prueba hedónica.....	140
Figura 4.18	Representación gráfica de los datos para el grado de no aceptación de la segunda prueba hedónica.....	140

Figuras capítulo V

Figura 5.1	Comparación de estructuras de hongos presentes en plantas de Stevia rebaudiana bertonii.....	149
Figura 5.2	Representación gráfica de ecuaciones de primer orden.	160
Figura 5.3	Constante de velocidad de reacción vrs tiempo	176

INTRODUCCION

Uno de los placeres que el ser humano experimenta a la hora de ingerir un alimento es el dulzor o grado de dulzura el cual ha motivado a la industria de alimentos al aprovechamiento de recursos naturales en la obtención de diferentes tipos de edulcorantes iniciando con los de origen natural calóricos como la miel o la caña de azúcar, posteriormente surgieron a los artificiales no calóricos como la Sacarina, el Aspartame, la Sucralosa, Acesulfame k, entre otros; con la finalidad de ofrecer edulcorantes para personas con problemas de salud y para dietas alimentarias, finalmente se descubrió que existían en algunas regiones de Sur América la presencia de edulcorantes no calóricos naturales provenientes de plantas como es el caso de la plana *Stevia rebaudiana bertonii* que por años ha sido utilizada por sus pobladores como endulzante natural en sus comidas y que por hoy es industrializada y comercializada en diferentes presentaciones a nivel mundial por todos los beneficios que proporcionan a las personas que la consumen.

En la investigación se da a conocer los diferentes tipos de edulcorantes comercializados a nivel mundial y en El Salvador, además de un estudio sobre las planta *Stevia rebaudiana bertonii*, sus principales propiedades funcionales y en específico los esteviósidos que son de interés en la investigación, además de la metodología para la extracción de los componentes edulcorantes para su aplicación en la elaboración de jarabe sabor natural e infusiones saborizadas; con el fin de caracterizar los productos por métodos fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales, además determinar su grado de aceptación a través de pruebas sensoriales.

Finalmente un estudio para la determinación de la vida útil de las infusiones y del jarabe por medio de la utilización de pruebas aceleradas para el jarabe y pruebas a tiempo real para las infusiones.

El principal objetivo de este trabajo de investigación es proporcionar alternativas viables y saludables a personas con problemas de salud como la diabetes, hipertensión arterial, sobre peso, entre otras enfermedades o simplemente por seguir una dieta para llevar una vida saludable con el consumo de edulcorantes naturales no calóricos a base de Stevia.

1.0 FUNDAMENTO TEORICO DE LOS EDULCORANTES

1.1 Introducción al estudio de los edulcorantes

Se realizó un estudio sobre los edulcorantes de mayor importancia, que actualmente se comercializan en el mercado mundial y específicamente en El Salvador, se muestra la importancia sobre este rubro en la economía mundial de varios países, la importancia para la industria alimentaria en la elaboración de productos con edulcorantes como aditivo, además su importancia en la economía mundial de los edulcorantes de mesa.

Se incluyen aspectos significativos de los edulcorantes en general como su definición, su ingesta diaria recomendada por organismos internacionales, el poder edulcorante, clasificación de los edulcorantes; entre otras propiedades importantes para la salud de las personas y su aplicación en la industria de alimentos.

También se realizó un sondeo de mercado en El Salvador para poder conocer sobre la comercialización de algunos productos endulzados con edulcorantes no calóricos tanto naturales como artificiales, sus proveedores, y países de origen de elaboración de los alimentos endulzados.

1.2 Antecedentes históricos de los edulcorantes (Snarff, 2006)

EL grado de edulcoración o dulzura es una cualidad que tienen algunas sustancias químicas a las que el ser humano ha asociado siempre con placer. Sólo basta remarcar el hecho de que cuando ingerimos algún dulce, chocolate o fruta, percibimos, además de la dulzura, ciertas sensaciones que solo experimentamos cuando comemos este tipo de alimentos, de aquí la importancia que estos alimentos tienen entre los consumidores.

La historia del uso del azúcar demuestra que el hombre, desde tiempos ancestrales, ha tenido una marcada preferencia hacia los alimentos dulces.

En el siglo IV D.C. el hombre solía ingerir alimentos azucarados, tal es el ejemplo de la miel que era extraída de los panales de abejas y debido a las frecuentes representaciones en pinturas rupestres, se puede inferir que era uno de sus alimentos preferidos.

A fines del siglo XVII una nueva idea se apoderó de la comunidad médica. Se decía que el azúcar era la causante de producir escorbuto y como resultado, surgieron diversas organizaciones que estaban en contra de su consumo debido a los efectos que producía en el cuerpo humano y al mismo tiempo querían que su consumo fuera prohibido. Ante estas situaciones surgió la necesidad de buscar un aditivo que pudiera sustituir el azúcar de los alimentos, proporcionando las mismas cualidades y sensaciones que producía el azúcar. “Es así como nacen los edulcorantes, aditivos alimentarios que son capaces de simular la presencia del azúcar en los alimentos” (Snarff, 2006).

La Sacarina fué el primer edulcorante obtenido sintéticamente hace aproximadamente 100 años y fue sintetizado originalmente en el año de 1879 por los científicos Remsen y Fahlberg donde su sabor dulce fue descubierto por accidente. Fué creado en un experimento con derivados del Tolueno. Un proceso para la creación de Sacarina a partir de phthalic anhidro fue desarrollado en 1950 y actualmente la Sacarina es producida a través de ambos procesos. Es de 3 a 5 veces más dulce que el azúcar (sacarosa) y es frecuentemente usada para mejorar el sabor de las pastas dentales, alimentos dietéticos, bebidas dietéticas, entre otros.

1.3 Definición de edulcorantes

Los edulcorantes son aditivos alimentarios que confieren sabor dulce a los alimentos. Una de las características de los edulcorantes es que pueden ser sustituidos entre sí, sobre todo en la industria de alimentos y bebidas.

Aunque dicha sustitución no es perfecta, por ejemplo en industrias como la confitería, chocolatería y de repostería se utilizan edulcorantes en estado sólido, mientras que en la industria láctea y de bebidas se pueden utilizar edulcorantes líquidos. El sabor de los edulcorantes y los riesgos de salud pública son otros factores que inciden en su preferencia. Independientemente de lo anterior, el azúcar es un producto de gran importancia para el consumo humano por su alto contenido energético. El azúcar proporciona en promedio el 12% de los hidratos de carbono, los cuales son elementos productores de energía en el cuerpo humano (Pérez, Y., 2011).

El desarrollo de la industria azucarera a nivel mundial ha evolucionado para constituirse en una importante agroindustria, generando empleos y divisas para los países productores y exportadores (Secretaría de Economía de México, 2012).

En los países desarrollados el consumo de azúcar de mesa (sacarosa) supera los cuarenta kilos por persona al año. Por otra parte, existen motivos por los cuales su uso debe ser limitado y/o eliminado de la dieta de muchas personas (caries dentales, alimentos de bajo contenido calórico, para diabéticos o por motivos de economía), sin embargo el hombre no parece dispuesto a renunciar al placer del sabor dulce, por lo que ha buscado sustancias capaces de sustituir al azúcar (Secretaría de Economía de México, 2012).

La sacarosa comercial, extraída de la caña de azúcar es el principal endulzante de la industria de alimentos en El Salvador.

El cultivo de la caña y la exportación de azúcar constituyen factores de gran importancia en la economía de El Salvador (Superintendencia de Competencia, El Salvador, 2008).

El sector agropecuario constituye un punto significativo en el crecimiento de la economía salvadoreña ya que para el 2007 representó un 13.1% del PIB, donde el sector azucarero (caña de azúcar y producción de azúcar) representó el 2.27% del PIB (Superintendencia de Competencia, El Salvador, 2008).

1.3.1 Ingesta diaria admisible de los edulcorantes (“Chan P, Tomlinson B., Chen Y.J, 2000)

Se entiende como ingesta diaria aceptable (IDA) la cantidad de aditivo alimentario que puede consumirse en la dieta diariamente durante toda la vida sin riesgos para la salud. Por el momento, no existen datos suficientemente fiables que demuestren que la ingesta diaria de edulcorantes artificiales pueda ser perjudicial en cantidades moderadas.

No obstante, el incremento de estos aditivos en determinados productos, especialmente bebidas refrescantes y un consumo cada vez mayor, puede comprometer los niveles de ingesta diaria de modo que se excedan los límites recomendables. En estas condiciones, no se descartan alteraciones imprevisibles.

El efecto a largo plazo del consumo diario de edulcorantes continúa siendo objeto de investigaciones médicas en todo el mundo desde hace varios años, por lo menos 25 años atrás.

De hecho, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA), fundamentándose en el resultado de diversas investigaciones, avalan los beneficios de los endulzantes artificiales no calóricos para determinados grupos de población. Concretamente, en diversos estudios se señala que su consumo no causa riesgos en niños, mujeres embarazadas o en período de lactancia, diabéticos y personas que deben controlar su peso o mantenerlo (Chan P, Tomlinson B., Chen Y.J, 2000).

Los niveles de consumo diario de estos productos son expresados mediante el valor de IDA (Ingesta Diaria Admisible) que representa la cantidad de sustancia que puede ser consumida todos los días durante toda la vida de una persona sin producir daño a la salud como lo indica el cuadro 1.1

Cuadro 1.1 Ingesta diaria admisible de edulcorante.
(mg/kg/día)

Edulcorante	FAO/OMS	EFSA
Acesulfame de K+.	0-15	0-9
Aspartame.	0-40	0-40
Ciclamato de Na/Ca.	0-11	0-7
Sacarina de Na/Ca.	0-5	0-5
Sucralosa.	0-15	0-10

Ref.: Alonso J.R, (2010)

La misma se expresa en mg/kg de peso corporal/día. Esta IDA es estipulada por los organismos internacionales regulatorios sobre alimentos, estableciendo por ejemplo para la Sacarina un IDA de 0-5 mg/kg/día. “Edulcorantes Naturales” (Alonso J.R, 2010).

1.3.2 Poder edulcorante

El poder edulcorante (PE) de los sustitutos del azúcar con respecto a la sacarosa como se muestra en el cuadro 1.2, son de sumo interés para la industria de alimentos. El poder edulcorante (PE) se define como: “gramos de sacarosa que hay que disolver en agua para obtener un líquido de igual sabor que la disolución de 1gramo de edulcorante en el mismo volumen” (Pérez, Y., 2011).

Cuadro 1.2 Poder edulcorante de los sustitutos del azúcar, con respecto a la sacarosa.

Compuesto	P.E	Compuesto	P.E
Lactosa	0.4	Ciclamato	30-80
Dulcitol	0.4	Glicirricina	50-100
Neosugar	0.4-0.6	Aspartame	100-200
Maltosa	0.5	Acesulfame-K	130-200
Sorbitol	0.5	Sacarina	200-700
D-glucosa	0.7	Dulcina	250
D-xilosa	0.7	Esteviósido	300
Manitol	0.7	Narangina	350
Glicerol	0.8	Filodulcina	400
Sacarosa	1.0	Sucralosa	600-800
Xilitol	1.0	Hernandulcina	1,000
Jarabe invertido	1.05	Alitame	2,000
Fructosa en solución	1.15-1.25	Neohespiridina	2,000
Fructosa cristalizada	1.8	Monelina	2,000-2,500
Licasina	25-50	Taumantina	2,500

Ref.: Pérez, Y., (2011)

1.4 Clasificación de los edulcorantes (Alonso J.R, 2010)

Los edulcorantes utilizados en la industria de alimentos se encuentran divididos en 2 grandes grupos: edulcorantes calóricos o nutritivos y edulcorantes no calórico o no nutritivo, y se clasifican como lo muestra la figura 1.1

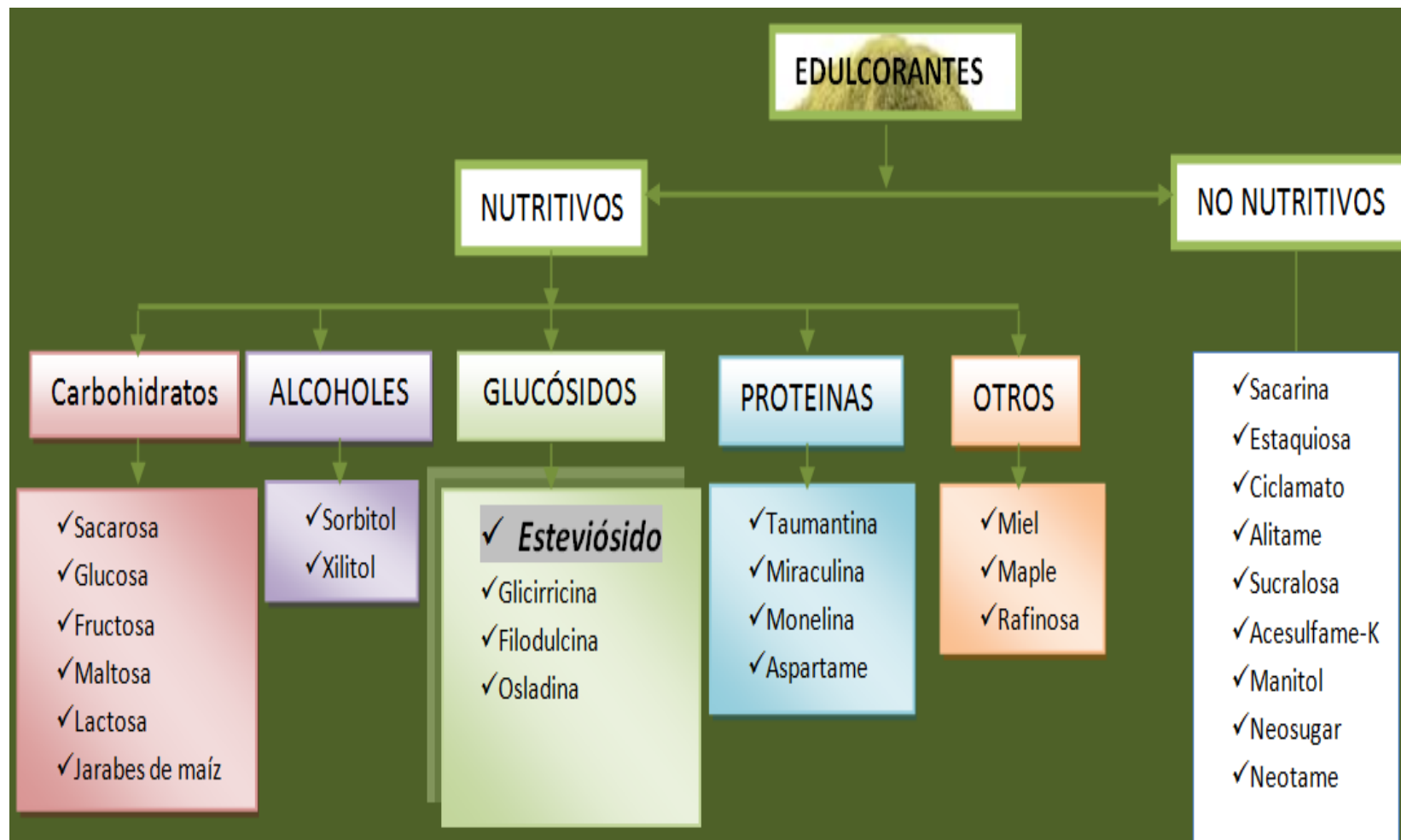


Figura 1.1 Clasificación de los edulcorantes utilizados en la industria de alimentos.
 Ref.: “Énfasis en la Alimentación”, (2011).

1.5 Edulcorantes calóricos o nutritivos (Alonso J.R, 2010).

Son los que consumidos aportan 4 kilocalorías por gramo, tienen un valor calórico por unidad de peso idéntico al de la sacarosa (azúcar de mesa). Los edulcorantes naturales se encuentran presentes en los productos lácteos, en las frutas y en las hortalizas, pero se extrae básicamente de la caña de azúcar y de la remolacha azucarera. Actualmente se encuentran en el mercado una variedad de edulcorantes que son utilizados de acuerdo a sus características y para los usos específicos que se requieran en la elaboración de los diferentes alimentos. El cuadro 1.3 describe algunos de estos edulcorantes y sus respectivos usos.

Cuadro 1.3 Descripción de edulcorantes calóricos y sus usos.

PRODUCTO	DESCRIPCIÓN	USOS
Jarabe de maíz de alta fructosa	Este jarabe se fabrica mediante la isomerización de la dextrosa en el almidón de maíz. Además sinergiza el poder edulcorante de la sacarosa y de otros edulcorantes no nutritivos, de ahí que se use industrialmente. Se ha mencionado que su empleo puede producir lesiones hepáticas e incrementos del ácido úrico; también aumento del apetito por estimulación pancreática.	Ha reemplazado al azúcar en muchos alimentos y bebidas. Por su mayor poder edulcorante y solubilidad, le permite incorporarse fácilmente a los productos, realizándoles el sabor, color y estabilidad.
Sacarosa	Se obtiene a partir de varias plantas. En climas tropicales y subtropicales puede ser extraída de la caña de azúcar. En lugares templados es común extraerla de la remolacha azucarera. No obstante, también hay otras plantas como el Arce, del cual se obtiene su jarabe del troco; la palmera datilera, siendo los dátiles la fuente pero esta vez con una menor calidad a las anteriores y por último podemos mencionar el sorgo azucarero, cultivado en oriente, muy parecido a la caña de azúcar pero de muy baja calidad.	Principalmente es usada para dar sabor a los alimentos, para hacer jaleas y mermeladas, bebidas carbonatadas, bebidas de fruta, caramelos, yogures, condimentos, alimentos enlatados y envasados. Entre otros, también es usada para ayudar a la fermentación de algunas bebidas alcohólicas.
Fructosa	Es el azúcar de la fruta, caracterizada por endulzar el doble de la azúcar común. Su poder energético es de 4 kilocalorías por gramo, en otras palabras se puede describir como un producto light.	Se usa para mermeladas, bebidas, helados y se puede conseguir en las dietéticas solo que no se usa masivamente por su alto costo.

Ref.: Alonso J.R, (2010)

pasa...

Cuadro 1.3 Descripción de edulcorantes calóricos y sus usos (continuación).

PRODUCTO	DESCRIPCIÓN	USOS
Lactosa	Se le llama también azúcar de la leche. La lactosa se trata con lactasa para la obtención de mezclas de glucosa y galactosa, que a su vez pueden ser isomerizadas por tratamiento con glucosa isomerasa. Estos hidrolizados de lactosa tienen un poder edulcorante considerable. También se utiliza la lactosa en la obtención por vía enzimática de galacto-oligosacáridos.	Uno de los usos de la lactosa consiste en su transformación en lactulosa, que es empleada en la elaboración de productos para la alimentación infantil, así como en leches fermentadas y productos en polvo con contenidos en lactulosa del 4 al 8%. También se destina parte de la lactosa a la producción de lactitol que puede ser utilizado en alimentación. También se utiliza en productos de bollería, sopas y otros productos deshidratados.
Jarabe de malta	El jarabe de la malta se obtiene del almidón como materias primas, a través de la licuefacción de la amilasa, y β -amilasa, sacarificación sinérgica de la enzima de desconexión, obteniendo maltosa refinada del 70% de los productos del azúcar del almidón.	El jarabe de la maltosa tiene función similar a la glucosa líquida en la industria de alimentos, también se utiliza en caramelos, bebidas, líquidos, leche malteada, tortas, bebidas y otros aspectos como dulcificantes nutritivos.
Miel	Se trata de un fluido dulce y viscoso producido por las abejas a partir del néctar de las flores o de secreciones de partes vivas de plantas. Es rica en fructosa y glucosa. Su poder endulzante es dos veces mayor que el azúcar de caña.	La miel es utilizada como edulcorante sustitutivo del azúcar, también posee un gran poder antibiótico y emoliente, por lo que ha sido utilizada desde siempre en el tratamiento de heridas, quemaduras, úlceras, etc., debido a su contenido en una sustancia de efecto antimicrobiano denominada inhibida.

Ref.: Alonso J.R, (2010)

1.5.1 Edulcorantes no calóricos o no nutritivos y no calóricos nutritivos (Wikipedia, 2012)

Un sustituto del azúcar o edulcorante no calórico es un aditivo para los alimentos que aumenta el efecto del azúcar, pero que usualmente tiene menos energía.

Algunos sustitutos del azúcar son naturales y algunos son sintéticos. Aquellos que no son naturales en general son conocidos como edulcorantes artificiales. Una

clase importante de sustitutos del azúcar son conocidos como edulcorantes de alta intensidad.

Los extractos naturales como el de Stevia, aunque es no calórico, aporta otro tipo de nutrientes, por lo que se clasifica también como edulcorante no calórico nutritivo.

Los edulcorantes intensivos tienen una dulzura varias veces superior a la del azúcar común de mesa. Como resultado, mucho menos edulcorante es requerido y la contribución y energía es a menudo insignificante. La sensación de dulzor causada por estos componentes es a veces notablemente diferente de la sacarosa, de manera que frecuentemente éstos son usados con mezclas complejas que alcanzan una sensación de dulzor más natural. Si la sacarosa (u otro azúcar) reemplazada ha contribuido a la textura del producto, entonces frecuentemente también se necesita un agente de relleno.

Esto puede ser visto en bebidas suaves etiquetadas como "dietéticas" o "light", las cuales contienen edulcorantes artificiales y frecuentemente tienen una sensación al paladar notablemente diferente, o en los sustitutos del azúcar de mesa, que mezclan maltodextrinas como un edulcorante intenso para alcanzar una sensación de textura satisfactoria.

Algunos edulcorantes no azúcares son Polioles, también conocidos como "alcoholes de azúcar". Éstos son en general, menos dulces que la sacarosa, pero tienen propiedades de volumen similares y pueden ser usados en un amplio rango en productos alimenticios.

Puesto que con todos los productos alimenticios, el desarrollo de una formulación para reemplazar la sacarosa, es un complejo proceso de patentado.

El cuadro 1.4 muestra una breve descripción de edulcorantes conocidos como no calóricos nutritivos que son obtenidos de fuentes naturales.

Sin embargo existen otros edulcorantes que son obtenidos de forma sintética, los cuales son representados en el cuadro 1.5

Cuadro 1.4 Edulcorantes no calóricos nutritivos de origen natural.

PRODUCTO	DESCRIPCIÓN	USOS
Taumatina	La Taumatina representa a un conjunto de proteínas (polipéptidos) extraídas de la pulpa que rodea las semillas de una planta originaria de África Occidental. Es considerada la sustancia más dulce del planeta (1,600 veces más que una solución de sacarosa al 10%), La ingesta diaria de Taumatina es de 2 mg/día según la FDA.	Mezclada con glutamato, puede utilizarse como potenciador del sabor. Bebidas a base de café, gomas de mascar, aperitivos productos bajos en grasa, yogures, postres, bebidas alcohólicas, etc.
Monelina	Esta proteína se encuentra en la pulpa del fruto de la especie tropical <i>Dioscoreophyllum cuminsi</i> . Es aproximadamente 1,000 veces más dulce que el azúcar.	La Monelina no se emplea en bebidas dado que pierde la capacidad edulcorante con el tiempo.
Miraculina	Esta planta pertenece a la familia de las Sapotáceas, y es oriunda de África Occidental. No tiene sabor dulce intenso por sí misma, pero modifica profundamente los sabores al entrar en contacto con las papilas gustativas, transformando el sabor ácido en dulce.	Por el momento, no tiene aplicaciones industriales.
Brazzeina	Proteína proveniente de los frutos secos y ahumados de <i>Pentadiplandra brazzeana</i> . Caracterizada por ser 1,000 veces superior en dulzor a la sacarosa, y termoestable. Junto al Acesulfame de K, prolonga el sabor de éste. Comercialmente se le conoce con el nombre de Sweet®.	Utilizado en la industria de alimentos y farmacéutica a nivel mundial como edulcorante natural no calórico en bebidas, comidas y medicamentos.
Sorbitol	Alcohol Polihídrico, aislado del rizoma de <i>Polypodium vulgare</i> , es aproximadamente 3,000 veces más dulce que la sacarosa. Se encuentra en forma natural en ciertas bayas y frutas. Se clasifica como edulcorante nutritivo porque cada gramo contiene 2.4 calorías, bastante menos que las 4 de la sacarosa.	Es el edulcorante que contienen generalmente los chicles 'sin azúcar'. El sorbitol se emplea en muchos productos alimenticios dietéticos.

Ref.: Alonso J.R, (2010).

Pasa....

Cuadro 1.4 Edulcorantes no calóricos nutritivos de origen natural (Continuación).

PRODUCTO	DESCRIPCIÓN	USOS
Glicirricina	Obtenida en el año 1809 del rizoma de la especie <i>Glycyrrhiza glabra</i> , conocida como regaliz. Es originaria del sur de Europa. Su poder endulzante es 60 veces mayor que el de la sacarosa.	Se utiliza para edulcorar alimentos y bebidas. Se emplea también en tabletas y para aromatizar el tabaco.
Neohesperidina dihidrochalcona	La neohesperidina dihidrochalcona se obtiene por modificación química de una sustancia presente en la naranja amarga (<i>Citrus aurantium</i>). Es entre 250 y 1,800 veces más dulce que la sacarosa, y tiene un sabor dulce más persistente, similar al del regaliz. Se degrada en parte por la acción de la flora intestinal.	Es utilizado por la industria de alimentos como aditivo para la elaboración de diferentes productos como goma de mascar, caramelos, bebidas carbonatadas, bebidas no carbonatadas, yogurt, helados, postres, edulcorantes de mesa. Tiene asignado el código de aditivo E-959 en el listado de la Unión Europea.
Esteviósido	La <i>Stevia rebaudiana bertonii</i> es una especie sudamericana originaria del Paraguay, sur de Brasil y noreste de Argentina. Se la conoce mundialmente como yerba dulce o 'ka-á-he-é'. Las hojas de esta especie contienen otros principios endulzantes como son los rebaudiósido A y B. El esteviósido en forma pura es 300 veces más dulce que una solución al 0.4% de sacarosa. En cuanto a calorías, 10 hojas secas equivalen a 1 kilocaloría.	Edulcorante de mesa, en bebidas, pastelería, confitería, yogurt, chicles, bebidas carbonatadas, bebidas dietéticas, jugos, néctares, entre otros. También en productos farmacéuticos por ser bactericida en pastas dentales, jarabes para la tos, medicamentos para personas diabéticas, etc.

Ref.: Alonso J.R, (2010)

Cuadro 1.5 Edulcorantes no calóricos o no nutritivos de origen sintético.

PRODUCTO	DESCRIPCIÓN	USOS
Sacarina	Es casi 300 veces más dulce que el azúcar, no aporta energía, proporciona un sabor dulce intenso inmediato, pero deja un sabor residual intensamente amargo, es muy estable a los procesos de la industria de alimentos, no se le conoce ninguna interacción o reacción con otros alimentos, es 100% soluble en agua, Ingestión diaria admisible: 5 mg por kg de peso corporal.	Se emplea en varios alimentos y bebidas dietéticas.

Ref.: Snarff, (2006).

Pasa...

Cuadro 1.5 Edulcorantes no calóricos o no nutritivos de origen sintético (Continuación)

PRODUCTO	DESCRIPCIÓN	USOS
Ciclamatos	Son 30 veces más dulces que el azúcar, proporcionan textura y sensación viscosa en la boca, por lo que se usan en mezclas con otros endulzantes que no tienen esta característica, sabor dulce limpio e intenso que se detecta de forma un poco retardada, el sabor es dulce residual ligero, ingestión diaria admisible: de 0 a 11 mg por kg de peso corporal.	En México, a partir de 2006 la Secretaría de Salud permitió de nuevo la utilización de ciclamatos en alimentos y bebidas no alcohólicas.
Sucralosa	Se considera 600 veces más dulce que el azúcar, posee un sabor dulce limpio, prolongado sabor dulce residual en la boca, se utiliza sola o en combinación con otros endulzantes, no aporta energía (calorías), muy estable en todos los procesos y condiciones utilizados en la industria de alimentos.	Se usa en bebidas refrescantes, néctares de frutas, concentrados de bebidas, edulcorantes de mesa, productos lácteos, de panificación, entre otros.
Alitame	Es 2,000 veces más dulce que el azúcar, sabor dulce limpio parecido al del Aspartame, proporciona 4 kilocalorías por gramo, pero por ser tan intensamente dulce se utiliza en cantidades muy bajas por lo que su contribución energética es insignificante.	Tiene muy pocas aplicaciones en la industria alimenticia debido a que no es muy estable a los procesos de la industria de alimentos como es el caso del horneado o la pasteurización.
Neotame	Es por lo menos 7,000 veces más dulce que el azúcar, por lo que su manejo es difícil por las cantidades extremadamente pequeñas que se utilizan, su perfil de sabor es muy similar al del Aspartame.	Es más estable que el Aspartame a diferentes niveles de pH y a altas temperaturas por lo que sirve como sustituto del azúcar para la elaboración de diferentes productos alimenticios combinado con otros aditivos.
Aspartame	Es cerca de 200 veces más dulce que el azúcar, sabor dulce intenso, de detección en la boca un poco retardada, deja un sabor dulce residual más intenso que el azúcar, que dura en la boca largo tiempo y en ocasiones se asocia a sabor metálico o extraño, poco estable a altas temperaturas y a ciertos valores de pH, puede reaccionar con otros componentes de los alimentos.	Se emplea en la gran mayoría de productos light como principal sustituto del azúcar (glucosa)
Acesulfame potásico	Es casi 200 veces más dulce que el azúcar, puede tener un sabor residual amargo en concentraciones altas, por lo que regularmente se usa en combinación con otros endulzantes. Muestra características de sinergia que al combinarse con otros endulzantes, mejoran las características de los componentes de la mezcla, rápida detección en la boca, muy estable a los procesos de la industria de alimentos, no proporciona energía (calorías).	Se usa en bebidas refrescantes, néctares de frutas, concentrados de bebidas, edulcorantes de mesa, productos lácteos, de panificación, pastas de dientes enjuagues bucales, y productos farmacéuticos entre otros.

Ref.: Snarff, (2006).

1.6 Importancia de los edulcorantes en la industria de alimentos (Reartes, L., 2001)

Debido a que todos los edulcorantes, sean llamados calóricos o no calóricos, tienen diferentes propiedades tanto físicas como químicas, su comportamiento en los alimentos es diferente, dependiendo la clase de alimento que se esté fabricando. Por ejemplo, en el caso de las bebidas refrescantes, la sustitución del azúcar por edulcorantes no calóricos no plantea problemas tecnológicos.

Pero en algunos alimentos como las galletas o mermeladas, el azúcar ejerce otras funciones por lo que es necesario emplear otros agentes para compensar tanto las pérdidas de volumen como otras propiedades funcionales propias de cada alimento elaborado. Esto plantea un grave problema en la industria de alimentos, por el aumento de los costos de producción, ya que un alimento dietético o Light debe cumplir con los mismos requisitos de calidad y aceptabilidad dentro de los consumidores, como si se tratara de cualquier otro tipo de alimento.

Diversas organizaciones y leyes alimentarias regulan el uso de los edulcorantes. Analizan aspectos toxicológicos, microbiológicos y sobre todo de seguridad para así detectar los posibles riesgos que el compuesto en cuestión pudiera tener en la salud de las personas. Es decir, antes de que un edulcorante sea utilizado en la elaboración de algún producto debe cumplir con las disposiciones establecidas.

Para que un edulcorante natural o artificial sea utilizable por la industria de alimentos, además de ser inocuo, tiene que cumplir otros requisitos como: el sabor dulce debe percibirse rápidamente y desaparecer también rápidamente y tiene que ser lo más parecido posible al del azúcar común, sin regustos. También tiene que resistir las condiciones del alimento en el que se va a utilizar, así como los tratamientos a los que se vaya a someter.

1.6.1 Propiedades de un edulcorante ideal (Miquel, O, 1977)

En la práctica, no existe ninguna sustancia que satisfaga todas estas condiciones, lo que obliga, en algunos casos a limitar el uso de un edulcorante dado para algunas aplicaciones o recurrir a mezclas de edulcorantes o uso de aditivos.

Un edulcorante "ideal" deberá satisfacer los siguientes requerimientos:

- a) Poseer el sabor dulce de la sacarosa, sin componentes secundarios indeseables.
- b) Bajo contenido calórico, referido a una misma base de poder edulcorante. Esta condición puede ser satisfecha bien por poseer un alto poder edulcorante o por no ser metabolizado por el organismo.
- c) Propiedades físicas similares a la sacarosa: resistencia a temperaturas elevadas y a los pH comunes en los alimentos, ser soluble en agua, poseer similares características de textura y viscosidad que la sacarosa en iguales condiciones, no ser higroscópico.
- d) Ser inerte con respecto a las sustancias presentes en la formulación de alimentos y no interferir en sus sabores.
- e) No ser tóxico por sí mismo, ni producir sustancias tóxicas por descomposición ni reacción.
- f) Ser estable y mantener sus características con el tiempo.
- g) No poseer propiedades carcinogénicas.

1.7 Estudio del mercado internacional y nacional de algunos edulcorantes calóricos o nutritivos (Secretaría de Economía de México, 2012)

La evolución de la producción, consumo, precios internacionales y comercio de edulcorantes a nivel mundial, se analiza en el papel de los principales países productores y consumidores.

Por lo que se analiza la evolución de los rendimientos en campo y fábrica de Brasil, Estados Unidos y México para determinar su posición competitiva a nivel internacional. Adicionalmente, resulta necesario analizar el comportamiento del mercado del Jarabe de Maíz de Alta Fructosa y su relación con el mercado del azúcar.

Este producto, ha cobrado relevancia en el mundo como un producto sustituto del azúcar, tanto en el consumo de las familias como en los procesos industriales para la elaboración de alimentos y bebidas ya que desde su introducción hasta la fecha, ha venido ganando participación en el mercado de edulcorantes.

1.7.1 Mercado mundial de edulcorantes calóricos y no calóricos (Darío R., 1995).

El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA por sus siglas en inglés) define el mercado de los endulzantes, dividiéndolos en calóricos y no calóricos. Los endulzantes calóricos incluyen el azúcar de remolacha, azúcar de caña, jarabe de maíz (glucosa), jarabe de alta fructosa de maíz, miel, melazas comestibles, jarabe de maple, dextrosa, jarabe de azúcar de caña y jarabe de sorgo. Los endulzantes no calóricos son aquellos que no provienen de fuentes naturales sino, que son procesados industrialmente y principalmente se mencionan: la Sacarina, el Aspartame, la Sucralosa, y el Acesulfame K.

El consumidor final, que demanda este tipo de endulzante para usos especiales en el tratamiento de enfermedades como la diabetes y personas que se encuentran preocupadas por su peso u otro tipo de enfermedades y por lo tanto los usos son diferentes a aquel que se le da al azúcar de caña. La situación presentada por el mercado mundial de edulcorantes de alto poder ha presentado muchos cambios fundamentales debido a las prohibiciones o cuestionamientos a que fueron sometidos los más importantes, y a que los efectos indeseables tuvieron diversas incidencias en los distintos países.

Seguidamente se analizará la situación aproximada del mercado partiendo de fines de la década de 1980 a la década de 2000.

a) Sacarina: Es el edulcorante más utilizado. El consumo y la producción para el año de 1989 fue de 9,000,000 Kg. Al 2009 representa el 18.5% de consumo mundial, ver figura 1.2

b) Ciclamato: Antes de su prohibición en EE.UU, se había constituido en el edulcorante más utilizado en volumen, ya que solamente en EE.UU, su producción había alcanzado los 9,500,000 kg/año. En la actualidad, se sigue produciendo en dicho país, pero en una escala reducida y para exportación. No se conoce el consumo mundial. El consumo en Europa alcanzó los 1,300,000 kg en 1982. Su precio fue de 9.90 U\$/kg. Al 2009 representa el 1.5% del mercado mundial.

c) Aspartame: Se considera que su producción aproximada fue de 1,000,000 kg. en el año de 1983. Este volumen es considerable, teniendo en cuenta que la aprobación de uso era muy reciente, y con muchas limitaciones, en EE.UU, Gran Bretaña, Francia, Bélgica y otros países. Su precio en dicho año fue de 152 U\$/kg. De acuerdo a la figura 1.2, en el año 2009 representa el 30% de consumo en el mercado mundial.

d) Estevióside: En Japón en 1979, la producción y consumo fue de 140,000 kg. Aunque se consideraba que en dicho año el mercado japonés podía absorber 1,400,000 kg. equivalente al 10 % del consumo de sacarosa en poder edulcorante. En ese mismo año la producción mundial era de aproximadamente 700,000 kg. Incluyendo Japón, China Popular y Corea. No se cuenta con información oficial respecto a precios, pero se estima en alrededor de 120 U\$/kg (Marcavillaca, comunicación personal). Representado para el 2009 el 4% del mercado mundial.

En el 2009, el mercado total de edulcorantes de alto poder y bajo contenido calórico, es equivalente de 12 a 15 millones de kg de esteviósido por año. La conquista de una pequeña fracción de este volumen, por el esteviósido, representaría cifras significativas. A nivel mundial los principales productores de hoja seca son China y Paraguay; la planta es originaria de este último país, en Sudamérica se procesa en Brasil, Paraguay, Colombia y Argentina. A continuación se presenta la producción de hoja seca de algunos países a nivel mundial.

- a. Colombia: Producciones aproximadas a 10 toneladas de hoja por hectárea anual.
- b. Bolivia: Se realizan hasta cuatro cosechas por año, logrando un rendimiento anual de 3,200 kg de hoja seca de Stevia.
- c. Brasil: solo cuenta con capacidad para unas 110 toneladas al año.
- d. Paraguay: contiene 2,000 hectáreas de Stevia.
- e. China: con nueve plantas industriales, y unas 25,000 hectáreas de cultivo de Stevia.

El Aspartame es el edulcorante de mayor consumo a nivel mundial empleado en la elaboración de productos de dieta y medicamentos, seguidos de la Sucralosa, la Sacarina, el Ciclamato y el Acesulfame K. Teniendo una gran aceptabilidad en el mercado mundial el edulcorante natural Stevia por sus propiedades nutricionales y medicinales. En la figura 1.2 se observa el porcentaje de consumo mundial de los edulcorantes no calóricos en el año 2009.

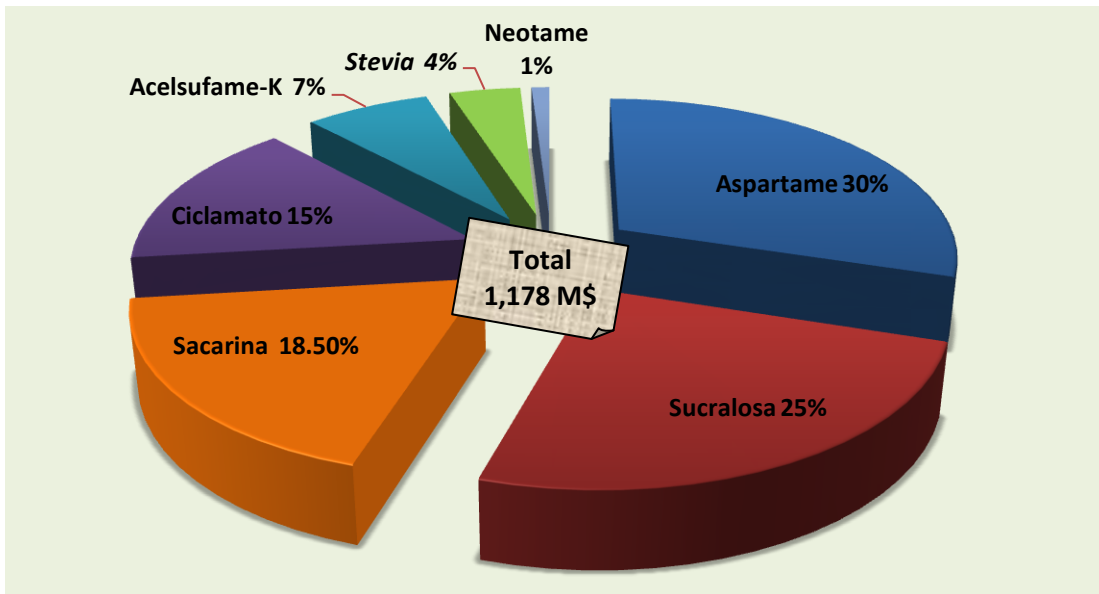


Figura 1.2 Reparto del mercado mundial de edulcorantes por tipo de producto en 2009.

Ref.: ALIMARKET (2010).

1.7.2 Producción mundial de azúcar de caña (Secretaría de Economía de México, 2012).

Desde hace más de diez años, la producción mundial de azúcar ha mostrado una tendencia creciente, registrando una Tasa Media de Crecimiento Anual (TMCA) de 2.3% para los ciclos 2009/10 a 2010/11, como lo muestra la figura 1.3. En el último ciclo azucarero (2010/2011) alcanzó 160,948 millones de toneladas.

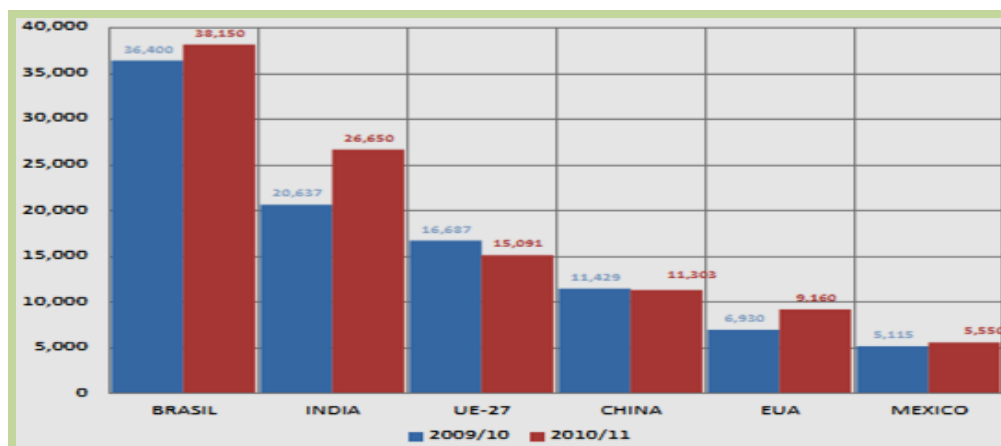


Figura 1.3 Producción de azúcar en países seleccionados

Ref.: Secretaría de Economía de México, 2012.

Para los ciclos 2009/10 y 2010/11, la producción mundial aumentó 7.7%, principalmente como resultado de un mayor volumen producido por países como Brasil, que es considerado como el principal productor en el mundo con casi un cuarto de la producción mundial, y de la India registrando un incremento de 4.8% y 29.1%, respectivamente. Por el contrario, la Unión Europea (UE) registró una disminución de 1.1% en el mismo periodo.

Para el caso de El Salvador la producción de azúcar ha experimentado un aumento significativo en los últimos años alcanzado una producción entre los años 2010/2011 de 5,126,693 T.M, de acuerdo al cuadro 1.6, según la asociación azucarera de El Salvador. Y una cifra record de 6,803,457.884 T.M para la zafra 2011/2012. Secretaria de Economía de México, 2012.

Cuadro 1.6 Producción de caña de azúcar (T.M) El Salvador.

Año	Producción de caña (T.M)	Área cosechada (Hect.)	Producción de azúcar (TM)
99/00	4,818,779	76,154	506,213
00/01	4,685,727	69,423	494,772
01/02	4,237,915	69,423	474,519
02/03	4,530,431	69,615	486,959
03/04	4,547,333	70,538	529,166
04/05	4,858,000	62,921	559,390
05/06	4,457,709	60,414	539,841
06/07	4,628,422	62,834	529,880
07/08	4,706,835	66,517	561,141
08/09	4,508,301	66,225	551,853
09/10	5,064,481	65,844	595,565
10/11	5,126,693	63,411	573,797

Ref.: Asociación azucarera de El Salvador (2011).

1.7.3 Mercado mundial de la fructosa (Secretaría de Economía de México, 2012)

La importancia del jarabe de maíz de alta fructosa, desde su aparición en el mercado hasta la fecha, resulta trascendente, ya que representa un producto sustituto del azúcar para el consumo de los hogares y principalmente para su consumo industrial en la elaboración de los alimentos y bebidas.

El crecimiento promedio anual de la producción mundial de fructosa durante el periodo de 2006/07- 2010/11 fue de 3.5%, ubicándose en niveles de 467.2 mil toneladas para el último ciclo. Su producción acumulada ascendió a un total de 2,041.6 mil toneladas en el mismo periodo. Por su parte, las importaciones se incrementaron en 19.4% en promedio anual durante el mismo periodo, consolidándose en 1,450 mil toneladas para el ciclo 2010/11.

En tanto que las exportaciones crecieron a un ritmo más rápido con una tasa de crecimiento promedio anual de 38.5% de acuerdo al cuadro 1.7

Cuadro 1.7 Balance mundial de fructosa, 2006/2007-2010/11
(Miles de toneladas).

Ciclo	2006/2007	2007/2008	2008/2009	2009/2010	2010/2011
Producción	407.1	342.5	361.7	463.1	467.2
Importaciones	306.9	442.6	329.3	975.0	983.6
Oferta Total	713.9	785.1	691.0	1,438.2	1,450.8
Consumo doméstico	708.3	774.6	678.5	1,417.7	1,430.2
Exportaciones	5.6	10.5	12.5	20.4	20.6
DEMANDA TOTAL	713.9	785.1	691.0	1,438.2	1,450.8

Ref.: Secretaría de Economía de México, (2012)

La oferta de fructosa en el mundo pasó de 713.9 mil toneladas en 2006/07 a 1,430.8 mil toneladas en el 2010/11, lo que representó un incremento de 19.2% en promedio anual. En cambio, la demanda se incrementó al mismo ritmo, situándose en 1,450.8 miles de toneladas para este último año. Por último, el consumo se ha incrementado a una tasa promedio de 19.2% para el periodo mencionado.

De esta forma, la fructosa en el mundo no sólo ha penetrado en el mercado que antes tenía el azúcar, sino que ha ganado mercado en forma acelerada, esto es, si la comparamos con las menores tasas de crecimiento de la producción y consumo de azúcar en el mundo en los más recientes ciclos.

En 1967, con la entrada del jarabe de maíz de alta fructuosa en el mercado de edulcorantes en los Estados Unidos, se reflejó una recomposición en los patrones de consumo tanto del azúcar como del propio jarabe de maíz, para el consumo doméstico y los procesos industriales.

En este sentido, el consumo interno de edulcorantes en los Estados Unidos registró una tasa de crecimiento más acelerada en el periodo 1984-2000. Sin embargo, a partir del año 2001, su consumo se ha mantenido estable, no obstante que mostró signos de recuperación en los años 2005 y 2006.

1.8 Análisis del mercado de edulcorantes no calóricos en El Salvador.

En El Salvador el comercio de productos dietéticos ha formado parte de la dieta de muchas personas de todas las edades, género, etc. en especial de aquellas que padecen de alguna enfermedad como el sobrepeso, la diabetes, problemas cardiacos, entre otros. Por esa razón la industria de alimentos ofrece productos bajos en calorías a precios accesibles a determinados grupos de la población, sobre todo los de origen natural como el edulcorante a base de Stevia que se comercializa en algunos supermercados de El Salvador como lo muestra el cuadro 1.8 y 1.9

Cuadro 1.8 Productos con edulcorantes no calóricos en El Salvador.

Producto	Marca	Edulcorante	País de origen
Gelatina	JELL-O	Aspartame	EE.UU
Gelatina	Royal	Aspartame y Acesulfame K	EE.UU
Barra de cereal	Granvita	Sucralosa	México
Galletas de avena integral	Granvita	Sucralosa	México
Helado	La Nevería	Sirope de Maltitol	El Salvador
Néctar	JUMEX	Sucralosa	México
Refresco	ZUCO light	Aspartame	Chile
Refresco	Clight	Aspartame	Costa Rica
Refresco	Clight	Sucralosa y Acesulfame k	Costa Rica
Yogurt	YES	Sucralosa	El Salvador
Yogurt	Salud	Sucralosa	El Salvador
Bebidas no carbonatadas	Tang	Sacarina	El Salvador
Bebida carbonatada	PEPSI Light	Aspartame	Guatemala
Bebida carbonatada	Coca Cola Light	Aspartame	Guatemala

Cuadro 1.9 Edulcorantes de mesa no calóricos en El Salvador.

Producto	Marca	Edulcorante	País de origen
Endulzante natural	TRUVÍA	Stevia rebaudiana bertonii	EE.UU
Endulzante natural	Estevia Way	Stevia rebaudiana bertonii	El Salvador
Endulzante natural	Stevia	Stevia rebaudiana bertonii	El Salvador
Endulzante	Splenda	Sucralosa	EE.UU
Endulzante	Sucaryl	Sucralosa	Colombia
Endulzante	Equal	Aspartame	EE.UU
Endulzante	Sacarina	Sacarina	EE.UU

El pasado 28 de Junio, FIAGRO organizó la charla "Oportunidades de negocio en El Salvador con el cultivo de Stevia", siendo el objetivo de esta charla, incentivar a grupos y asociaciones de agricultores nacionales, inversionistas y directivos de la Banca Comercial de apoyo al sector agrícola para considerar este tipo de cultivo no tradicional como alternativa de producción local, que también está dirigido a diversos sectores industrializadores como el de alimentos y bebidas (FIAGRO. Násser G., 2011).

“Al ser un tema tan innovador y con potencial económico, el grupo asistente fué alrededor de 40 personas, por lo que se consideró formar un grupo de interés, para estudiar más detenidamente la idea, las consideraciones a tomar en cuenta y la formación técnica para fortalecer la iniciativa de grupo si las condiciones en el país lo permiten” (FIAGRO. Násser G., 2011).

2.0 PROPIEDADES Y APLICACIONES DE LA PLANTA

Stevia rebaudiana bertonii.

2.1 Generalidades de *Stevia rebaudiana bertonii*.

El Ka'a He'ê, (hierva dulce) conocida como *Stevia rebaudiana bertonii*, es una especie nativa de la Zona Norte de la Región Oriental del Paraguay y es utilizada durante siglos por los nativos guaraníes de Paraguay como edulcorante natural para sus comidas y bebidas. El naturalista suizo Moisés S. Bertoni fue el primero en describir la especie científicamente; posteriormente, el químico paraguayo Ovidio Rebaudi publicó en 1,900 el primer análisis químico de la planta, descubriendo mediante este análisis un glucósido edulcorante capaz de endulzar más veces que el azúcar refinado, pero sin los efectos contraproducentes que ésta produce en el organismo humano.

La tecnología relacionada con el cultivo de esta especie evoluciona considerablemente desde que Moisés S. Bertoni lo descubrió e identificó taxonómicamente, y luego que el agrónomo Juan Aranda y su esposa Vera Bertoni comenzaron a establecer los métodos de multiplicación y producción que condujeron a su "domesticación" como se observa en la figura 2.1. En consecuencia de los trabajos de laboratorio realizados, se conoce actualmente que dicho extracto contiene esteviósido, rebaudiósido A, y por lo menos, seis compuestos edulcorantes más.



Figura 2.1 Domesticación de la planta *Stevia rebaudiana bertonii*.
Cojutepeque, El Salvador.
Ref.: Torres J.G (2012)

En forma de hoja molida es entre 20 y 35 veces más dulce que el azúcar. El líquido claro y transparente obtenido por disolución de los esteviósidos es 40 veces más dulce que el azúcar. El líquido concentrado negro verdoso obtenido por cocción es 70 veces más dulce que el azúcar. El polvo blanco o esteviósido es superior a 300 veces el dulzor del azúcar (Martínez, T., 2002).

A medida que se difunde la información sobre la naturaleza y usos actuales y potenciales de los principios edulcorantes de esta planta, su cultivo comercial adquiere importancia variable en Brasil, Japón, Corea, Taiwán, EUA (California) y, en Paraguay. En los cuatros primeros países citados, se dió un fuerte impulso a la producción de esta especie vegetal mediante la extracción, destilación y cristalización de sus principales componentes químicos, que están siendo utilizadas en una amplia gama de productos destinados al consumo humano (“Stevia Paraguay”. n.d).

Existen aproximadamente 300 variedades de Stevia en la selva Paraguayo-Brasileña, sin embargo la *Stevia rebaudiana bertonii* es la única que presenta propiedades edulcorantes debido a sus principios activos llamados “**esteviósidos**”; en el año 1,921 por la Unión Internacional de Química (López, L., Peña L.,2004). En cuanto a la Stevia rebaudiana, se cuenta con más de 144 variedades aproximadamente a nivel mundial, destacando a Morita II por su mayor rendimiento de hoja seca y mejor contenido químico que otras variedades (Landázuri, P., Trigueros, J., 2009), no obstante para la presente investigación se tomará en cuenta únicamente la variedad nativa de *Stevia rebaudiana bertonii*, como se observa en la figura 2.2, la cual no ha sido modificada genéticamente y por lo tanto cuenta con todas sus propiedades naturales.



Figura 2.2 Cultivo de la planta de *Stevia rebaudiana bertonii* (nativa). En la zona de Cojutepeque, El Salvador.
Ref.: Torres J.G (2012)

2.2 Clasificación taxonómica de *Stevia rebaudiana bertonii*

La *Stevia rebaudiana bertonii*, es una especie botánica de la familia de las asteráceas nativa de la región tropical de Sudamérica; se encuentra aún en estado silvestre en el Paraguay, especialmente en el departamento de Amambay, pero desde hace varias décadas se cultiva por sus propiedades edulcorantes y su bajo contenido calórico (Mónica, 2009). La clasificación científica de la *Stevia* es mostrada en el cuadro 2.1

Cuadro 2.1 Clasificación científica de *Stevia rebaudiana bertonii*.

Superreino	Eukaryota
Reino	Plantae
Subreino	Tracheobionta
Superdivisión	Spermatophyta
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Asteridae
Orden	Asterales
Familia	Asteraceae
Subfamilia	Asteroideae
Género	<i>Stevia</i>
Especie	<i>S. rebaudiana</i>
Nombre binomial	<i>Stevia rebaudiana bertonii</i>

Ref.: Mónica, (2009).

2.3 Composición química de la Stevia rebaudiana bertonii

Hasta la fecha, se encuentran diez diferentes compuestos químicos, responsables del sabor dulce de la planta: esteviósido, rebaudiósido A, B, C, D, E y F, dulcosida A, rubusosida y steviolbiosida. La mayor concentración del efecto dulce proviene del esteviósido y del rebaudiosida A.

Según el profesor Joseph Kuc, en un estudio publicado en el año 1,968 por la universidad de Purdue en India, se detectó un efecto anticonceptivo con una reducción de la fertilidad de hasta 79% sobre ratas femeninas cuando fueron alimentadas con altas cantidades de Stevia. Sin embargo, en ningún estudio se pudo confirmar un efecto cancerígeno o mutagénico en concentraciones “normales” de aplicación como edulcorante. En los EE.UU, la Administración de Drogas y Alimentos (FDA) aprobó el uso de extractos de Stevia únicamente como ingrediente en un “suplemento alimenticio” pero no como edulcorante de mesa. Únicamente el glicósido Rebaudiósido A en su forma pura es considerado como Sustancia Generalmente Reconocida como Segura (GRAS por sus siglas en Inglés) desde Diciembre del año 2008. Por el contrario, el esteviósido, el otro compuesto principal del extracto de Stevia, no fué reconocido como GRAS por la FDA.

Los países como Canadá y anteriormente en la Unión Europea (UE), el uso de Stevia como edulcorante de mesa fue rechazado por considerar que no había pruebas suficientes que demostraran su inocuidad, sin embargo existe una nueva opinión de la Autoridad Europea de Seguridad de los Alimentos (EFSA) que vigila los edulcorantes y su uso, para retirar del comercio los productos que considere peligrosos para la salud. Esta institución publicó en Abril de 2011 un documento con una evaluación de la información toxicológica disponible hasta la fecha.

El resultado es que Stevia y extractos de Stevia son considerados inocuos en su uso como edulcorante de mesa bajo ciertas condiciones.

El Organismo Europeo de Seguridad Alimentaria (EFSA) recomienda una dosis máxima diaria de 4 mg por kilogramo de peso corporal, para estar seguros, la misma dosis máxima es recomendada por la Organización Mundial de Salud (OMS) según un documento publicado en el año 2008 (Eppers, O.J., 2011).

2.4 Descripción botánica de la *Stevia rebaudiana bertonii*

La *Stevia rebaudiana bertonii*, es un arbusto que alcanza los 90 cm de altura, durante su desarrollo inicial no posee ramificaciones, llegando a producir hasta 20 tallos en tres a cuatro años y se caracteriza por tener las hojas de color verde brillante, lanceoladas o elípticas y dentadas en posición alterna como lo muestra la figura 2.3, las cuales miden entre 3 y 5 cm de largo por 1.5 a 2 cm de ancho. Los tallos son pubescentes y rectos, mientras que las raíces filiformes son esencialmente superficiales y tienen suficiente fuerza vital para facilitar el rebrote de la planta. Es una planta dioica cuyas flores son pequeñas, tubulares y de color blanco como lo muestra la figura 2.4, su fragancia no es perceptible.



Figura 2.3 Planta de *Stevia rebaudiana bertonii* (hojas, tallo y raíz).
Ref.: Torres J.G (2012)



Figura 2.4 Flores de *Stevia rebaudiana bertonii*.
Ref.: Torres J.G (2012)

El mejor método de reproducción para su cultivo son los esquejes (fragmentos de plantas separados con una finalidad reproductiva). El hábitat natural de esta planta son las regiones semiáridas como las de la región de la Cordillera de Amambay en Paraguay. En estado silvestre crece en terrenos arenosos, poco fértiles pero con un buen drenaje. Requiere días largos y mucho sol. Los españoles la adoptaron como edulcorante para bebidas y otras golosinas, por lo que era conocida como “hierba dulce” (Martínez, T. 2002).

2.5 Ciclos de la Stevia rebaudiana bertonii

El ciclo de la planta es de aproximadamente de 90 días y se debe respetar rigurosamente para obtener una producción racional, caso contrario se tiene un efecto en cadena perdiéndose toda la producción de los siguientes ciclos como se muestra en la figura 2.5.

- a. *El primer ciclo se inicia en Septiembre:* El ciclo más importante es el que se inicia en Septiembre y termina en Diciembre que proporciona la cosecha principal de hojas (40%), en este ciclo no se recomienda cosechar semillas.
- b. *El segundo ciclo en Enero:* En este mes se inicia el ciclo que es también importante en producción de hojas (35%) e igualmente semillas.
- c. *El tercero en Abril:* En ese mes se inicia el tercer ciclo, el crecimiento de invierno, la producción de hojas esperadas es de solamente 15% pero puede dar muy buena calidad germinativa de semillas.
- d. *El cuarto en Junio:* Ciclo propiamente de invierno. 10% de la producción de hojas y buena calidad de semillas para echar en el almácigo durante la primavera, pero se producen plantas fuera de época.

Hay un lapso de 15 a 22 días máximo dentro del cual se deben hacer los cortes (cosecha) e iniciar el nuevo ciclo (“Stevia Paraguay” n.d).



Figura 2.5 Ciclos de producción de la Stevia rebaudiana bertonii.
 Ref.: Torres J.G (2012)

2.6 Estructura y composición química de las hojas de Stevia rebaudiana bertonii

Las hojas de Stevia encierran glucósidos cuyo poder endulzante, una vez purificados, se sitúa entre 250 y 300 veces su equivalente en azúcar. Es demostrado que estos compuestos son sintetizados en los cloroplastos, en cambio, el modo en el que la síntesis interviene *no es conocido con precisión*.

Los compuestos más representados han sido denominados en la literatura científica como:

Esteviósido (más abundante); Rebaudiósido A y E (menos abundantes pero más endulzantes que el esteviósido, y el rebaudiósido A es el más abundante de rebaudiósido). Dulcosido A.

El esteviósido es un glucósido diterpeno en cuya fórmula se encuentran un aglicón llamado Steviol y tres moléculas de glucosa. Estos esteviósido están presentes a la altura de 5 al 22 % del peso seco de la hoja de Stevia. El rendimiento de esteviósido depende de la calidad de las plantas seleccionadas y de las condiciones de agricultura: insolación, terreno, regadío.

La literatura utiliza regularmente la cifra del 10% cuando se habla de concentración media de esteviósido en las hojas de Stevia. Además de los esteviósido anteriormente mencionados; se encuentra también en las hojas de Stevia, aceites esenciales, flavonoidos, minerales, vitaminas, taninos, calcio, cinc, potasio, magnesio, sodio, flúor, fibras, clorofila, agua y muchos otros constituyentes en forma de rastro (“La maison du Stevia,” 2006).

2.6.1 Nombres químicos de los componentes de las hojas de Stevia (European Stevia Association, eustas 2006)

Cuadro 2.2 Nombres químicos de los componentes de la hoja de Stevia.

Nombre	Estructura Química
Esteviósidos	13-[(2-O-β-D-glucopiranosil-β-D-glucopiranosil) oxi] ácido Kaur-16-en-18-oico, β-D-glucopiranosil éster
Rebaudiósido A	13-[(2-O-β-D-glucopiranosil-3-O-β-Dglucopiranosil-β-D-glucopiranosil) oxi] ácido Kaur-16-en-8-oico, β-D-glucopiranosil éster.
Rebaudiósido B	13-[(2-O-α-L-ramnopiranosil-3-O-β-D-glucopiranosil) oxi] ácido Kaur-16-en-18-oico, β-D-glucopiranosil éster.
Dulcósido A	13-[(2-O-α-L-ramnopiranosil-β-D-glucopiranosil) oxi] ácido Kaur-16-en-18-oico, β-D-glucopiranosil éster.

Ref.: European Stevia Association, eustas (2006).

2.6.2 Los componentes dulces de la Stevia rebaudiana bertonii.

La Stevia contiene una mezcla de edulcorantes en las hojas como se observa en la figura 2.6 en la cual el esteviósido se encuentra en general, en mayor concentración.

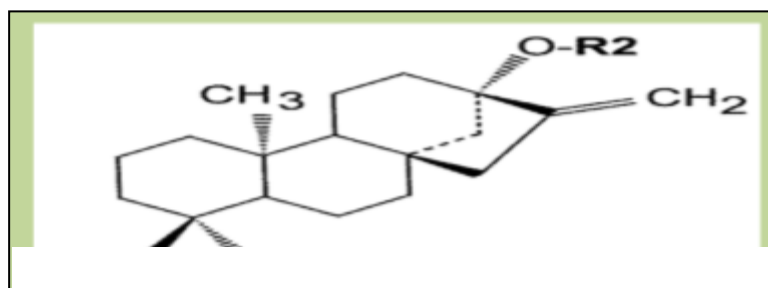


Figura 2.6 Estructuras de esteviósidos y compuestos relacionados.

Ref.: European Stevia Association, eustas (2006).

Cuadro 2.3 Compuestos de los esteviósidos y compuestos relacionados.

	Compound name	R1	R2
1	steviol	H	H
2	steviolbioside	H	β -Glc- β -Glc(2→1)
3	stevioside	β -Glc	β -Glc- β -Glc(2→1)
4	rebaudioside A	β -Glc	β -Glc- β -Glc(2→1) β -Glc(3→1)
5	rebaudioside B	H	β -Glc- β -Glc(2→1) β -Glc(3→1)
6	rebaudioside C (dulcoside B)	β -Glc	β -Glc- α -Rha(2→1) β -Glc(3→1)
7	rebaudioside D	β -Glc- β -Glc(2→1)	β -Glc- β -Glc(2→1) β -Glc(3→1)
8	rebaudioside E	β -Glc- β -Glc(2→1)	β -Glc- β -Glc(2→1)
9	rebaudioside F	β -Glc	β -Glc- β -Xyl(2→1) β -Glc(3→1)
10	dulcoside A	β -Glc	β -Glc- α -Rha(2→1)

Ref.: European Stevia Asociación, eustas (2006)

El contenido en edulcorantes puede variar entre el 4% y el 20% del peso de la hoja seca dependiendo en la variedad y las condiciones de crecimiento, pero es alrededor del 10% en la mayoría de los cultivos realizados sobre terreno. La biosíntesis de steviol, la aglicona de esteviósidos, sigue el camino del 2-C-Metil-D-eritritol-4-fosfato recientemente aclarado, tal y como ocurre con todos los terpenoides formados en los tejidos de las plantas.

Hasta la formación del ent-kaurenato la síntesis de steviol es similar a la de las giberelinas, un grupo de hormonas vegetales. En la Stevia está presente una 13-hidroxilasa que hidroxila el *ent*-kaurenato en su posición 13^a para dar lugar a steviol como se observa en la figura 2.7. Esta es una hidroxilación única y es una desviación de la síntesis de la giberelina en la que el ent-kaurenato se hidroxila primero en la posición 7 (European Stevia Asociación, eustas 2006).

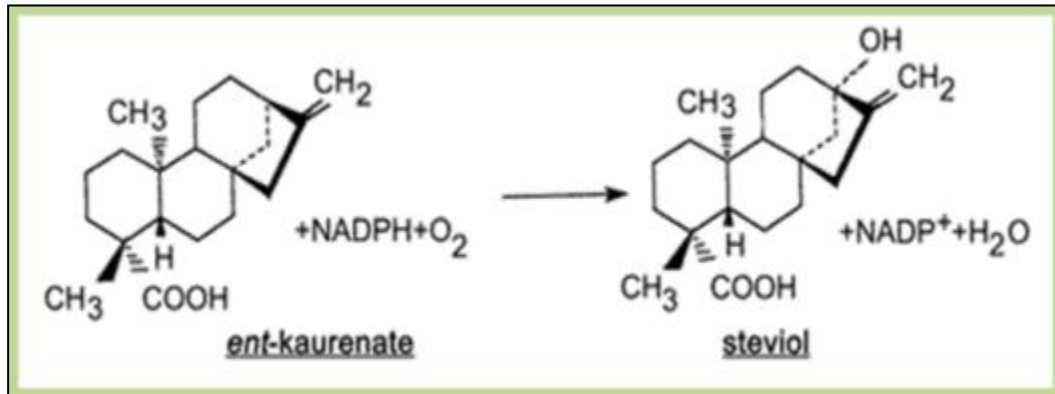


Figura 2.7 Síntesis de steviol partiendo de ent-kaurenato por la Hidroxilasa 13-*ent*-kaurenato.

Ref.: European Stevia Association, eustas (2006).

Cuadro 2.4 Fitonutrientes presentes en la Stevia rebaudiana bertonii.

KILOCALORIAS	540 /kg
MAGNESIO	490 ppm
MANGANESO	147 ppm
FOSFORO	180 ppm
POTASIO	800 ppm
PROTEINA	580 ppm
SODIO	892 ppm
ALUMINIO	72 ppm
ACIDO ASCORBICO	110 ppm
BETA CAROTENO	75 ppm
CALCIO	440 ppm
GRASAS	000 ppm
HIERRO	39 ppm

Ref.: Guía del emprendedor (2004).

2.7 Aspectos agronómicos de cultivo de Stevia

De acuerdo a Landázuri, P. y Triguero, J. (2009), la Stevia en su estado natural, crece en la región subtropical, semihúmeda de América, temperaturas que van desde los 24°C a 28°C y una humedad relativa de 75% a 85%. Esta planta no tolera los suelos con excesos de humedad ni los altos con contenido de materia orgánica, principalmente por problemas fúngicos.

- a. Siembra de la Stevia:** Se recomiendan distancias de 20 cm entre hileras y 16 cm entre plantas como se observa en la figura 2.8 literal a. lo que equivale a una densidad de plantas por hectáreas de 180,000 (Landázuri, P. y Triguero, J., 2009). Es importante para tener un mejor manejo de la plantación, trazar caminos amplios de 3 metros de ancho, cada 100 metros.
- b. Cosecha de la Stevia:** Se realiza cuando presenta como máximo un 5% de botones florales, haciendo un corte a los 5 o 10 cm de suelo, de acuerdo a la figura 2.8 literal b. de manera que permanezcan en la planta de 2 a 3 pares de hoja. El mayor rendimiento de los cultivos se presenta en los 3 primeros años.



Figura 2.8 Siembra (a) y cosecha (b) de la Stevia rebaudiana bertonii.
Plantación en la zona de Cojutepeque, El Salvador
Ref.: Torres J.G (2012)

2.7.1 Requisitos agronómicos del cultivo de Stevia (“Stevia Paraguay,” n.d)

- a. Agua:** La planta es originaria de una zona semi-húmeda con una precipitación media anual de 1,500 mm/año. Posee muy poca resistencia a la sequía.

En zonas donde la precipitación anual es similar a 1,500/1,700 mm por año y con suelos de alta capacidad de retención de humedad. La planta es resistente a la humedad pero no a la sequía que perjudica la aparición de hojas.

b. Temperatura: La Stevia es bastante resistente a las bajas temperaturas, aunque el crecimiento es menos vigoroso en el período invernal que en otras estaciones. La temperatura óptima para la germinación de la semilla es de 20°C. En temperaturas altas, se observa que las plantas son sensibles al calor, produciéndose retorcimiento en los brotes terminales de las hojas picos, reponiéndose a medida que baja el calor.

2.7.2 Cultivo de Stevia rebaudiana bertonii (Guía del emprendedor, 2004)

La Yerba Dulce necesita abundante agua, cuyo consumo puede ser entre 1,000 y 1,400 mm. anuales, según la temperatura del lugar, razón por la cual el riego complementario resulta fundamental para conseguir buenos rendimientos.

Si no se dispone de riego, no se recomienda la implantación de Stevia. La temperatura óptima para el crecimiento es de 15 a 30°C, con medias de 20°C y media mínima de 5°C. Los límites térmicos extremos son -6°C y 43°C.

Para efectos agrícolas se prefiere emplear esquejes (fragmentos de plantas separados con una finalidad reproductiva), suelo de textura ligera e irrigar con frecuencia durante el período seco.

La cosecha se realiza justo antes de la floración, para mantener la máxima concentración posible de edulcorante en las hojas. Para producir hijuelos, necesita temperaturas medias superiores a los 15°C. Las heladas de baja intensidad y duración corta, son toleradas, aunque disminuyen el rendimiento hasta un 25%.

La Stevia rebaudiana es una especie que requiere días largos, y alta intensidad solar. Respecto a los suelos, son óptimos aquellos con pH entre 6.5 y 7, de baja o

nula salinidad, con buen contenido de materia orgánica, de textura franco arenosa a franco, y con buena permeabilidad y drenaje.

a. Variedades de Stevia.

Por tratarse de una planta que se reproduce sexualmente por fecundación cruzada, no debe extrañar la diversidad fenotípica (apariencia) que se observa en las poblaciones de plantas que crecen espontáneamente; esto provoca una gran diferencia de contenido de edulcorantes entre las distintas plantas. Tal variabilidad genética, ha sido aprovechada por algunos productores que cultivan ésta especie vegetal donde se han llegado a seleccionar y multiplicar plantas con características morfológicas sobresalientes y niveles elevados de sustancias edulcorantes de tales líneas “**clonales**”, figura 2.9.



Figura 2.9 Cultivo de la Stevia rebaudiana variedad morita II.
Ref.: Torres J.G (2012)

b. Corte de uniformización de Stevia.

Durante el invierno, puede producirse la muerte de algunos brotes como consecuencia de bajas temperaturas o falta de agua, mientras que los demás brotes permanecen verdes y poco desarrollados, que mantienen la dominancia apical, impidiendo la formación de nuevos vástagos.

Por ambas razones, es aconsejable hacer un corte, para inducir y uniformizar la brotación.

2.8 Área geográfica para el cultivo de Stevia en El Salvador

Nasser, G. (2011) sostuvo que “La Stevia es una variedad de plantas que al igual que muchas de las plantaciones, requieren de condiciones óptimas para poder desarrollarse a plenitud”. Según la Fundación para la Innovación Tecnológica Agropecuaria (FIAGRO), el cultivo de la Stevia en El Salvador puede desarrollarse a plenitud, en ambientes que presentan parámetros como los que se indican en el cuadro 2.5

Cuadro 2.5 Condiciones óptimas para el cultivo de Stevia en El Salvador.

PARÁMETRO	CONDICIONES
Altitud	100 a 1,200 m.s.n.m
Precipitación	1,000 a 2,000 mm/año.
Temperatura media	24° a 34°C
Humedad relativa	75% a 85%
Brillo solar	Mayor a 6 horas día.
Vientos	Moderados.
Textura del suelo	Franco-arenoso, Franco-arenoso-arcilloso.
pH	5.5 a 6.5
Materia orgánica	Alta.
Pendiente del terreno	No mayor a 6%.
Canales de drenaje	Muy buenos.
Ubicación del terreno	Cerca a vías de carretera y centros poblados.
Densidad de siembra	Entre 80,000 y 100,000 plantas por hectárea.
Control de los arbustos	Cobertura plástica Moulch (no es indispensable).
Sistema de riego	Ferti-riego por goteo.
Mecanización	Cosecha y post cosecha.

Ref.: FIAGRO (2011).

2.8.1 Cuidados culturales de la Stevia (“Stevia Paraguay,” n.d)

El cultivo de la Stevia se realiza con cortes normales respetando su ciclo de desarrollo, es un cultivo siempre verde, de manera que a los 8 días de iniciada la nueva brotación, presentando alguna excepción las plantas madres, es decir productos de semillas.

El agregado de materia orgánica o fertilizantes naturales debe adoptarse rigurosamente al ciclo de desarrollo de las plantas; la fertilización se justificará solamente en los ciclos de mayor producción los cuales son: Septiembre y Enero.

Las pulverizaciones de los cultivos con fungicidas y fertilizantes naturales deben realizarse sin falta y por única vez después de cada corte, es decir cuatro veces al año. Cuando en el cultivo no se respetó el ciclo vegetativo; el agregado de materia orgánica no puede tener el resultado deseado, ya que la planta fué cortada en su crecimiento en la medida que se dejó pasar el corte, es por eso que se dan pequeños brotes que prácticamente nacen con floración, es decir con el ciclo terminado.

De acuerdo al autor, para tener un buen resultado cualquier tratamiento a ser aplicado al cultivo debe iniciarse con el ciclo de desarrollo o crecimiento de la planta y no en cualquier momento.

2.8.2 Preparación del terreno para el cultivo de Stevia (López, L., Peña, L., 2004).

Deben realizarse dos aradas para poder favorecer el rendimiento. En parcelas enmalezadas, la arada inicial se deberá efectuar con dos meses de anticipación en dirección transversal a la pendiente en la forma superficial (12 a 15 cm de profundidad), seguida de una rastreada. Esto con el fin de descomponer la materia orgánica existente en el suelo, evitando que dificulte el rendimiento o el crecimiento de las plantas, liberar nutrientes para posibilitar su debido aprovechamiento por el cultivo, favorecer la absorción y retención del agua de las

lluvias, evitar la erosión causada por el arrastre del agua de las lluvias torrenciales. En cuanto a la fertilización del cultivo es recomendable el uso de estiércol bien descompuesto mezclado con materiales fertilizantes que contengan 120 kg de Anhídrido Fosfórico ($P_2 O_5$) y 60 kg de Óxido de Potasio (K_2O) por hectárea .

Con el fin de mantener el cultivo en plena producción, después de cada corte se deberán aplicar las mismas dosis de Anhídrido Fosfórico y Óxido de Potasio, así como la de Nitrógeno.

2.8.3 Reproducción de planta de Stevia (López, L., Peña, L., 2004)

La reproducción de la planta Stevia, puede darse a través de dos métodos: por semilla o por esquejes. Para el presente trabajo investigativo la procedencia del método de reproducción de la planta es por medio de esquejes como se observa en la figura 2.10. El método de siembra por esquejes es el método de propagación que presenta mayores ventajas en comparación con el de semilla.



Figura 2.10 Método de siembra por esquejes de la Stevia rebaudiana bertonii, cultivada en la zona de Cojutepeque, El Salvador.

Ref.: Torres J.G (2012)

Etapa 1: corte del esqueje de la planta madre. **Etapa 2:** preparación de tierra (tierra y sustrato). **Etapa3:** siembra del esqueje en la tierra preparada. **Etapa 4:** Planta lista para el trasplante en tierra firme.

La densidad en un cultivo normalmente es calculada con treinta centímetros de espacio entre las plantas en línea, dando una densidad de 333 por 250 plantas en una hectárea. Dando como resultado 83,250 plantas por hectárea.

Este dato es en el caso de no contar con riego artificial. En cuanto al método de riego, este deberá realizarse por goteo con el objetivo de tener un exceso de humedad y de esta manera darle a la planta una densidad más alta ya que esta no competirá por obtener más agua.

Idealmente se estima que el rendimiento por año se encuentre entre 3 a 4 toneladas de hojas secas por hectárea en tres o cuatro cosechas por año, con una concentración de esteviósidos de 10 mg/g aproximadamente.

2.8.4 Producción de planta de Stevia (Guía del emprendedor 2004)

- a. Para reproducir las plantas de Stevia, hay que considerar la época recomendada para el trasplante que es de Abril a Agosto y un poco de Septiembre.
- b. Las plantitas tardan en almácigos, más o menos dos meses en verano y tres meses en invierno. Lo que claramente nos indica que para asegurar la terminación de plantitas para el año se debe echar la semilla en almácigo durante los meses de Mayo y un poco de Junio, fuera de esta época ya serán plantitas para el año siguiente, con un elevado costo de producción adicional.
- c. Para la preparación de suelo para almácigo hay que iniciar por lo menos de dos a tres meses antes de la fecha ideal de siembra que es el mes de Mayo.

Esta preparación debe incluir una arada profunda, tratamiento con herbicidas, incorporación de materias orgánicas y fertilizantes químicos, desinfección de suelos y finalmente agregar abundante materia orgánica tratada; formando una capa de cinco o más centímetros sobre la superficie a fin de asegurar un rápido desarrollo de las plantas recién germinadas.

Si esto no es así, las semillas germinadas no alcanzan la medida ideal para el trasplante. En la preparación de almácigos, se deben erradicar las hierbas, y su fertilización se vuelve necesaria, pues, de no ser así, se encarece el costo de producción.

2.8.5 Transplante de las plantas de Stevia (Terra. Org. 2008).

El trasplante de plantitas requiere necesariamente una desinfección con fungicidas. Preferentemente se debe llevar a cabo el trasplante después de una lluvia. El lugar o sitio (surco) donde serán trasladadas las plantitas requiere de un riego anterior. Las raíces deben estar bien acomodadas y cubiertas con una camada de tierra y apretada firmemente, para que la tierra quede perfectamente adherida a las raíces.

El método de plantación, mostrada en el cuadro 2.6, puede ser en hileras simples, a una distancia de 50 cm. entre hileras y 30 cm. entre plantas, con lo que se tiene una densidad de 100,000 plantas por hectárea.

Cuadro 2.6 Producción de esquejes a partir de la planta madre*

Edad de la planta madre	Esquejes terminales/planta	Total de esquejes (-)	Disponible para sembrar
3 meses	De 4 a 5	De 100,000 a 125,000	De 1 a 1.25 has.
6 meses	De 10 a 15	De 250,000 a 375,000	De 2.50 a 3.75 has
12 meses	De 20 a 25	De 500,000 a 625,000	De 5.00 a 6.25 has

Ref.: FIAGRO (2011).

*Sobre la base de sembrar con una densidad equivalente a 100,000 plantines por hectárea.

Torres J.G (2012) afirma que: “Los esquejes son seleccionados, para tener plantas más vigorosas”.

2.9 Cosecha de la Stevia

Según muchos agricultores de la planta de Stevia, el mejor momento para poder realizar el corte de las ramas de la planta es cuando están a punto de florecer, justo antes que el botón comienza a florar , al realizar el corte en esta etapa se asegura obtener la mayor cantidad del contenido de glucósido de las hojas.

Se recomienda hacer el corte a unos 5 -10 cm del suelo y por la mañana con el propósito que la planta pueda secarse por efecto del sol, ya sea directamente al sol, en secadores solares (como en el caso de Torres J.G) o en secadores automatizados.

Según el proceso realizado por Torres J.G, se juntan las ramas recién cortadas y se llevan directamente al desecador solar, donde se controla la temperatura del equipo con un termómetro. Se deja reposar en este equipo las partes de la planta hasta alcanzar una humedad del 12%, lo cual asegura que la hoja está lista para pasar al proceso de molido y que no será propensa posteriormente al ataque de hongos. Cuidando de esta forma su vida de anaquel y la calidad de la cosecha.

2.10 Corte y secado natural de la Stevia (Guía del emprendedor, 2004)

Para obtener hojas secas de buena calidad, se debe tener en cuenta factores que inciden o pueden afectar la calidad del producto y la disponibilidad de elementos mínimos necesarios que se analizan en los siguientes literales.

a) Elemento de secado

I. Malla media sombra 70%: Se debe disponer de malla media sombra de 20 a 25 m. con palo de madera en los dos extremos para facilitar su manejo.

II. Carpa de limpieza: Se debe disponer de una carpa de por lo menos 3 x 3 m. para la operación de desojar, separar las ramillas, hojas negras y para el secado final.

III. Bolsas platilleras: Las hojas secas se deben embolsar y guardar en depósitos aireados y secos.

b) Factores a considerar

I. Rocío: Hay que realizar el corte después de la evaporación del rocío.

II. Hora de corte de la Stevia: El corte se debe realizar solamente por la mañana hasta las 10 y 11 horas. Esto permitirá, en el mejor de los casos, completar el secado el mismo día.

III. Volumen del corte: La cantidad de ramas cortadas no debe ser superior a las disponibilidades de las mallas del secado. No se debe amontonar las ramas por más de 10 cm. de espesor. Se puede hacer el corte seleccionando las plantas con inicio de floración lo cual permitirá realizar varios cortes facilitando el secado y el manipulado de hojas.

IV. El calor solar.

Es muy bueno para el secado. En los días demasiados calurosos se exponen las ramas cortadas solamente hasta el oreo que se logra en dos horas más de exposición. Luego se lleva a la sombra y posteriormente se puede volver a sacar al sol.

Las ramas frescas recién cosechadas deberán recogerse en canastas plásticas, sin presionarse ni agitarse, nunca ensacar. Dependiendo de la temperatura y humedad ambiental, las ramas se secan en promedio en 5 días a una temperatura de 23°C.

El cumplimiento de esas recomendaciones permitirá al productor, obtener hojas secas de buena calidad con buen precio en el mercado. El rendimiento promedio de hojas secas por año sin riesgo es de 1,500 kilogramos por hectárea.

Con sistemas de riego se puede obtener por año entre 3,000 a 5,000 kilogramos por hectárea (Variando de clima a clima).

2.10.1 Proceso de secado de la Stevia (Landázuri, P., Tigrero, J., 2009)

Del proceso de secado depende la calidad del producto final, las hojas se deben de secar hasta el punto de facilitar su manipulación, con una humedad menor o igual a 12%. En el proceso de secado se debe evitar el contacto directo con el sol ya que esta exposición directa puede llegar a alterar las propiedades de la hoja, si las condiciones de intensidad solar son bajas y la humedad relativa es alta, es necesario utilizar secadores artificiales provistos de un sistema de calefacción y ventilación como el que se presenta en la figura 2.11, logrando mediante estos equipos un secado más uniforme.



Figura 2.11 Secador solar utilizado para el secado de las hojas de Stevia rebaudiana bertonii. Cojutepeque, El Salvador.
Ref.: Torres J.G (2012)

2.11 Industrialización de la Stevia (Zubiate, F. 2007)

En este apartado se tratará sobre la industrialización del tallo y hoja de Stevia. Los tallos de la Stevia, no se deben descartar. Se recomienda, cuando estén bien secos, cortarlos en trozos de 1 a 2 pulgadas y ensacarlos, almacenándolos en lugar seco y protegido de lluvia, animales y del sol. Estos tallos contienen un alto porcentaje de antioxidantes y son requeridos por la industria japonesa y alcanza precios en el mercado internacional de hasta \$700 dólares la TM.

También se pueden utilizar como fuente de materia orgánica, incorporándose al terreno, como fuente de fibra para la alimentación animal y como cobertor para la misma plantación de Stevia.

Las hojas de Stevia pueden:

a) Envasarse en bolsas plásticas transparentes: El envasado de las hojas secas seleccionadas de Stevia, debe realizarse en un ambiente totalmente limpio, el personal deberá poner en práctica las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM). El envasado se efectuará sobre mesas, en envases de polipropileno, grado alimenticio y el peso estará de acuerdo a los pedidos (10, 20,50 grs, etc.), deberá de utilizarse para el caso una balanza digital y cerrar con máquina selladora.

b) Envasarse como té o mate filtrante: Las hojas secas deben ser molidas con molino de cuchilla y luego de martillos a mesh 20, posteriormente se irradian y se llevan a una máquina sachetetera que efectúa el resto del servicio. Los sachets filtrantes se envasan en cajitas impresas y troqueladas de cartón de 20 ó 25 unidades.

c) Molerse y convertirse en hoja micro pulverizada (azúcar de Stevia): Las hojas bien secas se muelen en un molino hasta alcanzar mesh 80 ó más, según requerimiento, luego se irradian y se envasan en bolsas de papel o plástico, constituyéndose en un insumo para la industria.

d) Preparación de extractos concentrados de Stevia: Los extractos se obtienen macerándose en agua en la proporción de 1 a 6, es decir 1kgr de hojas por 6 litros de agua, por espacio de 2 días; luego se filtra, se prensa y al residuo seco se le añade 2 litros de agua, se hierve por 20 minutos y se macera por 2 días más. Al final se juntan los 2 líquidos resultantes, se filtra y se evapora a baja

temperatura el líquido, hasta obtenerse 1 litro de extracto concentrado de Stevia de color oscuro muy dulce que contiene aproximadamente 10% de esteviósidos.

Se puede ir evaporando y concentrando este producto para alcanzar mayores concentraciones. El residuo seco sirve como fertilizante, combustible, alimento para animales.

La Irradiación: Es un proceso por el cual los productos son sometidos a la acción de rayos biocidas que elimina bacterias, hongos y virus en muy corto tiempo y sin empleo de productos químicos ni calor. Este tratamiento asegura la entrega de productos naturales al mercado con baja carga bacteriana y sin contaminante químicos. Existen otros tratamientos como fumigaciones a las hojas con productos químicos (óxido metílico, dióxido de azufre, etc.) que pueden o no ser aceptados por el mercado, el producto, en este caso, deja de ser orgánico. Seguidamente se presenta en el cuadro 2.7 parámetros de calidad que deberán de tener las hojas de Stevia.

Cuadro 2.7 Parámetros generales de calidad de la hoja de *Stevia rebaudiana bertonii*.

Parámetros	
Humedad	< 11%
Cantidad de hoja negra y palillo	< 8%
Cantidad de elementos extraños	<0.5%
Glicósidos totales	>10%
Cantidad de rebaudiósido-A	> 60%

Ref.: FIAGRO, 2011.

De acuerdo con Nasser G. (2011) de FIAGRO los parámetros generales recién citados en el cuadro 2.7 son susceptibles a cambios, por lo que únicamente representan una información general sobre los parámetros de calidad de la hoja de Stevia.

2.12 Diversas aplicaciones de la Stevia (Ediciones Obelisco, n.d)

Otras disciplinas son conocedoras desde hace siglos de los grandes beneficios de la Stevia. En agricultura, la Stevia se emplea como activador de cultivos, ya que ayuda a obtener frutos más grandes y más dulces, y para mejorar la calidad del césped en jardinería o en campos de golf. El mundo de la cosmética emplea la Stevia para elaborar cremas y productos para el cuerpo, como jabones y lociones. Las cremas elaboradas a base de extracto de Stevia son rejuvenecedoras.

Es un excelente desinfectante y antioxidante, y elimina las bacterias y los hongos, algo muy útil en medicina para tratar las enfermedades de la piel. La Stevia también es beneficiosa para los animales, ya sean mascotas, animales de granja o caballos de carreras. Según los autores Landázuri P. y Tigrero J. (2009) el sector agropecuario también se ha beneficiado de sus propiedades; al momento se utilizan extractos de Stevia para abonar suelos, como se muestra en la figura 2.12. Con el fin de estimular los procesos fotosintéticos de los cultivos y obtener una elevada concentración de azúcares en los frutos como lo muestra la figura 2.13; además aplicando el extracto en el agua de riego se enriquece la población de los microorganismos beneficiosos (antagonista) del suelo. Con la aplicación al suelo del tallo finamente pulverizado se logra recuperar un suelo contaminado con los fertilizantes químicos, transformándolo en un suelo fértil.



Figura 2.12 Uso agrícola de la Stevia.

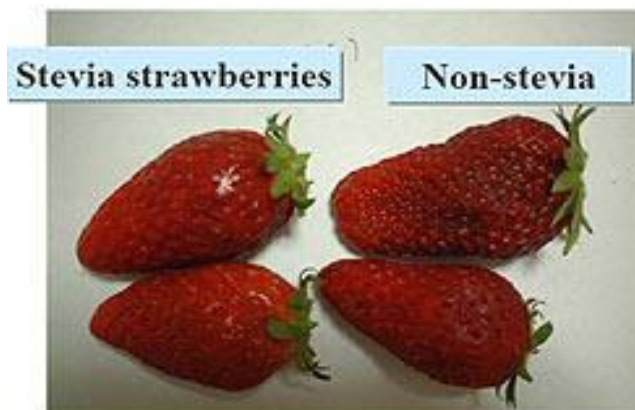


Figura 2.13 Cultivo de fresas tratado con extracto de Stevia.

Según Escalante B, Flores A., Quintana G. (2003) la utilización de Stevia como aditivo alimentario fue incorporada, según el artículo 1,398 inciso 64.3 del código alimentario argentino y está aceptado por el FDA de los Estados Unidos como suplemento dietario.

2.12.1 Características antibacterianas de extracto de Stevia

La investigación ha demostrado que el concentrado líquido de la Stevia inhibe el crecimiento y la reproducción de bacterias dañinas y de otros organismos infecciosos, incluyendo los que sean un problema para las industrias de alimento y del cosmético.

La Stevia también posee uso medicinal, pues sus propiedades terapéuticas son utilizadas para: tratamiento de la diabetes, por no aumentar los niveles de glucosa en sangre; obesidad, por no aportar calorías al ser metabolizada; acidez estomacal por ser antiácida; anticaries, por no ser fermentada por las bacterias orales; etc.

Cuadro 2.8 Productos edulcorados con Stevia.

Uso de Stevia como endulzante de alimentos a nivel internacional.			
Mermeladas.		Caramelos	
Chicles		Helados	
Jugos de fruta		yogurt	
Gaseosas		Dentríficos	
Jarabes		galletas	

Los extractos de Stevia pueden encontrarse de varias formas:

- a. Como un líquido denso de color oscuro y que es el resultado de hervir las hojas en agua, en esta forma se potencian los sabores de los alimentos a los que se le añaden.
- b. Otro tipo de líquido es el obtenido a través del macerado de las hojas en agua destilada o en una mezcla de licor alcohólico (apto para el consumo humano) y agua.
- c. Una tercera forma de presentación es un líquido obtenido desde el esteviósido disuelto en agua.

Todos los métodos anteriores, son totalmente naturales.

2.13 Ventajas y usos de la Stevia (European Stevia Association, eustas 2006)

I. Aspectos nutricionales:

Aparte de los constituyentes dulces: esteviósido, rebaudiósido y dulcósido. Otros componentes nutricionales: ácido ascórbico, betacaroteno, calcio, cromo, hierro, magnesio, fósforo, potasio, sodio, flúor, zinc, selenio, cobalto y proteína. Ver cuadro 2.4 Fitonutrientes presentes en la Stevia rebaudiana bertonii.

II. Aspectos terapéuticos:

Usado tradicionalmente entre la medicina herbaria brasilera y paraguaya, y en tiempos modernos clínicamente en casos de: Diabetes, cardiotónico y protector cardiovascular, hipertensión, diurético, obesidad, ácido úrico, como antioxidante, antiviral y bactericida. No tiene contraindicaciones comprobado clínicamente. Hoy considerada por los mismos japoneses como poderoso antioxidante, 5 veces superior a su té verde.

III. Aspectos industriales:

- a. Endulzante inocuo desde salsas, encurtidos y confites hasta gaseosas.
- b. Reduce costos de producción por ser 300 veces más eficiente que la sacarosa.
- c. Tiene poder sinérgico, potencializa la dulzura y el sabor.
- d. Los productos congelan rápidamente y demoran más en descongelar.
- e. No fermenta ni reacciona con otros componentes presentes en los alimentos.
- f. Aceptado por FDA de USA como aditivo alimentario inocuo desde 1997.
- g. Aceptado como sustancia generalmente reconocida como segura (GRAS por sus siglas en inglés) de la FDA en Diciembre 2008.

IV. Aspectos medioambientales:

- a. Restaura la salud del suelo donde se cultiva.
- b. Estimula el crecimiento de raíces.
- c. Activa la habilidad reproductora de las células vegetales.
- d. Desintoxica la tierra de residuos agrotóxicos.
- e. Su cultivo es muy promisorio, tanto por su buen precio internacional, como opción en ciertos países de remplazo de cultivos ilícitos.

Ventajas:

- a. Es un producto 100% natural.
- b. El esteviósido no contiene calorías.
- c. Las hojas generalmente se usan en su estado natural.
- d. La planta no contiene toxinas (en cultivos orgánicos).
- e. Tanto las hojas como el esteviósido resisten altas temperaturas que van arriba de los 100°C.
- f. No fermenta.
- g. Es sinérgica y potenciadora del sabor.

2.14 Cultivo y procesamiento de Stevia en El Salvador.

Cuadro 2.9 Algunos proveedores de Stevia en El Salvador.

PRODUCTOR	TIPO DE PRODUCTO	LUGAR DE ORIGEN
*Torres, J.G	Hoja seca Hoja molida Hoja molida con moringa	El Salvador (Cojutepeque)
FIAGRO	planta	El Salvador
CENTA (Banco de Germoplasma)	planta	El Salvador
Navarrete, E.	planta	El Salvador

*Proveedor del polvo de *Stevia rebaudiana bertonii*, (variedad nativa) para la elaboración de los extractos e infusiones realizadas en la parte experimental del presente estudio.

3.0 PARTE EXPERIMENTAL DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE INFUSIONES, EXTRACTO Y JARABE A BASE DE *Stevia rebaudiana bertonii*

Metodología de extracción de las infusiones y del jarabe a base de *Stevia rebaudiana bertonii* que inicia desde la preparación de la materia prima; el corte, el secado la molida y el tamizado de la hoja de la planta; el proceso de extracción y la determinación de los parámetros de control en la etapa de extracción, la aplicación del extracto en la elaboración de las infusiones sabor natural y saborizadas y del extracto sabor natural, y para terminar con la caracterización de los productos de interés obtenidos (jarabe e infusiones).

3.1 Suministro de materia prima.

La materia prima con la que se contará en la parte experimental para la elaboración a nivel de laboratorio de infusiones y jarabes será la hoja seca y molida de la planta *Stevia rebaudiana bertonii*, (nativa) que es cultivada mediante la técnica de propagación por esquejes (estacas) por Torres J.G. (2012), en el municipio de Cojutepeque. Esta planta, una vez lista para cosechar (aproximadamente cada 3 meses), según lo indica Torres, J.G. (2012). El proceso general que conlleva la obtención de la pulverización de las hojas de *Stevia*, lleva operaciones unitarias tales como:

a. Corte de la planta *Stevia rebaudiana bertonii*.

Cuando la planta ha sido cuidada y luego de un periodo de tiempo en el lugar de crecimiento (cultivo en tierra firme), y se observa que esta ya no sigue con su crecimiento y comienza a poblarse de flores como lo muestra la figura 3.1.

Es aquí donde se detiene el crecimiento, lo cual es una característica propia de la planta. En este periodo, es el momento de recortar la planta dejándola con una altura de 5 a 10 cm aproximadamente del suelo y aprovechar las hojas que se obtienen para secarlas. (Terra. Org. 2008).



Figura 3.1 Corte de la planta *Stevia rebaudiana bertonii*.
Ref.: Torres J.G. (2012)

b. Secado de la planta *Stevia rebaudiana bertonii*.

Para secar las hojas de forma correcta hay que procurar no exponerlas directamente al sol, con objeto de preservar todas las propiedades medicinales, como se observa en la figura 3.2. Las hojas de último corte, cuando se poda la planta para pasar el invierno, es inevitable secarlas al sol o, si es en pequeñas cantidades, también se puede realizar en un lugar techado, donde hay una mejor temperatura de 70 °C, preferentemente en un deshidratador no solar u otra técnica similar. (“El cultivo de la Stevia y su uso en la agricultura”, 2008).



Figura 3.2 Secado de las hojas de *Stevia rebaudiana bertonii*.
Ref.: Torres J.G. (2012).

c. Molido de la planta *Stevia rebaudiana bertonii*.

El molido de la planta se realiza de acuerdo a Torres J.G (2012), cuando la planta alcanza una humedad menor o igual al 12%; este rango de humedad sirve para poder procesar la planta asegurándose que la baja humedad ayudará

a la extensión de la vida útil del producto obtenido (hoja pulverizada), ya que los niveles altos de humedad favorecen el crecimiento microbiano en la hoja. Al instante se obtiene la materia prima lista a utilizar en la extracción de los Glicósidos de la planta; como lo muestran las figuras 3.3 y 3.4



Figura 3.3 Operación de molienda de la hoja seca de *Stevia rebaudiana bertonii*
Ref.: Torres J.G. (2012).



Figura 3.4 Operaciones unitarias para la obtención de materia prima para la elaboración de infusiones y extracto de Stevia.
Ref.: Torres J.G. (2012).

d. Aditivos empleados para el proceso de obtención de extracto a base de *Stevia rebaudiana bertonii*.

Los aditivos necesarios para poder realizar el proceso de producción de los jarabes e infusiones a base de Stevia se detallan en el cuadro 3.1

Cuadro 3.1 Materias primas para la elaboración de infusiones y extractos de Stevia.

INSUMO	FORMULA QUÍMICA	DESCRIPCIÓN	USOS
Hidróxido de Calcio	Ca(OH) ₂ .	El hidróxido de calcio, es un cristal incoloro o polvo blanco, obtenido al reaccionar óxido de calcio con agua.	En la industria de alimentos es utilizado para el procesamiento de agua para bebidas carbonatadas y no carbonatadas. Es agente precipitante elimina fenoles clorofila partes digestivas de la planta que son impurezas.
Carbonato de Calcio	CaCO ₃ .	La Asociación de Productores de Caliza Pulverizada de Estados Unidos (PLA), lo define como un producto procedente de la molienda de caliza o dolomía con una pureza mínima del 97% y un tamaño de grano inferior a 45 mm.	El Carbonato de Calcio se utiliza para mejorar los rendimientos de todo tipo de alimento
Ácido cítrico	C ₆ H ₈ O ₇ .	Es un ácido, orgánico tricarbónico que está presente en la mayoría de las frutas. Es un buen conservante y antioxidante natural que se añade industrialmente.	Saborizante y regulador del pH; incrementa la efectividad de los conservantes antimicrobianos.
Extractos	—	Producto obtenido, extrayendo los componentes que por lo general, no tienen la delicadeza del sabor frutal, pero se acercan lo suficiente.	Se usan cuando la esencia auténtica es imposible de obtener o resulta demasiado cara.

3.2 Metodología de obtención del extracto crudo e infusiones a partir de la hoja seca, molida y tamizada de Stevia

En la actualidad se mencionan varios métodos empleados para la extracción de los glicósidos, dando a conocer muchas técnicas capaces de aislar estos componentes que son los responsables de aportar a los productos finales el nivel de dulzor buscado.

Sin embargo, los procedimientos más eficientes, hacen uso de tecnologías de elevado costo o de difícil acceso para las pruebas a nivel de laboratorio, como los que se plantea en esta investigación. Para contrarrestar esta situación, se han realizado investigaciones sobre los diversos procedimientos de extracción de menor costo y con equipo de más fácil acceso, logrando mediante el conocimiento de estas prácticas de laboratorio, rediseñar las marchas a los equipos y sustancias disponibles en esta investigación. Dando lugar a una que proporcionará más parámetros controlados y la adición de sustancias que ayudarán en el proceso de extracción de los compuestos como lo muestra el diagrama de flujo “Proceso para la obtención de infusiones de Stevia”.

Generalmente un proceso de elaboración de infusiones podría resumirse en:

1. Extracción con agua por medio de arrastre con vapor
2. Filtración

Un proceso de obtención de un extracto podría resumirse en:

1. Extracción con agua o con otros solventes orgánicos.
2. Filtración.
3. Precipitación de impurezas.
4. Purificación.
5. Concentración

3.3 Normativa aplicada a las infusiones. “Bebidas no carbonatadas sin alcohol” (NSO 67.18.01:01)

De acuerdo a la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 67.18.01:01, Productos Alimenticios. Bebidas no carbonatadas sin alcohol. Especificaciones.

La cual tiene por objeto la regulación de las características y especificaciones que deben cumplir las bebidas no carbonatadas envasadas, conservadas mediante un tratamiento adecuado, lista para vender en el momento de su expedición o venta, producidas en el país o de origen extranjero.

3.3.1 Fabricación de bebidas no carbonatadas

La elaboración y envasado de las bebidas no carbonatadas sin alcohol debe llevarse a cabo bajo estrictas condiciones higiénico sanitarias y en cuanto a la operación para la conservación del producto se podrá utilizar cualquiera de las siguientes:

- a. Esterilización industrial, pasteurización, envasado aséptico, o cualquier otro método que garantice la calidad sanitaria del producto.
- b. Una combinación de cualquiera de las operaciones indicadas en el inciso a. con o sin la adición de preservantes.

3.3.2 Características sensoriales: color, olor y sabor

El producto debe tener el color, olor y sabor característico, dependiendo de la designación de las bebidas no carbonatadas sin alcohol y no podrán tener color, olor y sabores extraños o anormales.

3.3.3 Requisitos físicos y químicos

Las bebidas no carbonatadas sin alcohol, deberá cumplir con los requisitos especificados en el cuadro 3.2

Cuadro 3.2 Requisitos físicos de las bebidas no carbonatadas sin alcohol.

CARACTERISTICAS	REQUISITOS	
	Mínimo	Máximo
Sólidos totales, en porcentaje en masa (m/m).	11	-
Sólidos solubles por la lectura refractométrica a 20°C sin corregir la acidez, en porcentaje en masa (Grados Brix).	10	-
Acidez titulable, expresada como ácido cítrico anhídrido, en porcentaje (m/v).	-	0.5
pH.	2.4	4.4

Ref.: NSO 67.18.01:01

3.3.4 Criterios microbiológicos

Los productos almacenados en condiciones adecuadas, no deberán contener microorganismos, hongos y levaduras en cantidades mayores a las indicadas en el cuadro 3.3 y no deberán tener microorganismos patógenos ni sustancias producidas por microorganismos en cantidades que puedan representar un riesgo para la salud.

Cuadro 3.3 Criterios microbiológicos para las bebidas no carbonatadas sin alcohol.

Microorganismos	Recuento máximo permitido
Recuento de microorganismos aerobios (mesófilos) en placa, en unidades formadoras de colonia (UFC), por mililitro.	<1,000
Recuento de mohos y levaduras, en unidades formadoras de colonia (UFC/ml).	<20
Bacterias Coliformes, en número más probable (NMP) por 100 ml	<1.1
Bacterias patógenas	Ausencia
Contenido de hongos, en campos positivos por cada 100 campos.	<20

Ref.: NSO 67.18.01:01

3.3.5 Materias primas y materiales

Como materia prima y aditivos alimentarios se pueden emplear los siguientes:

a. Agua potable.

Que cumpla con lo especificado en la Norma Salvadoreña NSO 13.07.01:97

b. Aditivos alimentarios

Los aditivos alimentarios deberán cumplir con las normas del Codex Alimentarius.

c. Saborizantes naturales o artificiales.

Se podrán utilizar saborizantes artificiales o naturales indicados en las normas del Codex Alimentarius adoptados como Normas Salvadoreñas

Recomendadas, en cantidades adecuadas para lograr el efecto deseado en el producto.

3.4 Descripción del proceso de obtención del extracto a base de *Stevia rebaudiana bertonii* para la elaboración de infusiones

Para el diseño experimental de obtención de infusiones a base de *Stevia rebaudiana bertonii*, se obtendrán 3 tipos de presentaciones: natural, menta y canela, para los cuales se harán análisis sensoriales, físicos y microbiológicos a cada uno de los lotes obtenidos.

El método de obtención de las infusiones será el de extracción a través de la lixiviación con arrastre de vapor, con la excepción de que, una vez obtenido la infusión se pasará por un filtro de carbón activado para poder disminuir sabores y olores extraños en las infusiones que serán posteriormente saborizadas. La infusión natural solamente será obtenida por el arrastre de vapor.

3.4.1 Procedimiento experimental para la obtención de las infusiones a base de Stevia rebaudiana bertonii

Para la formulación de las infusiones a partir de la hoja seca y molida de la planta de Stevia, inicialmente se procede a pesar en una balanza granataria 7.7 gramos de hoja molida; medir en un recipiente 1,800 ml de agua potable.

Posteriormente ambas materias primas pesadas y medidas, se coloca en un extractor para que a través del arrastre con vapor y el proceso de lixiviación sólido-líquido, se obtenga el producto de interés (la infusión). Seguidamente en las figuras 3.5 y 3.6 se detallan las etapas de las cuales consta la obtención de las infusiones a base de Stevia rebaudiana bertonii, en su presentación natural y saborizada.

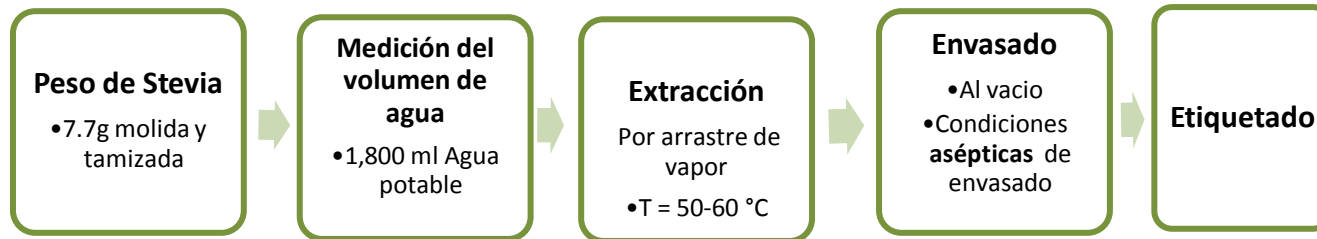


Figura 3.5 Proceso de elaboración de infusión sabor natural.

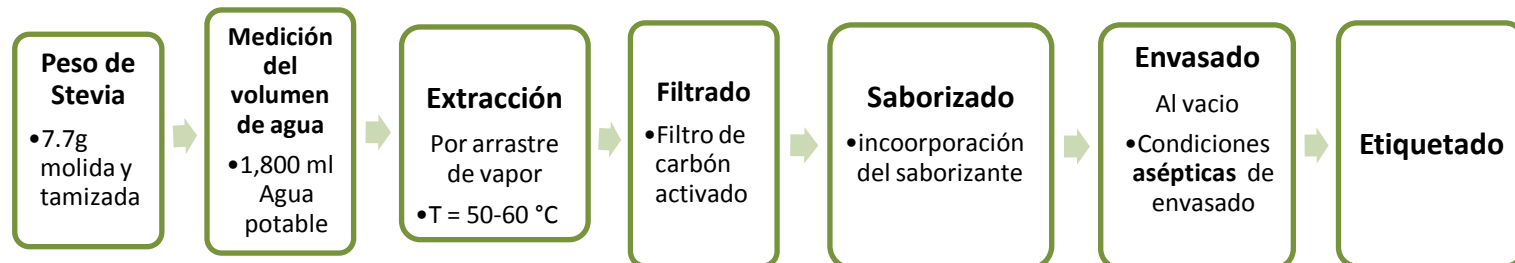


Figura 3.6 Proceso de elaboración de infusiones saborizadas.

Consecutivamente el líquido obtenido del proceso, se deja reposar a temperatura ambiente por un periodo aproximado de 15 minutos; con el objeto de pasar este líquido por el filtro de carbón activado y de esta manera disminuir el sabor a hierva del líquido clarificado, a demás el paso del líquido por el carbón activado hace que el color pase de un verde musgo característico de esta infusión a un color café claro como lo muestra la figura 3.7. Esta operación se realiza por duplicado para tratar de clarificar aún más la infusión.



Figura 3.7 Muestra de infusión de Stevia filtrada con carbón activado y muestra sin filtrar (de derecha a izquierda)

El paso del líquido por el filtro únicamente se realiza para los lotes que serán posteriormente saborizadas con los extractos (canela y menta). El lote de la infusión de “Stevia natural”, no se pasa por el filtro de carbón activado, ya que también se busca obtener el sabor y propiedades característicos de la infusión de Stevia en su estado lo más natural posible (libre de preservantes).

Los lotes que si serán saborizadas luego de su paso por el filtro de carbón activado, se les adiciona el extracto de canela o de menta en proporciones de 0.2 ml de menta: 1,800ml de infusión y 0.4 ml de canela: 1,800 ml de infusión.

Una vez obtenido las tres presentaciones de infusiones (natural, menta y canela), es necesario colocarlos en sus respectivos depósitos; para este proceso se cuentan con frascos sanitizados que posteriormente serán llenados mediante la técnica de vacío que favorecerá el prolongamiento de su vida útil ya que no se

adicionó ningún tipo de preservantes por lo que se considera una infusión totalmente natural como se muestra en la figura 3.8



Figura 3.8 Muestra de una infusión de Stevia rebaudiana bertonii libre de preservantes

a. Reactivos utilizados para la elaboración de infusiones a base de Stevia rebaudiana bertonii.

1	Stevia en polvo	4	Extracto de menta
2	Agua potable	5	Hipoclorito de sodio (5%)
3	Extracto de canela		

b. Material y equipo utilizado para la elaboración de infusiones a base de Stevia rebaudiana bertonii.

1	Balanza granataria	6	Papel filtro	11	Probeta de 5 ml
2	Beaker de 100 ml	7	Termómetro	12	Agitador
3	Cucharas medidoras	8	Cronómetro	13	Recipientes plásticos
4	Beaker de 1,000ml	9	Recipiente contenedor	14 Embudo	
5	Percolador	10	Filtro de carbón activado		

3.4.2 Proceso para la obtención de infusiones de Stevia “natural”

a. Infusiones de Stevia “natural”

Pesar en una balanza 7.7 gramos de hoja molida; medir en un beaker 1,800 ml de agua potable.

Colocar en una percolador 5 papel filtro (125 mm ϕ), colocar dentro de ellos los 7.7 gramos

Colocar 1,800 ml de agua en el equipo y esperar hasta que se haya obtenido todo el filtrado.

Colocar el líquido obtenido por lixiviación y arrastre de vapor en un recipiente y verter en caliente en los frascos.

Rotular cada frasco con nombre, código y fecha de elaboración.

Figura 3.9 Desarrollo experimental para la elaboración de infusiones a base de Stevia rebaudiana bertonii en su presentación natural.



Figura 3.10 Desarrollo experimental para la elaboración de infusiones a base de Stevia rebaudiana bertonii en su presentación natural.

b. infusiones de Stevia “saborizada”

Pesar 7.7 gramos de hoja molida; medir en un beaker 1,800 ml de agua potable.

Colocar en una percolador 5 papel filtro (125 mm ϕ), colocar dentro de ellos los 7.7 gramos

Colocar 1,800 ml de agua en el equipo y esperar hasta que se haya obtenido todo el filtrado.

Colocar el líquido obtenido en un recipiente y dejar reposar a temperatura ambiente.

Vertir todo el líquido en el filtro de carbón activado. Esta operación se realiza por duplicado.

Medir 0.2 ml de extracto de menta y 0.4ml de canela y vertir a la cantidad de líquido filtrado obtenido, agitando fuertemente hasta obtener una solución homogénea.

Calentar nuevamente la infusión con el extracto y luego vertir este líquido en los frascos.

Rotular cada frasco con su nombre, código y fecha de elaboración.

Figura 3.11 Desarrollo experimental para la elaboración de infusiones a base de Stevia rebaudiana bertonii en su presentación saborizada.

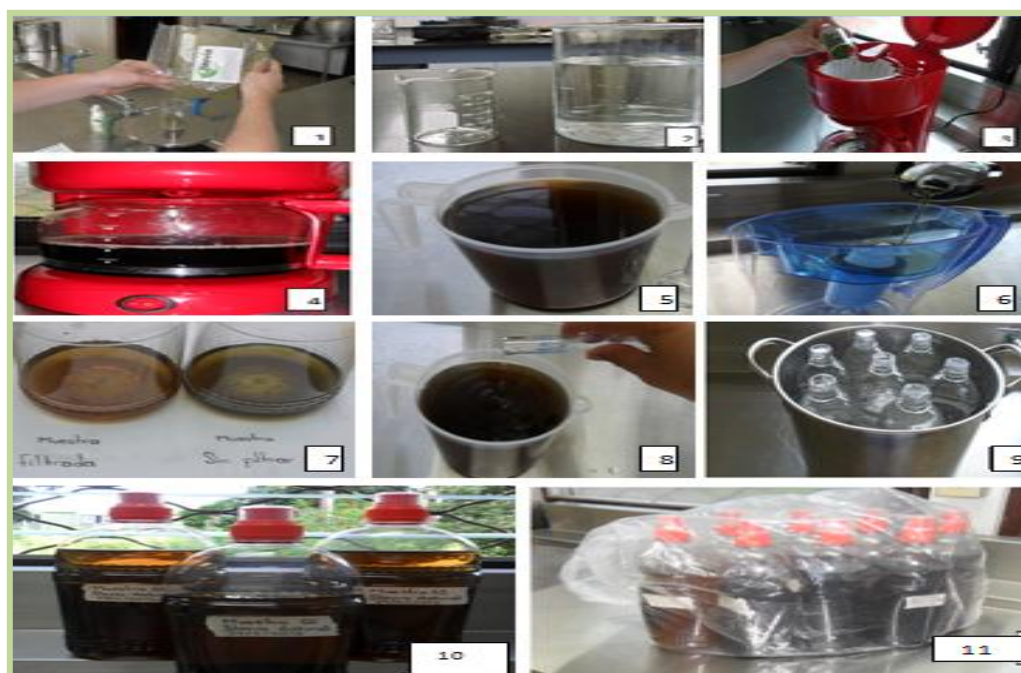


Figura 3.12 Desarrollo experimental para la elaboración de infusiones a base de Stevia rebaudiana bertonii en su presentación saborizada.

3.4.3 Parámetros de operación obtenidos durante el proceso de obtención de infusiones natural y saborizadas

Cuadro 3.4 Parámetros generales de operación para la obtención de infusiones a base de Stevia rebaudiana bertonii.

Descripción		Temperatura	Tiempo de proceso
		°C	(minutos)
1	Peso de Stevia en polvo	30	5
2	Agua potable	30	3
3	Proceso de lixiviado con arrastre de vapor	79	22
4	Reposo del filtrado (infusión)*	30	15
5	Paso de la infusión por el filtro de carbón activado. (2 veces)*	30	20
6	Saborización de la infusión *	30	5
7	Cocción de la infusión saborizada*	55	10
8	Llenado de los frascos con la infusión	55	10
9	Rotulación de los frascos con las infusiones	30	3
Tiempo total de la elaboración			1:33

*Estos numerales son los pasos realizados únicamente para las infusiones saborizada.

3.4.4 Caracterización de las infusiones

Para poder caracterizar desde la materia prima hasta las infusiones y jarabes, se realizaron una serie de mediciones con la ayuda de equipo de laboratorio como se detalla a continuación.

3.4.5 Determinación de los parámetros analizados

- I. **pH:** Para determinar el pH de las tres infusiones (natural, menta y canela), se utilizó el equipo “Termo Cientific”. En primer lugar se procedió a calibrar el equipo; eliminando todo resto de solución buffer del equipo con agua destilada y luego se calibró con dos soluciones Buffer, una de pH4 y la otra de pH7. Cuando el equipo esta calibrado, se coloca la sustancia (infusión) de interés y se le da la opción “Calibrar”, una vez estabilizado se procede a la toma del dato, para colocarlo en el registro REG-01 CDI (Caracterización de Infusiones) o REG-02 DVUI. (Determinación Vida Útil de Infusiones).

- II. **Temperatura:** Para la determinación de las diversas temperaturas tomada a lo largo del procedimiento experimental se utilizó un termómetro de mercurio el cual cada vez que fue utilizado en alguna medida directa sobre la infusión, extracto, jarabe u otra materia prima se sanitizó previamente a su uso con una solución de alcohol hisopropílico.

- III. **°Brix:** La toma de los grados Brix a lo largo de la prueba experimental, fue realizada con el refractómetro. Entre cada toma de muestra se acondiciona con agua destilada y se limpia con una franela. La lectura de datos es realizada de forma directa en la escala del equipo.

- IV. **Densidad:** La densidad de las sustancias fue realizada mediante la toma de datos como la masa (mediante una balanza analítica) y el volumen (en frascos volumétricos) para posteriormente ser calculada a través de la ecuación 3.1

$$\rho \text{ de la infusión} = \frac{\text{masa de la infusión (g)}}{\text{volumen de la infusión (cm}^3\text{)}} \quad \text{Ec. (3.1)}$$

Donde:

ρ = densidad de la infusión.

m = masa de la infusión (g)

v = volumen de la infusión (cm³)

El volumen se midió en balones volumétricos de 50 ml para mayor exactitud.

$$\rho \text{ de la infusión Stevi-Canela (G32)} = \frac{49.5794\text{g}}{50 \text{ cm}^3} = 0.991588 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

$$\rho \text{ de la infusión Stevia-Menta (M25)} = \frac{49.6257 \text{ g}}{50 \text{ cm}^3} = 0.992514 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

$$\rho \text{ de la infusión Stevia Natural (S98)} = \frac{49.4875 \text{ g}}{50 \text{ cm}^3} = 0.98975 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

V. Determinación del peso total de las infusiones

Peso de las infusión natural= peso de la fase líquida a la entrada del equipo de percolación - peso del material residual retenida en el papel filtro.

$$\text{Peso de la infusión Stevia Natural} = (1,807.7 - 136.9) \text{ g} = 1,670.8 \text{ g.}$$

Peso de las infusión saborizada= peso de la fase líquida a la entrada del equipo de percolación + peso del extracto saborizante (menta o canela) – peso del material residual -pérdidas secundarias.

$$\text{Peso de la infusión Stevia – canela} = \frac{(1807.7 - 43.0) \text{ g}}{2} + 0.194 - 0.2 = 882.344 \text{ g}$$

$$\text{Peso de la infusión Stevia – menta} = \frac{(1807.7 - 43.0) \text{ g}}{2} + 0.0925 - 0.1 = 882.3425 \text{ g}$$

*Las cantidades de saborizantes de canela y menta se obtuvieron de acuerdo a los resultados de mayor preferencia en cuanto a sabores en las pruebas de aceptabilidad logrados durante el segundo Análisis Sensorial.

Cuadro 3.5 Componentes principales de elaboración de las infusiones canela, menta y natural.

Componentes	G32 (Canela)	M25 (Menta)	S98 (Natural)
Masa Stevia (g)	3.85	3.85	7.7
Masa H2O (g)	900	900	1,800
Masa extracto (g)	0.194	0.0925	-
Masa total (g)	904.044	903.9425	1,807.7

3.4.6 Balance de masa del proceso de elaboración de las infusiones

a. Balance de masa de infusión natural de Stevia.

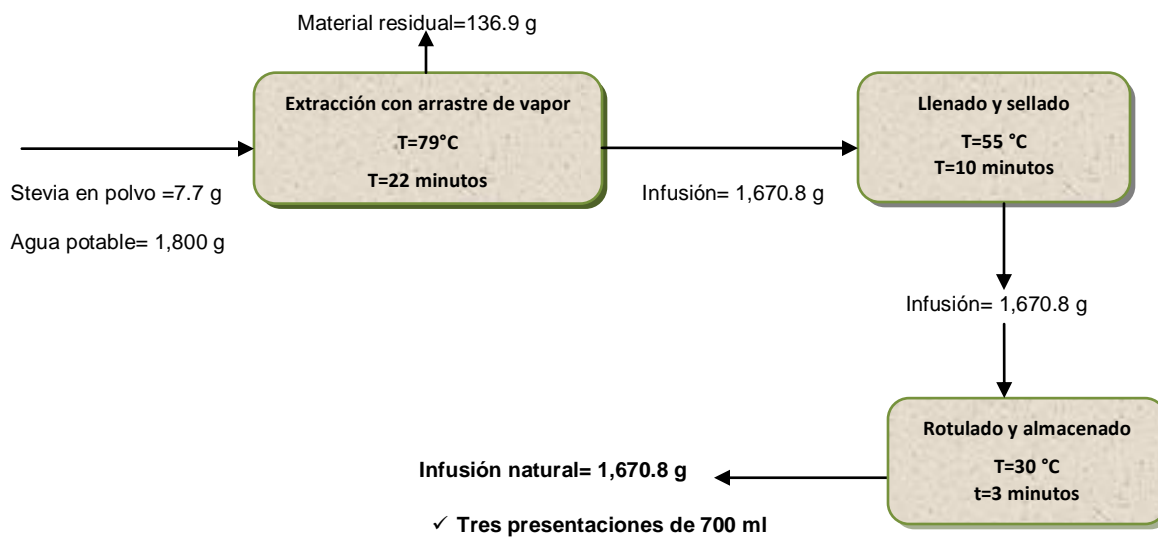


Figura 3.13 Infusión de Stevia natural.

b. Balance de masa de infusión saborizada de Stevia.

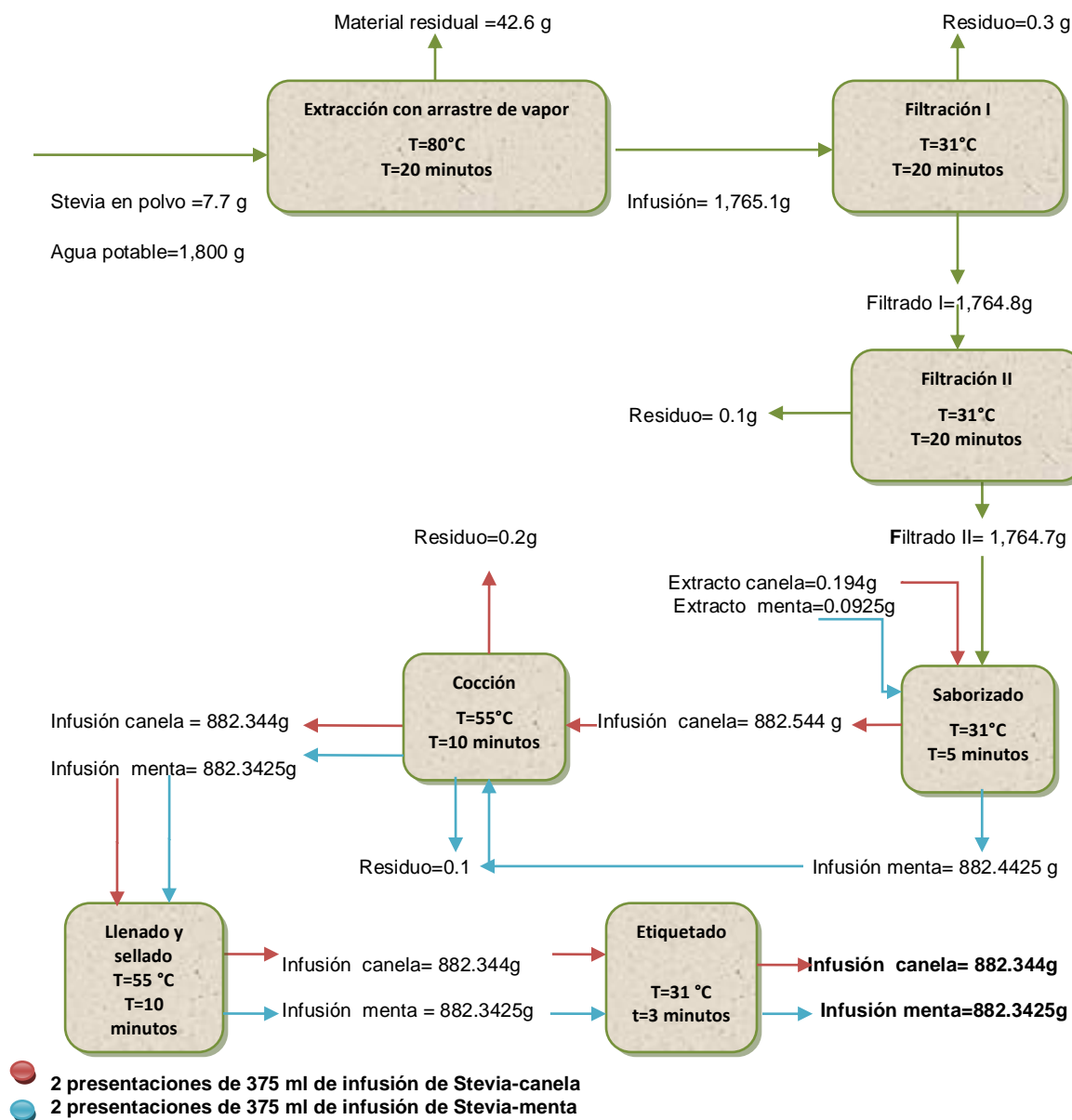


Figura 3.14 Infusión de Stevia saborizada con extracto de canela e infusión saborizada con menta. (de derecha a izquierda)

Cuadro 3.6 Resumen de los parámetros de operación obtenidos durante la elaboración de las infusiones saborizadas.

Parámetros de operación			
	Extracción	Llenado y envasado	Rotulado y almacenado
Masa de Entrada (g)	1807.7	1670.8	1670.8
Masa de residuos (g)	136.9	-	-
Masa de Salida (g)	1670.8	1670.8	3presentaciones de 700 ml
Temperatura °C	79	55	30

Cuadro 3.7 Resumen de los parámetros de operación obtenidos durante la elaboración de las infusiones saborizadas.

PARÁMETROS DE OPERACIÓN				
	Masa de entrada (g)	Masa de residuos (g)	Masa de salida (g)	Temperatura (°C)
Extracción	1807.7	42.6	1765.1	80
Filtración 1	1765.1	0.3	1764.8	31
Filtración 2	1764.8	0.1	1764.7	31
Saborizado canela	882.5	-	882.5	31
Saborizado menta	882.4	-	882.4	31
Aumento de la temperatura canela	882.5	0.2	882.4	55
Aumento de la temperatura menta	882.4	0.1	882.3	55
Llenado y sellado canela	882.4	-	882.4	55
Llenado y sellado menta	882.3	-	882.3	55
Etiquetado canela	882.4	-	2 presentaciones de 375 ml	31
Etiquetado menta	882.3	-	2 presentaciones de 375 ml	31

VI. Determinación del rendimiento de las infusiones a base de Stevia y del material residual obtenido durante el proceso.

Para la determinación del rendimiento se utilizó el concepto del producto de interés obtenido entre el total de componentes entrando al proceso de obtención de infusiones.

También se calculó el porcentaje de material residual obtenido a lo largo de todo el proceso de elaboración.

$$\text{Rendimiento de la infusión} = \frac{\text{masa de la infusión}}{\text{masa de entrada}} \times 100 \quad \text{Ec. (3.2)}$$

$$\text{Rendimiento de infusión Stevia – canela} = \frac{882.344 \text{ g}}{904.044} \times 100 = 97.60 \%$$

$$\text{Rendimiento de infusión Stevia – menta} = \frac{882.3425 \text{ g}}{903.9425 \text{ g}} \times 100 = 97.61 \%$$

$$\text{Rendimiento de infusión Stevia – natural} = \frac{1,670.8 \text{ g}}{1807.7 \text{ g}} \times 100 = 92.43 \%$$

$$\text{Porcentaje de material residual} = \frac{\text{masa del material residual}}{\text{masa de entrada}} \times 100 \quad \text{Ec. (3.3)}$$

$$\text{Porcentaje de material residual de Stevia – canela} = \frac{21.3 \text{ g}}{904.044 \text{ g}} \times 100 = 2.36 \%$$


$$\text{Porcentaje de material residual de Stevia – menta} = \frac{21.3 \text{ g}}{903.9425 \text{ g}} \times 100 = 2.36 \%$$

$$\text{Porcentaje de material residual de Stevia – natural} = \frac{136.9 \text{ g}}{1,807.7 \text{ g}} \times 100 = 7.57 \%$$

Cuadro 3.8 Resultados de rendimientos obtenidos en las elaboraciones de infusiones.

Muestra	Masa de la infusión (g)	Masa del material residual(g)	Rendimiento de la infusión (%)	Porcentaje de residuos (%)
G32(canela)	904.044	21.3	97.60	2.36
M25(Menta)	903.9425	21.3	97.61	2.36
S98(Natural)	1,807.7	136.9	92.43	7.57

Cuadro 3.9 Hoja registro para caracterizar infusiones de Stevia.

		REG-01 CDI CARACTERIZACION DE INFUSIONES		REG-01 CDI
Producto: infusión		G32 (Canela)	M25(Menta)	S98 (Natural)
PARÁMETROS ANALIZADOS		RESULTADOS		
1	pH	5.529	5.571	7.970
2	Temperatura	10	10	10
3	°Brix	No detectables	No detectables	No detectables
4	Densidad	0.991588	0.992514	0.98975
Características de la muestra:		La muestra de Stevia natural presentó un color verde musgo, sabor dulce y a hierba característico de la planta. Las muestras de canela y menta presentaron un sabor dulce y tenue sabor a hierba, con predominante sabor y olor a su extracto. El color de las infusiones saborizadas pasó de un color verde musgo a un color café.		
Observaciones generales:		El paso de las infusiones por el carbón activado disminuye considerablemente el sabor a hierba y mejoran el color pasando de un verde musgo a un color café claro.		

3.5 Descripción del proceso a implementar para la obtención de extracto edulcorante natural de *Stevia rebaudiana bertonii*.

Para el diseño experimental en la obtención del extracto a base de Stevia se utilizó la combinación de dos métodos, por arrastre de vapor con agua (lixiviación) y la utilización de agentes precipitantes como el Carbonato de Calcio e Hidróxido de Calcio para eliminar algunos solventes orgánicos tales como bases orgánicas, sales inorgánicas, fenol, sustancias derivadas del aparato fotosintético, proteínas, aminoácidos, entre otros.

Para ello se plantea realizar las pruebas por triplicado denominando a cada ensayo con el nombre de: prueba 1, prueba 2, y prueba 3, los cuales se desarrollaron según el procedimiento definido a continuación.

Cuadro 3.10 Material utilizado en el proceso de extracción del edulcorante a base de Stevia rebaudiana bertonii.

N°	MATERIAL
1	Mechero
2	Soporte metálico con malla de asbesto
3	Recipiente de acero inoxidable
4	Recipientes plásticos
5	Embudo
6	Manta de filtro
7	Colador o tamiz de porosidad
8	Cucharas de acero inoxidable
9	Cucharas medidoras

Cuadro 3.11 Reactivos y materia prima utilizados para la extracción del edulcorante a base de Stevia

N°	REACTIVO Y MATERIA PRIMA
1	Hojas secas molida y tamizada
2	Carbonato de Calcio
3	Hidróxido de Calcio
4	Ácido cítrico

3.5.1 Proceso de extracción de edulcorante a base de Stevia

Se coloca en un recipiente de acero inoxidable 100 g de hojas secas de Stevia rebaudiana bertonii molida y tamizada de 1mm de tamaño de partícula aproximadamente, 5 gr de Carbonato de Calcio y 700 ml de agua potable cuya densidad a 25°C es de 1.0 g/cm³ por esa razón se utiliza la masa del agua de

700g a 25°C, se procede a mezclar bien y dejar reposar durante 24 horas, pasadas las 24 horas poner a calentar la mezcla a una temperatura de 70°C durante media hora. En seguida retirar el recipiente del calor y dejar enfriar por 15 minutos aproximadamente.

Colar la mezcla en un tamiz (colador) para la primera clarificación, luego se pasa la fase líquida por una manta de filtrar con el fin de obtener un líquido más puro, posteriormente pasar la fase sólida retenida en el tamiz en la manta de filtrar para extraer la mayor cantidad de extracto contenido en la mezcla.

Pesar 10g Hidróxido de Calcio y adicionar al líquido obtenido en el filtrado para conseguir un precipitado donde se remueven los compuestos orgánicos, bases orgánicas, sales inorgánicas, fenol, sustancias derivadas de la fotosíntesis, proteínas, aminoácidos, entre otros.

Adicionar ácido cítrico en pequeñas cantidades para conseguir un pH aproximado en un rango de 6.5 a 7.5, posteriormente dejar en reposo por 48 horas la fase líquida para sedimentar los compuestos orgánicos, la fase sólida obtenida en la filtración se puede llevar al horno y se deja secar para ser utilizada como abono orgánico.

Al pasar las 48 horas se observa que hay una separación de dos fases una liviana y otra más concentrada, la de interés es la parte liviana (Extracto) y se obtiene por decantación de la fase concentrada.

La fase concentrada se lleva a la centrífuga por 20 minutos a una velocidad de 4,500 RPM para aumentar el rendimiento del extracto, pasados los 20 minutos se recogen los livianos se mezcla con la primera fase liviana y se toma una muestra para llevarla al refractómetro para medir los grados Brix que debe de encontrarse un extracto entre 6-8 °Brix, en seguida debe medir el pH que debe encontrarse entre los 6.5-7.5, (Stevia, Ediciones obelisco. nd) la densidad, y aspectos organolépticos como el olor, sabor, color. Tomar una muestra para enviar al

laboratorio y medir parámetros microbiológicos para seguir con la siguiente etapa que es la aplicación en la industria de alimentos del extracto obtenido en la elaboración de jarabes a base de Stevia.

Los procesos unitarios para la elaboración del jarabe a partir de la hoja seca molida de *Stevia rebaudiana bertonii* se muestran en la figura 3.15

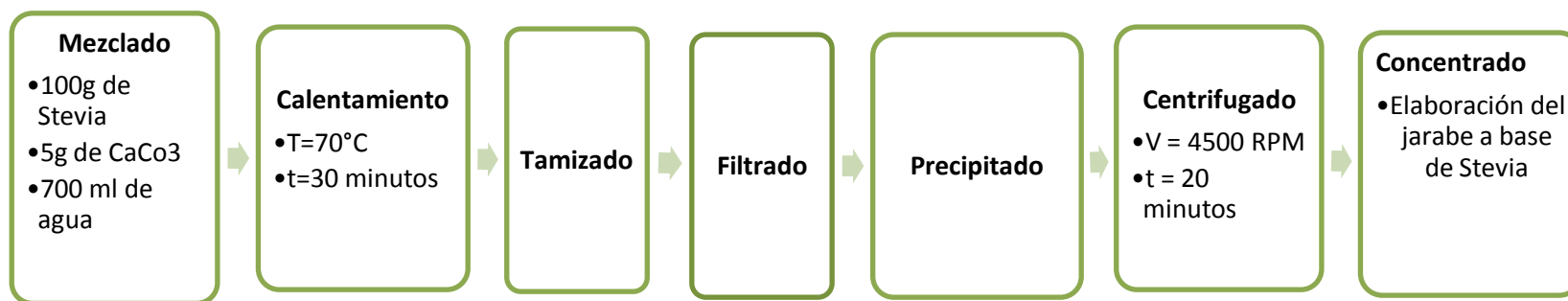


Figura 3.15. Proceso de elaboración de jarabe a base de Stevia.

3.5.2 Diagrama de flujo del proceso de obtención del extracto de Stevia

A continuación se presenta el diagrama de flujo de la figura 3.16 en las que se muestran las etapas del proceso para la extracción del edulcorante natural no calórico a base de Stevia, la cual va desde la preparación de la materia prima que ha sido molida y tamizada por el proveedor para ser mezclada junto con el agua potable a una temperatura aproximada de 25 °C, y el Carbonato de Calcio.

Luego pasa a la etapa de lixiviación para ayudar al proceso de extracción; rápidamente pasa por una etapa de tamizado a través de un colador casero y posteriormente a la etapa de filtrado por medio de una manta de filtrar.

Teniendo el líquido ya filtrado este es sometido a una etapa de precipitación donde se añade Hidróxido de Calcio y se regula el pH con ácido cítrico para que al pasar cuarenta y ocho horas se separe el extracto por decantación. La fase sólida que queda se lleva a una centrifuga para obtener la mayor cantidad de extracto posible y ser sometido a pruebas de control de calidad microbiológicas, físicas, químicas y sensoriales para poder pasar a la siguiente etapa que es la elaboración del jarabe a base de Stevia, en donde según parámetros de productos con características similares a las del jarabe obtenido que son comercializados en la industria internacional servirán para su caracterización y determinación de la vida útil del jarabe.

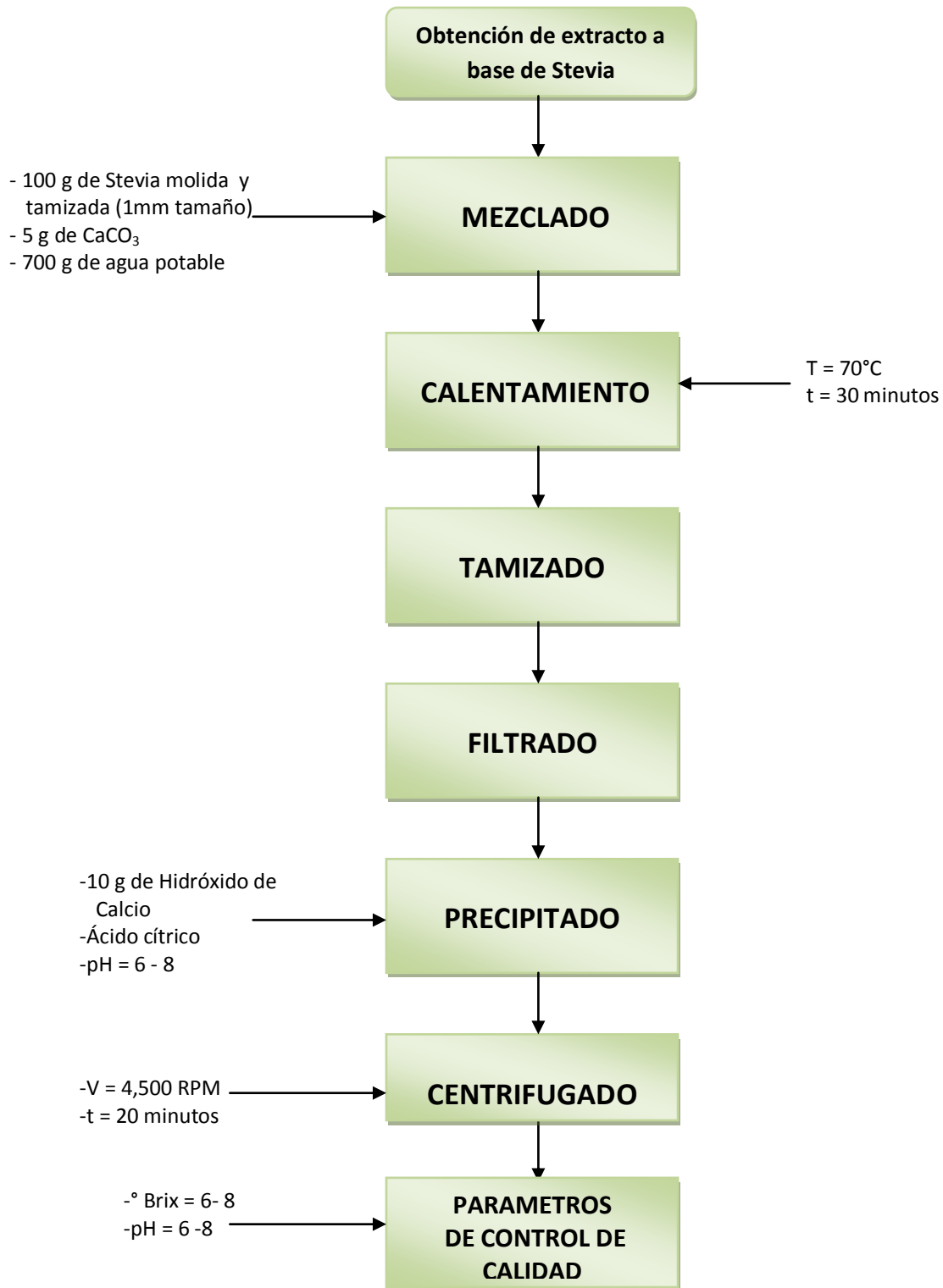


Figura 3.16 Diagrama de flujo para la obtención del extracto a base de Stevia.

3.5.3 Presentación y análisis de resultados en el proceso de obtención del extracto a base de *Stevia rebaudiana bertonii*

Para la determinación de la caracterización del extracto se tabularon los datos y resultados obtenidos de las pruebas 1, 2, 3 para cada etapa durante la extracción del edulcorante midiendo los parámetros de operación para obtener su respectiva caracterización y el análisis de los resultados.

I. Parámetros de operación del proceso de obtención de extracto a base de *Stevia rebaudiana bertonii*.

Cuadro 3.12 Parámetros de operación en la etapa de mezclado para la obtención del extracto a base de *Stevia*.

PRUEBA		PESO A LA ENTRADA DE MEZCLADO (g)	TIEMPO (Hora)	TEMPERATURA (°C)	PESO A LA SALIDA DE MEZCLADO (g)
Prueba 1	Stevia	100	24	31	100
	Agua H ₂ O	700	24	31	700
	Carbonato de Calcio CaCO ₃	5	24	31	5
Prueba 2	Stevia	100	24	31	100
	Agua H ₂ O	700	24	31	700
	Carbonato de Calcio CaCO ₃	5	24	31	5
Prueba 3	Stevia	100	24	31	100
	Agua H ₂ O	700	24	31	700
	Carbonato de Calcio CaCO ₃	5	24	31	5

Cuadro 3.13 Parámetros de operación en la etapa de lixiviación o calentamiento para la obtención del extracto a base de Stevia.

PRUEBA		PESO A LA ENTRADA DEL CALENTAMIENTO (g)	TIEMPO (minutos)	TEMPERATURA (°C)	PESO A LA SALIDA DEL CALENTAMIENTO (g)
Prueba 1	Stevia	100	30	77	100
	Agua H ₂ O	700	30	77	700
	Carbonato de Calcio CaCO ₃	5	30	77	5
Prueba 2	Stevia	100	30	80	100
	Agua H ₂ O	700	30	80	700
	Carbonato de Calcio CaCO ₃	5	30	80	5
Prueba 3	Stevia	100	30	73	100
	Agua H ₂ O	700	30	73	700
	Carbonato de Calcio CaCO ₃	5	30	73	5

Cuadro 3.14 Parámetros de operación en la etapa de tamizado para la obtención del extracto a base de Stevia.

PRUEBA		TIEMPO (minutos)	TEMPERATURA (°C)	PESO A LA SALIDA DEL TAMIZADO (g)
Prueba 1	Sólido	15-20	31	325.9
	Líquido	15-20	31	249.4
Prueba 2	Sólido	15-20	31	314.9
	Líquido	15-20	31	237.5
Prueba 3	Sólido	15-20	31	350.3
	Líquido	15-20	31	280.8

Cuadro 3.15 Parámetros de operación en la etapa de filtrado para la obtención del extracto a base de Stevia.

PRUEBA		PESO A LA ENTRADA DE LA MANTA FILTRO (g)	TIEMPO (minutos)	TEMPERATURA (°C)	PESO A LA SALIDA DE LA MANTA FILTRO (g)
Prueba 1	Sólido	325.9	15-20	31	295.3
	Líquido	249.4	15-20	31	280.0
Prueba 2	Sólido	314.9	15-20	31	297.5
	Líquido	237.5	15-20	31	254.9
Prueba 3	Sólido	280.8	15-20	31	324.1
	Líquido	350.3	15-20	31	307.0

Cuadro 3.16 Parámetros de operación en la etapa de precipitado para la obtención del extracto a base de Stevia.

Prueba		Tiempo horas	Temperatura (°C)	Peso de ácido cítrico (g)	peso de Hidróxido de Calcio Ca(OH) ₂ (g)	peso a la salida del precipitado (g)	pH inicial	pH final
Prueba 1	Sólido	48	31	10	10	208.1	12.8	7.497
	Líquido	48	31	-	-	147.6	12.8	7.497
Prueba 2	Sólido	48	31	14.049	10	157.6	11.95	5.776
	Líquido	48	31	-	-	173.9	11.95	5.776
Prueba 3	Sólido	48	31	8.9976	10	214.6	11.94	7.536
	Líquido	48	31	-	-	129.2	11.94	7.536

Cuadro 3.17 Parámetros de operación en la etapa de centrifugado para la obtención del extracto a base de Stevia.

PRUEBA		TIEMPO (minutos)	TEMPERATURA (°C)	VELOCIDAD (RPM)	PESO A LA SALIDA DEL CENTRIFUGADO (g)
Prueba 1	Sólido	20	31	4500	146.3
	Líquido	20	31	4500	61.9
Prueba 2	Sólido	20	31	4500	126.8
	Líquido	20	31	4500	30.8
Prueba 3	Sólido	20	31	4500	160.7
	Líquido	20	31	4500	53.9

II. Determinación de los parámetros de calidad del extracto.

Para la determinación de los parámetros de control de calidad de extracto obtenido a base de Stevia, se consideraron factores fisicoquímicos, sensoriales y microbiológicos según la Norma Mexicana de referencia.

a. Determinación del peso total del extracto

Peso del extracto = peso de la fase líquida a la salida del precipitado + peso de la fase líquida a la salida del centrifugado. **Ec. (3.4)**

$$\text{Peso del extracto prueba 1} = (146.6 + 61.9)\text{g} = \mathbf{208.5\text{g}}$$

$$\text{Peso del extracto prueba 2} = (173.9 + 30.8)\text{g} = \mathbf{204.7\text{g}}$$

$$\text{Peso del extracto prueba 3} = (129.2 + 53.9)\text{g} = \mathbf{183.1\text{g}}$$

b. Determinación de la densidad (ρ) del extracto

Para medir la densidad de los extractos se optó por utilizar la siguiente fórmula.

$$\rho \text{ del extracto} = \frac{\text{masa de extracto (g)}}{\text{volumen del extracto (cm}^3\text{)}} \quad \mathbf{Ec. (3.5)}$$

El volumen se midió en balones volumétricos de 10 y 50 ml para mayor precisión.

$$\rho \text{ del extracto prueba 1} = \frac{50.7 \text{ g}}{50 \text{ cm}^3} = \mathbf{1.014 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}}$$

$$\rho \text{ del extracto prueba 2} = \frac{50.51 \text{ g}}{50 \text{ cm}^3} = \mathbf{1.0102 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}}$$

$$\rho \text{ del extracto prueba1} = \frac{9.922 \text{ g}}{10 \text{ cm}^3} = \mathbf{0.9922 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}}$$

c. Determinación de los °Brix y del pH del extracto para cada una de las pruebas.

Los °Brix se midieron a través de un refractómetro de la marca ABBE y el pH por medio de un pH metro Thermo Cientific calibrado según el rango de pH de las muestras.

Cuadro 3.18 Parámetros de operación en la medición del peso total del extracto, los °Brix y el pH para el extracto a base de Stevia.

PRUEBA	PESO TOTAL DEL EXTRACTO (g)	pH DEL EXTRACTO	° BRIX DEL EXTRACTO	DENSIDAD (g/cm ³)
Prueba 1	208.5	7.497	7	1.014
Prueba 2	204.7	5.776	6	1.0102
Prueba 3	183.1	7.536	6	0.9922

d. Determinación de la masa de entrada

Masa de entrada = masa de Stevia + masa de H₂O + masa de CaCO₃ + masa de ácido cítrico + masa de Ca(OH)₂ **Ec. (3.6)**

Masa de entrada prueba 1 = (100 + 700 + 5 + 10 + 10)g = **825 g**

Cuadro 3.19 Masa de entrada para cada una de las pruebas.

COMPONENTES	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3
Masa Stevia (g)	100	100	100
Masa CaCO ₃ (g)	5	5	5
Masa H ₂ O (g)	700	700	700
Masa C ₆ H ₈ O ₇ (g)	10	14.0491	8.9976
Masa Ca(OH) ₂ (g)	10	10	10
Masa Total (g)	825	829.0491	823.9976

e. Determinación del rendimiento del extracto a base de Stevia

Para la determinación del rendimiento se utilizó el concepto del producto de interés obtenido entre el total de materia prima y reactivos entrando al proceso de extracción. Además se calculó el porcentaje de los materiales residuales obtenidos durante todo el proceso.

$$\text{Rendimiento extracto} = \frac{\text{masa del extracto}}{\text{masa de entrada}} \times 100 \quad \text{Ec. (3.7)}$$

El rendimiento porcentual se utiliza para calcular la cantidad que se obtiene de un producto deseado (Raymond E. 2008).

$$\text{Rendimiento extracto prueba 1} = \frac{208.5 \text{ g}}{825 \text{ g}} \times 100 = 25.2727 \%$$

$$\text{Porcentaje de material residual} = \frac{\text{masa del material residual}}{\text{masa de entrada}} \times 100 \quad \text{Ec. (3.8)}$$

$$\text{Porcentaje de material residual prueba 1} = \frac{441.6 \text{ g}}{825 \text{ g}} \times 100 = 53.5272 \%$$

$$\% \text{ Pérdidas} = 100 - (\text{porcentaje de material residual} + \text{rendimiento de extracto}) \quad \text{Ec. (3.9)}$$

$$\% \text{ Pérdidas} = 100 - (53.5272 + 25.2727) = 21.2001\%$$

Cuadro 3.20 Presentación de masas, rendimientos, material residual y pérdidas del extracto.

Prueba	Masa de extracto (g)	Masa material residual (g)	Masa de entrada (g)	Rendimiento del extracto (%)	Porcentaje del material residual (%)	Pérdidas (%)
Prueba 1	208.5	441.6	825.0	25.2727	53.5272	21.2001
Prueba 2	204.7	424.3	829.1	24.6894	51.1759	24.1347
Prueba 3	183.1	484.8	823.9	22.2235	58.8421	18.9344

De acuerdo a los datos del cuadro 3.20, las pérdidas obtenidas para la prueba 1 y 2 son mayores, en comparación con la prueba 1. Lo siguiente puede deberse a situaciones como:

- a. Deficiencia en las operaciones.
- b. Sobrecalentamiento.
- c. Pérdidas por vapor.

3.5.4 Caracterización del extracto obtenido

Una vez obtenido los parámetros fisicoquímicos a través de los respectivos cálculos, los microbiológicos por medio del laboratorio de control de calidad microbiológico del Centro de Investigación y Desarrollo en Salud (CENSALUD) y los sensoriales de interés estos fueron tabulados en el cuadro 3.21

Cuadro 3.21 Caracterización del extracto a base de Stevia.

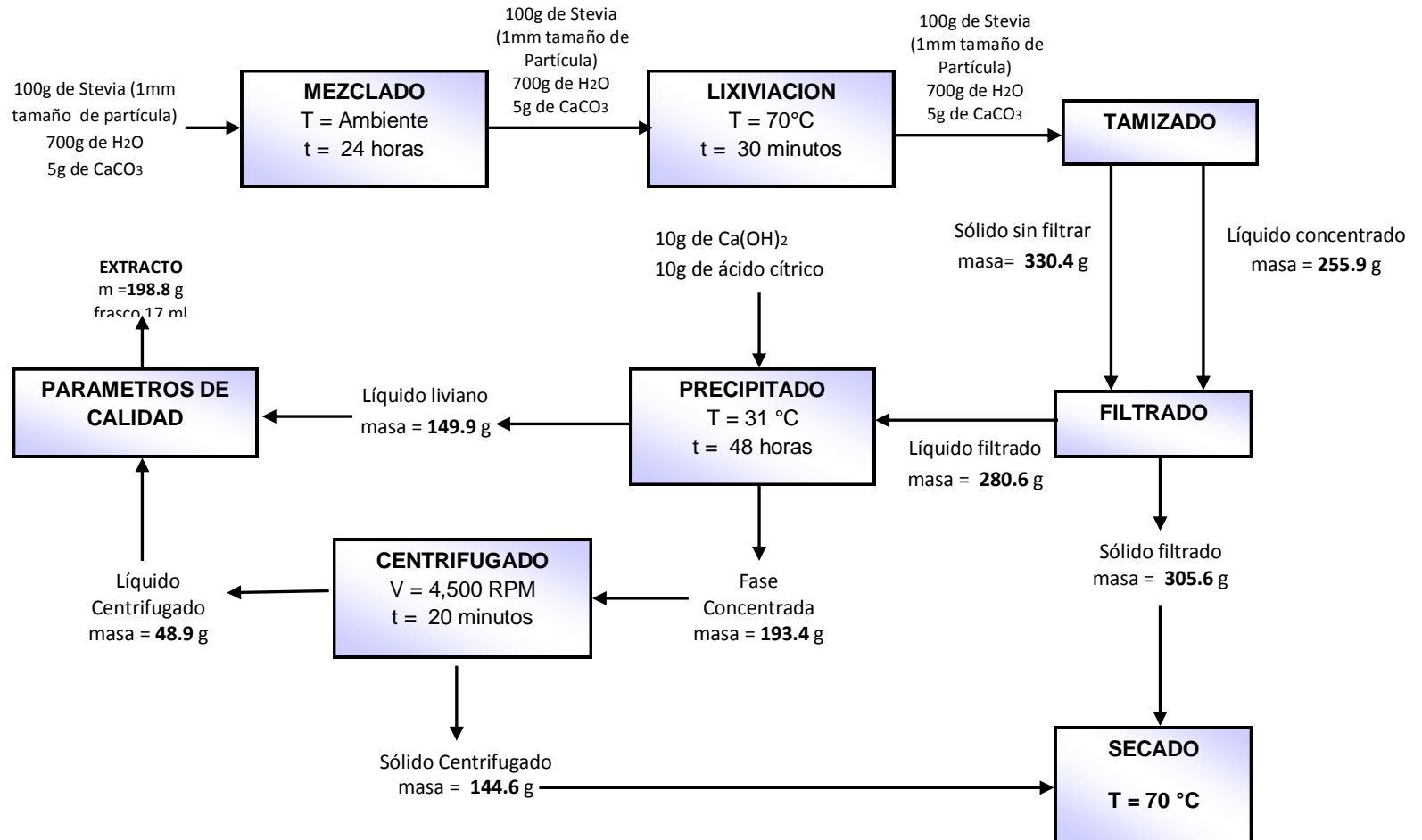
		REG-01 CDE		REG-01 CDE
		CARACTERIZACIÓN DEL EXTRACTO A BASE DE STEVIA		
Producto: Extracto		Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3
PARÁMETROS ANALIZADOS		RESULTADOS		
1	pH	7.497	5.776	7.536
2	Temperatura (°C)	31	31	31
3	°Brix	7	6	6
4	Densidad (g/cm ³)	1.014	1.0102	0.9922
5	Rendimiento (%)	25.2727	24.6894	22.2235
6	Recuento de coliformes totales	Menor de 3 NMP/ml (NEGATIVO)	Menor de 3 NMP/ml (NEGATIVO)	Menor de 3 NMP/ml (NEGATIVO)
7	Recuento de bacterias aeróbicas	100 UFC/ml	100 UFC/ml	100 UFC/ml
8	Recuento de mohos y levaduras	300 UFC/ml	300 UFC/ml	300 UFC/ml
Características de la muestra:		El extracto obtenido a base de Stevia es de color verde oscuro con un olor característico a la planta algo dulce y su sabor dulce agradable característico de la planta, cabe mencionar que no contiene preservantes más que el ácido cítrico utilizado para neutralizar las pruebas.		
Observaciones generales:		Las especificaciones microbiológicas son remitidas de la Norma Mexicana de alimentos para Humanos. Jarabes. NMX-F-169-1984. Las pruebas se realizaron en el laboratorio de control de calidad microbiológico del Centro de Investigación y Desarrollo en Salud.		

*UFC: unidades Formadoras de Colonia.

*ml: mililitros

*NMP: Número Más Probable.

3.5.5 Balance de masa del proceso de elaboración de extracto a base de Stevia.



Cuadro 3.22 Promedio de las masas de entrada y salida para cada etapa del proceso de extracción del edulcorante a base de Stevia.

OPERACION	ESTADO	PRUEBA 1 Masa (g)	PRUEBA 2 Masa (g)	PRUEBA 3 Masa (g)	PROMEDIO Masa (g)
Tamizado	Sólido	325.9	314.9	350.3	330.4
	Líquido	249.4	237.5	280.8	255.9
Filtrado	Sólido	295.3	297.5	324.1	305.6
	Líquido	280.0	254.9	307.0	280.6
Precipitado	Sólido	208.1	157.6	214.6	193.4
	Líquido	146.6	173.9	129.2	149.9
Centrifugado	Sólido	146.3	126.8	160.7	144.6
	Líquido	61.9	30.8	53.9	48.9
Extracto	Sólido	441.6	424.3	484.8	450.2
	Líquido	208.5	204.7	183.1	198.8

3.6 Aplicación del extracto a base de Stevia en la elaboración de jarabe

Una vez obtenido el extracto a base de Stevia para la prueba 1, prueba 2, y prueba 3, este se concentró en una estufa a una temperatura de 70°C durante 48 horas, midiendo los °Brix los cuales deben de alcanzar los 20 °Brix aproximadamente, manteniendo el pH, parámetros organolépticos y microbiológicos iniciales para luego ser envasado y enfriado a temperatura ambiente.

Los parámetros para la caracterización del jarabe fueron referidos a la Norma Mexicana de alimentos para Humanos. Jarabes. NMX-F-169-1984. Y la revista SALUVID, 2009.

Cuadro 3.23 Parámetros, fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales para jarabes a base de Stevia.

Parámetros fisicoquímicos de control de calidad del jarabe a base de Stevia	
pH	6 - 8
°Brix	20 - 22
Densidad (g/cm ³)	0.9 - 1.9
Parámetros microbiológicos de control de calidad del jarabe a base de Stevia	
Especificaciones	UFC/ml Máximo
Recuento total	1,000
Coliformes totales	Negativo
Hongos y levaduras	10
Parámetros microbiológicos de control de calidad del jarabe a base de Stevia	
Color	Característico verde oscuro
Olor	Característico dulce y libre de olores extraños
Sabor	Dulce característico y libre de sabores extraños.

Ref.: (SALUVID, 2009).

3.6.1 Determinación del pH para los jarabes a base de Stevia

Para medir la densidad de los jarabes se optó por utilizar la siguiente fórmula.

$$\rho \text{ del jarabe} = \frac{\text{masa del jarabe (g)}}{\text{volumen del jarabe (cm}^3\text{)}} \quad \text{Ec. (3.10)}$$

El volumen se midió en balones volumétricos de 10ml para mayor precisión.

$$\rho \text{ del jarabe prueba 1} = \frac{16.5114\text{g}}{10 \text{ cm}^3} = 1.65114 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

3.6.2 Cálculo del Rendimiento

Cuadro 3.24 Masas de entrada y de salida para el cálculo del rendimiento del jarabe a base de Stevia.

Prueba	Masa de entrada (g)	Masa de salida(g)
Prueba 1	825	165.114
Prueba 2	829.0491	152.187
Prueba 3	823.9976	116.584

Para la determinación del rendimiento se utilizó el concepto del producto de interés obtenido entre el total de materia prima y reactivos entrando al proceso de extracción. También se calculó el porcentaje de material residual resultante durante todo el proceso.


$$\text{Rendimiento jarabe} = \frac{\text{masa del jarabe}}{\text{masa de entrada}} \times 100 \quad \text{Ec. (3.11)}$$

$$\text{Rendimiento extracto prueba 1} = \frac{165.114 \text{ g}}{825 \text{ g}} \times 100 = \mathbf{20.0138 \%}$$

$$\text{Rendimiento extracto prueba 2} = \frac{152.187 \text{ g}}{829.0491 \text{ g}} \times 100 = \mathbf{18.3568 \%}$$

$$\text{Rendimiento extracto prueba 3} = \frac{116.584 \text{ g}}{823.9976 \text{ g}} \times 100 = \mathbf{14.1485 \%}$$

Cuadro 3.25 Caracterización del jarabe a base de Stevia.

		REG-01 CDJ CARACTERIZACION DEL JARABE A BASE DE STEVIA		REG-01 CDJ
		Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3
Producto: Jarabe a base de Stevia				
PARÁMETROS ANALIZADOS		RESULTADOS		
1	pH	7.497	5.776	7.536
2	Temperatura (°C)	31	31	31
3	°Brix	21.0	20.0	20.0
4	Densidad (g/cm ³)	1.65114	1.52187	1.45710
5	Rendimiento (%)	20.0138	18.3568	14.1485
6	Recuento de mohos y levaduras	100	100	100
Características sensoriales de la muestra:		Color: Característico verde oscuro, Olor: Característico dulce y libre de olores extraños, Sabor: Dulce característico y libre de sabores extraños.		
Observaciones generales:		Las especificaciones microbiológicas, fisicoquímicas y sensoriales son remitidas de la Norma Mexicana de alimentos para Humanos. Jarabes. NMX-F-169-1984. Se realizaron en el laboratorio de control de calidad microbiológico del Centro de Investigación y Desarrollo en Salud. (CENSALUD)		

3.6.3 Uso del jarabe de Stevia en la industria de alimentos

En la industria de alimentos, es utilizada para endulzar bebidas frías y calientes; en la elaboración de mermeladas, helados, repostería, panadería etc.

Por su alto poder endulzante puede reducir los costos considerablemente frente al azúcar tradicional (Agroalimentaria 2011).

Se puede utilizar en extracto líquido o en hojas de las cuales se extrae endulzante en forma líquida.

Cuadro 3.26 Productos derivados de Stevia en la industria de alimentos.

TAXONOMÍA	DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO
EXTRACTOS	
Extracto oscuro	Un jarabe concentrado hecho de las hojas secas a base de agua. Usando como edulcorante de bebidas.
Extracto claro	Una solución de cristales de esteviósido disueltos en agua, alcohol o glicerina. Usado como edulcorante de bebidas.
COMBINACIONES	
Glucósidos y sus combinaciones	Se combinan los extractos de esteviósido puro con un "vehículo" (lactosa, maltodextrina, fruto-oligosacáridos) que permite obtener un producto fácil de medir y con un gran sabor. Es uno de los glucósidos más poderosos de Stevia y se obtiene ya sea como un polvo blanco o un extracto líquido. Estas mezclas son las formas más versátiles y fáciles de usar la Stevia en la industria de alimentos.

Ref.: Agroalimentaria (2011).

3.7 Características principales del jarabe a base de Stevia

El jarabe a base de Stevia debe de cumplir con requisitos que logren describir y caracterizar el producto obtenido. En el cuadro 3.27 se describen algunas de las características que deben de poseer el jarabe obtenido a base de Stevia. (SALUVID, 2009).

Cuadro 3.27 Características generales del jarabe a base de Stevia.

PARAMETROS	DESCRIPCION
Producto	Líquido de origen natural, no calórico, más dulce que la sacarosa.
Nombre científico	<i>Stevia rebaudiana bertonii</i>
Nombre común	Yerba dulce
Color	Verde oscuro
Sabor	Dulce.
Estado físico	Propiedades de un jarabe líquido poco viscoso, con pocas impurezas, eliminando la mayor cantidad de sabores y olores extraños.
Concentración de sólidos solubles o ° Brix	20 °Brix
Características sensoriales	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mayor capacidad endulzante respecto a la sacarosa. 2. Sabor amargo en concentraciones mayores a 20°Brix. 3. Sabor y olor característico a la planta dulce.
Características de uso industrial.	<ol style="list-style-type: none"> 1. No necesita refrigeración. 2. No se descompone con la temperatura durante su cocción. 3. Soluble en etanol y agua. 4. No tiene efectos secundarios.

Ref.: SALUVID, 2009.

3.8 Normativa aplicada a jarabes

Los jarabes que son elaborados para la comercialización en el mercado, deben de cumplir con normativas específicas del país y/o de países que establecen características o lineamientos que se deben de cumplir para que el producto elaborado sea considerado como tal. Sin embargo la república de El Salvador no cuenta con Normas Salvadoreñas que sean aplicadas a los jarabes, por lo que se aplicará al jarabe obtenido, la Norma Mexicana NMX-F-169-1984 "Alimentos para humanos. Jarabes. FOODS FOR HUMANS SYRUPS. NORMAS MEXICANAS. DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS.

3.8.1 Especificaciones de control de calidad del jarabe (Norma Mexicana NMX-F-169-1984)

Los jarabes de los cuales son objetos esta norma deben cumplir con las siguientes especificaciones como lo indica el cuadro 3.28, en el área de control de calidad.

Cuadro 3.28 Especificaciones sensoriales para jarabes de Stevia.

Color	Característico
Olor	Característico y libre de olores extraños
Sabor	Dulce característico y libre de sabores extraños.
Consistencia	Fluido poco viscoso.

Ref.: Norma Mexicana NMX-F-169-1984 "Alimentos para humanos. Jarabes.

Cuadro 3.29 Especificaciones físicas y químicas para jarabes de Stevia.

ESPECIFICACIONES	MINIMO	MAXIMO
Cenizas en %	0	3
pH	3	7
Grados Brix a 288K (15°C)	59.1	-

Ref.: Norma Mexicana NMX-F-169-1984
"Alimentos para humanos. Jarabes.

Cuadro 3.30 Especificaciones microbiológicas para jarabes.

ESPECIFICACIONES	UFC/g máximo
Cuenta Total	1000
Coliformes	Negativo
Hongos y levaduras	10

Ref.: Norma Mexicana NMX-F-169-1984
"Alimentos para humanos. Jarabes.

3.8.2 Envasado del jarabe

Según la Norma Mexicana NMX-F-169-1984, el producto debe envasarse en recipientes de un material resistente e inocuo, que garantice la estabilidad del mismo, que evite su contaminación y no altere su calidad ni sus especificaciones sensoriales.

3.8.3 Embalaje del jarabe

Para el correcto embalaje de acuerdo a la Norma Mexicana NMX-F-169-1984, se deben usar cajas de cartón o envolturas de otro material apropiado, que tenga una resistencia y que ofrezcan la protección adecuada a los envases para impedir su deterioro exterior, a la vez que faciliten su manipulación en el almacenamiento y distribución de las mismas, sin exponer a las personas que los manipulan.

3.8.4 Almacenamiento

El producto terminado debe conservarse en lugares que reúnan los requisitos sanitarios para que no altere la calidad de los mismos, según la Norma Mexicana. La baja de calidad por un mal almacenamiento de los jarabes es muy notoria, ya que se dan una serie de diferencias en sus características como por ejemplo la aparición de microorganismos formadores de colonias que promueven el acortamiento de la vida útil de los jarabes.

3.9 Generalidades de los jarabes

Los jarabes son preparados líquidos medicinales ó saborizantes, de soluciones azucaradas usualmente Sacarosa. Cuando se utiliza solamente agua azucarada para hacer una solución de Sacarosa al producto se le conoce como “Jarabe Simple”. Una adición de Polioles como glicerina ó sorbitol pueden retrasar la cristalización de Sacarosa e incrementar la solubilidad al adicionar otros componentes. Cuando la sustancia líquida contiene sustancias medicinales el producto es conocido como “Jarabe medicinal”, los jarabes pueden contener agentes antimicrobianos para prevenir el crecimiento de microorganismos.

3.9.1 Composición química de un jarabe

1. Correctivos de sabor: Es para darle un sabor aceptable al producto ya sea para que éste no tenga sabor ó posea un sabor amargo. Este correctivo se usa en cantidad suficiente para enmascarar el sabor original del producto, y debe ir en relación al color y olor.
2. Correctivo de olor: Se utilizan aromatizantes, la cantidad a utilizar dependerá del olor que se desee enmascarar y éste debe ir de acuerdo al sabor y color.
3. Correctivos de color: Se utilizan para darle un color relacionado con su sabor y olor. Se utiliza la cantidad necesaria hasta obtener el color deseado.
4. Conservadores: Son muy utilizados debido a que el medio usual de los jarabes es el agua y ésta es propicia para el desarrollo de microorganismos. Entre los conservadores más usados se encuentran: Metilparabeno usado a una concentración de 0.2% y Propilparabeno usado a una concentración de hasta 0.02%.
5. Viscosantes: La Sacarosa es quien provee de viscosidad a los preparados, pero cuando en una formulación se agregan edulcorantes sintéticos es necesario añadir viscosantes tales como: metilcelulosa, carboximetil, goma xantan, etc. Su concentración dependerá de la viscosidad deseada.

3.9.2 Etiquetado obligatorio de los alimentos pre envasados (NSO 67.10.01:03, NORMA GENERAL PARA EL ETIQUETADO DE LOS ALIMENTOS PREENVASADOS, 2003)

En la etiqueta de alimentos preenvasados deberá aparecer la siguiente información según sea aplicable al alimento que ha de ser etiquetado, excepto cuando expresamente se indique otra cosa en una Norma o Reglamento Técnico específico del producto.

I. NOMBRE DEL ALIMENTO

1. El nombre deberá indicar la verdadera naturaleza del alimento y normalmente, deberá ser específico y no genérico.
2. En la etiqueta, junto al nombre del alimento o muy cerca del mismo, aparecerán las palabras o frases adicionales necesarias para evitar que se induzca a error o engaño al consumidor con respecto a la naturaleza y condición física auténticas del alimento que incluyen pero no se limitan al tipo de medio de cobertura, la forma de presentación o su condición o el tipo de tratamiento al que ha sido sometido, por ejemplo, deshidratación, concentración, reconstitución, ahumado.

II. LISTA DE INGREDIENTES

1. Salvo cuando se trate de alimentos de un único ingrediente, deberá figurar en la etiqueta una lista de ingredientes.
2. La lista de ingredientes deberá ir encabezada o precedida por un título apropiado que consista en el término "ingrediente" o la incluya.
3. Deberán enumerarse todos los ingredientes por orden decreciente de peso inicial (m/m) en el momento de la fabricación del alimento.
4. Todo aditivo alimentario que, por haber sido empleado en las materias primas u otros ingredientes de un alimento, se transfiera a este alimento en cantidad notable o suficiente para desempeñar en él una función tecnológica, será incluido en la lista de ingredientes.

III. CONTENIDO NETO Y PESO ESCURRIDO.

1. Deberá declararse el contenido neto en unidades del sistema métrico (Sistema Internacional).
2. El contenido neto deberá declararse de la siguiente forma:
 - i) en volumen, para los alimentos líquidos
 - ii) en peso, para los alimentos sólidos
 - iii) en peso o volumen, para los alimentos semisólidos o viscosos.

Ejemplo de etiquetado para el jarabe a base de Stevia rebaudiana bertonii.

Información nutricional		
Tamaño por porción 0.8 g		
Calorías menos de 4 por sobre		% de valores diarios
GRASA	0%	0%
COLESTEROL	0%	0%
SODIO	0%	0%
AZUCARES	0%	0%
PROTEINAS	0%	0%
FIBRA DIETÉTICA	0%	0%
Carbohidratos totales menos de 1g		
EL PORCENTAJE DE VALOR DIARIO ESTA BASADO EN UNA DIETA DE 2,000 CALORÍAS		

Figura 3.17 Viñeta nutricional del jarabe de Stevia.



Figura 3.18 Propuesta de la viñeta comercial del jarabe de Stevia.



Infusión de Stevia

CANELA

Bebida ideal para personas con problemas de sobrepeso, diabetes o las que buscan mejorar su salud ya que cuenta con proteínas, vitaminas, minerales y antioxidantes.

Es una fuente natural de antioxidante.

**Bebida 100% natural
Contenido neto. 500 ml.**

Figura 3.19 Propuesta de la viñeta comercial de infusión de Stevia -canela.

Infusión de Stevia

MENTA


Bebida ideal para personas con problemas de sobrepeso , diabetes o las que buscan mejorar su salud ya que cuenta con proteínas, vitaminas, minerales y antioxidantes.

Es una fuente natural de antioxidante.

Bebida 100% natural

Contenido neto. 500 ml.

Figura 3.20 Propuesta de la viñeta comercial de infusión de Stevia -menta.



Infusión de Stevia

NATURAL

Bebida ideal para personas con problemas de sobrepeso , diabetes o las que buscan mejorar su salud ya que cuenta con proteínas, vitaminas, minerales y antioxidantes.

Es una fuente natural de antioxidante.

**Bebida 100% natural
Contenido neto. 500 ml.**

Figura 3.21 Propuesta de la viñeta comercial de infusión de Stevia -natural.

3.10 Aprovechamiento y tratamiento de residuos obtenidos durante el proceso de extracción del edulcorante a base de Stevia

Como en todo proceso de producción se dan los residuos o desechos propios de su elaboración, para el caso de las infusiones se dan como material residual de proceso que son los sólidos retenidos en el papel filtro los cuales son descartados del flujo de proceso pero que pueden ser utilizados como un subproducto en su categoría de abono orgánico, los cuales puede servir para las próximas cosechas de las plantas de Stevia o de otras plantas como por ejemplo las plantaciones de fresas que aparte de ayudarles como un abono 100% orgánico brinda a estas características como el aumento de los niveles de dulzor de las plantas.

Por otra parte los materiales residuales de los extractos a lo largo del proceso productivo salen en dos etapas, el primero durante el reposo y la precipitación del extracto crudo y luego de la centrifugación de los sedimentos como lo muestra la figura 3.22. Ambos residuos pueden ser utilizados como abono orgánico.

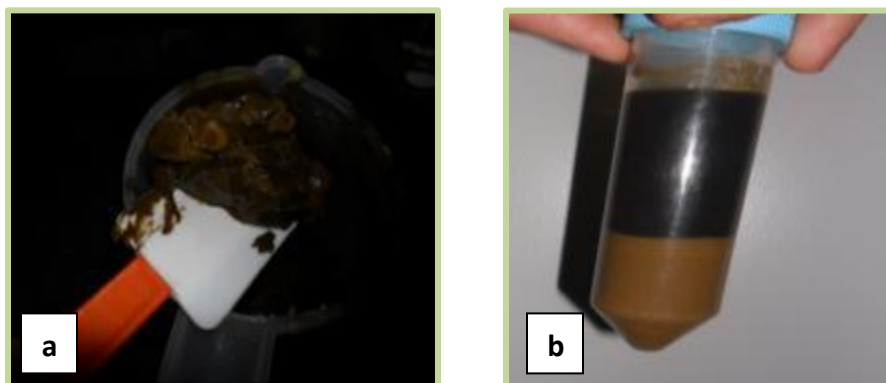


Figura 3.22 a) Residuo sólido al final del proceso de decantación del extracto.
b) Residuo sólido al final del centrifugado.

4.0 EVALUACIÓN SENSORIAL DE INFUSIONES A BASE DE *Stevia rebaudiana bertonii*

4.1 Metodología de evaluación de análisis sensorial (Emma Wittig, 2001)

Desde hace mucho tiempo se ha aplicado la evaluación sensorial sin base científica en la industria de alimentos. Se trata de exámenes organolépticos especializados, habitualmente usados en bebidas estimulantes.

Se ha logrado una certeza sorprendente con los catadores de vinos, que pueden llegar a establecer la zona, viña y año de producción. También se conocen resultados exitosos obtenidos por los catadores de té, cerveza, café y yerba mate.

La Evaluación Sensorial usa técnicas basadas en la fisiología y psicología de la percepción. Un alimento, tiene características propias, y así, el alimento posee un determinado peso, estructura, composición, color, etc. Cuando el observador se percata de la existencia de los objetos que le rodean, se debe a que éstos han actuado como "estímulo" sobre sus sentidos. Este estímulo produce un efecto en el observador: una sensación que es función de las características innatas del objeto. La percepción se produce cuando el observador ha recibido un estímulo de magnitud igual o mayor al umbral, y comprende la filtración, interpretación y reconstrucción de la variada y abundante información que reciben los receptores sensoriales.

El primer estado de percepción ocurre a nivel de los receptores sensoriales cuya especificidad y sensibilidad determina la percepción. El estímulo consiste en una emisión de energía emitida por el objeto, que es captada por el receptor. La cantidad mínima de energía requerida para producir una respuesta sensorial se define como umbral sensorial, y a partir de esta percepción, puede ser determinada la eficiencia de los detectores.

El umbral de detección se define como el estímulo mínimo capaz de producir una respuesta sensorial en un 50% o 75% de una población dada. El umbral de identificación es la cantidad mínima de estímulo que produce la identificación de él, por un 50% de una población dada. El umbral máximo o umbral de saturación es la máxima concentración o intensidad del estímulo que puede ser captada, o sea, si se aumenta la intensidad del estímulo la respuesta es la misma.

También es importante señalar el umbral de diferenciación que corresponde al incremento mínimo del estímulo requerido, para producir una diferencia detectable en la percepción. Esta es una medida de la discriminación del receptor. Respecto a la intensidad del estímulo, debe tenerse en consideración la calidad de él.

RECEPTORES SENSORIALES: Tanto los órganos de los sentidos como los receptores sensoriales que se usan en la percepción de los alimentos, determinan la calidad específica de la percepción como lo indica la figura 4.1.

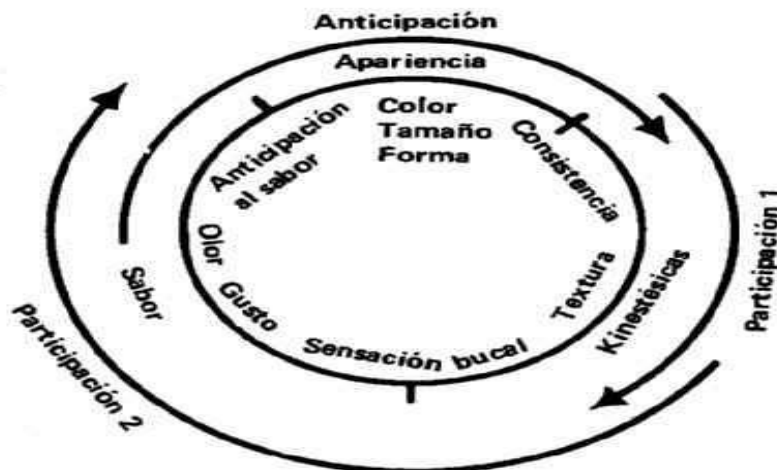


Figura 4.1 Esquema de la calidad sensorial, de los alimentos, presentado como un continuo finito

Ref.: Kramer y Szczesniak, 1973.

1. El sentido de la vista nos informa sobre la apariencia del alimento: estado físico (sólido, líquido, semilíquido, gel), tamaño, forma, textura, consistencia, color.

La estimación de estas características hace que los otros órganos sensoriales se preparen para sus propias percepciones, haciendo más intensa la respuesta.

El impacto visual es un recurso de gran valor en la industria de alimentos, por ejemplo, la coloración de bebidas de fantasía, de caramelos, la decoración de platos preparados.

2. El sentido del tacto y los receptores táctiles nos entregan información sobre la textura, forma, peso, temperatura y consistencia del alimento. Estos receptores se ubican en las manos y boca (labios, mejillas, lengua y paladar).
3. Los receptores bucales son muy sensitivos y discriminan partículas de hasta 20 a 25 μ de diámetro para estimar una textura granulosa. Los receptores kinestésicos musculares de las mandíbulas y dientes perciben la consistencia del alimento. La llamada "sensación bucal irritante" es la resultante de la sumatoria de las sensaciones percibidas por los receptores táctiles y los receptores químicos sensibles a estas sustancias irritantes, (ají, vinagre).
4. El sentido de la audición está también asociado al proceso de comer. Los sonidos provocados por el masticar o morder un alimento, complementan la percepción de textura del alimento y forman también parte del placer de comer. Los receptores de la audición se ubican en el oído interno y son sensibles a vibraciones de 10^1 a 10^4 Hertz. Las vibraciones acústicas de masticar y tragar llegan al oído interno a través del tubo de Eustaquio o por los huesos del cráneo.

5. El sentido del olfato, al igual que el sentido del gusto, es estimulado por energía química principalmente. Es capaz de percibir algunas moléculas diluidas en el aire. La innumerable variedad de olores que existe hace difícil la tarea de nominarlos y es bastante frecuente dar el nombre de una asociación conocida. Se han hecho muchos intentos de clasificación, pero el éxito aún no ha sido completo.

Gracias a grandes esfuerzos realizados durante los últimos 20 años, el avance ha sido más sustantivo, sumado a los resultados que entrega la cromatografía de gases y la física de gases.

En la parte superior de la nariz está el epitelio sensitivo, la pituitaria amarilla que recibe una pequeña fracción del aire inspirado. Está constituida por células sensitivas provistas de vellosidades en las que se encuentran terminaciones de las neuronas olfatorias. Está conectado al cerebro a través del bulbo olfatorio y de allí salen numerosas conexiones a las diferentes zonas del cerebro. Así se explica que el acto de oler, evoca la memoria y estimula emociones.

En el acto de comer, al masticar y luego deglutir el alimento, los aromas de éste llegan hasta la pituitaria amarilla, a través de la vía retronasal, que une la nariz y la tráquea, integrándose entonces la sensación de sabor.

6. El sentido del gusto tiene sus receptores ubicados en la boca, principalmente en la lengua, paladar y labios. Estos receptores no son rigurosamente específicos a una determinada calidad de gusto, a veces un receptor responde a un tipo de azúcar y no a otro edulcorante, y sí puede responder débilmente a un compuesto amargo. El campo de percepción se refiere a cuatro gustos básicos (ácido, amargo, salado y dulce).

Estos cuatro gustos originan toda la gama de gustos conocida, por interacción mutua de dos o más de ellos, produciendo reforzamiento o enmascaramiento. La sensibilidad del gusto se mide con soluciones acuosas de sustancias puras. Esta sensibilidad es mayor a temperaturas de 20-30°C.

4.1.1 Interacciones sensoriales (Wittig, E. 2001)

La información captada por los diferentes receptores sensoriales es transmitida en forma de potenciales de acción hasta el cerebro, donde es interpretada. Es aquí donde cobran importancia las interacciones sensoriales y las asociaciones psicológicas, y así hay asociaciones entre color y temperatura, textura y gusto, color y olor, etc. Para demostrar que existen efectos no fisiológicos. Se puede evidenciar adicionando iguales cantidades de azúcar a agua y a un fluido viscoso, por ejemplo gelatina sin sabor, y al degustar ambos, se capta una intensidad de dulzor diferente por la distinta actividad química y habilidad para contactar receptores, lo que está influyendo en reforzar la asociación existente entre gusto y textura.

Hay diferencias en la sensibilidad individual a gustos, sonidos, formas, iluminación, olores, de tal forma que las personas tienen una imagen global del mundo. Esta variabilidad es aún reforzada por la educación, nivel social, cultura y personalidad, influyendo profundamente en la actitud tomada frente a una situación dada, la atención dada a un problema o al medio que nos rodea, produciendo todas las diferencias en los sentimientos personales y la realidad interna.

La problemática de la evaluación sensorial reside en el hecho que los receptores sensoriales detectan algunas propiedades objetivas del alimento y el consumidor elabora un juicio subjetivo como resultado de un proceso que depende de su psicología y fisiología. El experimentador debe saber, lo que es percibido con el mínimo de interpretación subjetiva, de tal forma que los resultados puedan ser relacionados significativamente con las mediciones mecánicas e instrumentales y

el análisis de mercado. Es en este punto donde se necesita asegurar las condiciones que hagan que el juez juzgue el producto con una interpretación personal pero analizándolo más objetivamente.

4.1.2 Factores que influyen en la evaluación sensorial

De la gran variedad de factores que ejercen influencia sobre la evaluación sensorial se tienen:

- a) Factores de personalidad o actitud:** Se han realizado muchos estudios que tienen como objetivo determinar si las diferencias individuales, que se encuentran en percepción, inteligencia y habilidad intelectual tienen relación con la mayor capacidad de algunos individuos para estimar sensorialmente problemas más específicos en forma más adecuada que otros. Realmente no hay diferencias categóricas, pero salta la evidencia que existe una íntima relación entre percepción y las diferentes personalidades.
- b) Individuos analíticos y sintéticos:** Un observador analítico es aquel capaz de concentrarse sólo en los detalles y ve solamente las partes individuales del problema que se le presente, y esto en todo orden de cosas, ya que es su forma de encarar los hechos. El sintético en cambio, aprecia el conjunto integralmente y olvida los detalles. Hay test que requieren del primer tipo de juez (diferencias) y otros del segundo (score).
- c) Individuos objetivos y subjetivos:** El objetivo reacciona lentamente dando cada detalle ordenadamente, tal como lo observa; en cambio el subjetivo hace una inspección amplia, enfatiza generalmente su propia interpretación o gusto personal.
- d) Individuos activos y pasivos:** El activo trabaja racionalmente tratando de plantear una hipótesis para resolver el problema. El pasivo en cambio procede

a tientas, guiado por las impresiones inmediatas. Estas actitudes se observan muy bien en los niños.

- e) **Individuos confiados y cautelosos o precavidos:** El observador confiado ve todo de un vistazo, informándolo todo de una vez, a veces incluso agrega más detalles de los que ve. Está arriesgando cometer errores estadísticos de primer grado o primera clase, como por ejemplo informar una diferencia que no existe o sobreestimar una diferencia existente. El precavido, en cambio, tiende a informar sólo lo que lentamente ha asimilado y tiende a incurrir en errores de segunda clase, o sea, a no informar de diferencias que ha detectado.
- f) **Individuos que reaccionan al color y a la forma:** Algunos observadores responden sensorialmente primero al color y luego a la forma. En la evaluación de calidad de frutas esto es importante, ya que esta diferencia puede afectar los resultados.
- g) **Individuos visuales y táctiles:** La persona que se guía por la vista ve el mundo a través del estímulo visual principalmente. En cambio otros individuos responden primero a estímulos cinéticos y de tacto. De ahí la afirmación que "la mano guía a la vista".

Todos éstos son factores que deben considerarse para estudios de consumidores.

4.1.3 Requisitos para una evaluación sensorial de alimentos.

Cuando se decide hacer una evaluación sensorial de alimentos, se deben considerar los siguientes aspectos:

- a. Laboratorio de pruebas.
- b. Muestras.
- c. Panel de degustadores.

- d. Métodos de evaluación.
- e. Análisis estadístico de los datos obtenidos.

a) Laboratorio de pruebas:

La razón de contar con un laboratorio de degustación es poder controlar todas las condiciones de la investigación, eliminando al máximo las variables que interfieren en los juicios. Los requisitos que deben reunir los laboratorios de degustación son el resultado de observaciones ganadas a través de muchos años de experiencia en diferentes países.

El laboratorio de degustación comprende:

b) Sala de cabinas individuales:

Provista de aire acondicionado y aislada de ruidos y olores extraños. Las paredes deben ser de color gris neutro.

Para entregar las muestras se usan ventanillas o bien bandejas redondas rotatorias, con el fin de evitar el contacto de los operadores con los panelistas. En cada cabina debe existir agua para enjuagarse la boca, un recipiente para recibir las muestras degustadas, un lápiz para anotar los juicios o respuestas. A veces en vez de agua se usa otro medio de neutralización, por ejemplo, cubos de pan, café frío, etc. La cabina debe estar iluminada con luz blanca. Cuando se desea enmascarar el color se usa luz roja, ámbar o verde, según sea necesario. En todo caso se debe tratar de conseguir un ambiente de concentración relajada en cada cabina.

Está prohibido conversar.

Hay otros laboratorios que en vez de usar cabinas individuales disponen el laboratorio como una sala de clases con mesas para degustar acondicionadas en los escritorios, de tal forma que cada juez ve sólo la espalda del otro juez. En esta

forma se evita la sensación de claustrofobia que produce el sistema de cabinas en algunos degustadores.

Hay otra forma de disponer las cabinas, y es en número de 4 ó 6 en una mesa redonda, o de 4 degustadores en una mesa rectangular. Esta disposición es muy útil cuando se trata de discutir las etapas preliminares de seleccionar un método de ensayo. Pero las desventajas de esta distribución son múltiples, ya que por ejemplo, cuando hay diferentes jerarquías entre los degustadores, existe gran influencia del juez de mayor jerarquía sobre los demás y muchas veces estos últimos no se atreven a dar su juicio si es contradictorio.

c) Sala para reuniones del panel de degustadores: Está destinada a discutir los problemas que surjan de los métodos, para dar instrucciones y entrenar o explicar técnicas nuevas.

d) Sala para preparación de las muestras: Debe contar con una cocina moderna, con utensilios de material que no afecte el sabor (gusto y olor) de los alimentos. Debe tener mesas y depósitos para preparar las muestras y campanas de extracción para eliminar los olores generados durante la preparación.

Esta sala debe tener comunicación con las cabinas de degustación por ventanillas, a través de las cuales se hace llegar las muestras. Frente a cada ventanilla existe una luz que el juez acciona cada vez que desea ser atendido o ha terminado su tarea.

e) Sala de instrumentos: Debe contar con los instrumentos necesarios para preparar las muestras, balanzas, tamices, licuadoras, homogenizadoras, molinillos, etc.

f) Sala para almacenar muestras: Provista de anaqueles, con ventilación e iluminación adecuada.

g) Oficinas: Aquí se procesan los datos que el panel entrega.

En los laboratorios de Evaluación Sensorial se realizan en general dos tipos de test:

1. Los que miden diferencias y/o cualidades del alimento.
2. Los que miden preferencias.

Los test de aceptación se realizan con grupos grandes de consumidores, en el laboratorio sólo puede hacerse a escala piloto, lo que permite reacondicionar el test antes de plantearlo a una muestra importante de consumidores, a los que se les entrega un cuestionario que determinará el grado de aceptación o rechazo del alimento.

4.1.4 Metodología de evaluación sensorial

Métodos para Tests de Respuesta Objetiva, dentro de estos test hay tres grupos:

1. De valoración.
2. Los que detectan diferencias.
3. Analíticos.

a) Tests de valoración (Rating Tests): Tienen por finalidad evaluar productos con rapidez de acuerdo a su calidad. Estos métodos son útiles cuando se trata de evaluar en corto tiempo un número grande de muestras, o bien cuando se desea descartar rápidamente muestras de calidad inferior. Entre los tests de valoración se pueden mencionar los siguientes:

b. Test descriptivo: Por medio de este test es posible evaluar hasta 6 muestras diferentes. Usa un panel que no necesariamente esté entrenado. Las muestras se valoran de acuerdo a una escala de calidad, que va de

"excelente" a "malo", y se pide al degustador que marque en ella la calidad de las muestras que se le presentan para evaluar.

c. Evaluación estadística: Se hace en base a juicios favorables para cada calificación (cómputos).

4.2 Evaluación sensorial para infusiones a base de Stevia

En la evaluación sensorial participaron personas denominadas evaluadores o jueces los cuales se sometieron a diversas pruebas sensoriales para hacer una evaluación del producto en forma objetiva y parcial.

El objetivo principal de esta evaluación consistió en determinar el grado de aceptabilidad de tres tipos de infusiones elaboradas a base de la planta Stevia rebaudiana bertonii, en donde se evaluaron cinco parámetros sensoriales como: **apariencia, color, olor, sabor, y aroma;** de forma objetiva y verás a través de los evaluadores.

Seguidamente se muestra el flujograma para la realización de la evaluación sensorial de las muestras en estudio.



Figura 4.2 Proceso de evaluación sensorial para las muestras en estudio.

4.3 Análisis sensorial para infusiones

El primer análisis sensorial se realizó a través de una prueba hedónica con la participación de 26 panelistas conformado por estudiantes con edades de 20 a 30 años, conocedores de los objetivos de realizar un análisis sensorial y de docentes de la Universidad de El Salvador; utilizando tres muestras elaboradas a base de Stevia debidamente clasificadas.



Figura 4.3 Grupo estudiantes de la Universidad de El Salvador para la prueba de Análisis Sensorial de infusiones a base de Stevia rebaudiana bertonii.

4.3.1 Importancia de los jueces

Los jueces se seleccionan y entrenan con el fin de lograr la máxima veracidad, sensibilidad y reproducibilidad en los juicios que emitan, ya que de ello depende en gran medida el éxito y confiabilidad de los resultados. Se reunió a los evaluadores en los laboratorios de ingeniería de alimentos de la Universidad de El Salvador donde se les impartió una charla informativa en lo que consistía la prueba y a continuación se les entregó un formulario que se muestra en el anexo A, con los parámetros a evaluarse; posteriormente se les entregaron las muestras que se detallan a continuación.

- 1.** Infusión a base de Stevia sabor natural (sin filtrar) con el código R93.
- 2.** Infusión a base de Stevia sabor a canela (filtrado) con el código S98.
- 3.** Infusión a base de Stevia sabor a menta (filtrado) con el código F76.

Los sabores de menta y canela (extractos); se seleccionaron luego de pruebas realizadas con saborizantes naturales de limón y canela; además se realizaron pruebas con jarabe de fresa y vainilla; sin embargo estas no aportaron un grado de sabor esperado por lo que se optó el utilizar los sabores a menta y canela en

su presentación de extractos, ya que con estos si se observó un aumento de sabor característico al extracto añadido en las infusiones.

Todas las muestras a evaluarse se presentaron bajo las mismas condiciones de temperatura y presentación.



Figura 4.4 Evaluación de muestras por parte del panel de jueces.

4.3.2 Atributos sensoriales a evaluar de las infusiones de Stevia (Análisis sensorial de Alimentos, 2012)

i. El aroma

Consiste en la percepción de las sustancias olorosas y aromáticas de un alimento después de haberse puesto en la boca. Es percibido a través de la vía retronasal, esto es: cuando el alimento se encuentra en la cavidad bucal, los volátiles ascienden por la laringe hasta alcanzar los receptores.

ii. La apariencia

Todas las propiedades visibles de una sustancia u objeto. A simple vista la apariencia debe de ser percibida de inmediato por el juez esto se debe a la comparación con otros productos similares tomando en cuenta para cada una de las muestras: el cuerpo, el color, etc.

iii. El olor

Es la percepción por medio de la nariz de sustancias volátiles liberadas en los alimentos; dicha propiedad en la mayoría de las sustancias olorosas es diferente para cada una.

iv. El sabor

El sabor básico de un alimento puede ser ácido, dulce, salado, amargo, o bien puede haber una combinación de dos o más de estos. Esta propiedad es detectada por la lengua. El sabor es una propiedad química, ya que involucra la detección de estímulos disueltos en agua aceite o saliva por las papilas gustativas.

v. El color

El color se compone de tres atributos importantes que son:

- a. Tono: definido por la emisión/absorción de la luz en determinada longitud de onda.
- b. Saturación: Grado de pureza del color
- c. Luminosidad: Porcentaje de blanco.

4.3.3 Formulación de las infusiones de Stevia

Para la primera evaluación sensorial se presentaron las siguientes formulaciones con el fin de determinar el grado de aceptabilidad de cada una de las muestras. Para la primera formulación, se tomó en cuenta la cantidad recomendada por los distribuidores de los saborizantes artificiales para la cantidad de este a adicionar a las infusiones, mientras que para la formulación del segundo análisis sensorial, se tomaron en cuenta los datos que mostraban el mayor grado de aceptabilidad del parámetro del sabor de los primeros jueces.

Cuadro 4.1 Formulación estándar de infusión a base de Stevia sabor natural.

Formulación Estándar de Infusiones		
Producto	Infusión a base de Stevia sabor natural	
Código :	R93	
Porciones (Ideal)	0.1 g	
Nombre de ingrediente	Cantidad (g)	% Ingrediente
Stevia molida y tamizada	6.42	0.43
Agua a 25°C	1,500	99.57
Total	1,506.42	100

Cuadro 4.2 Formulación estándar de infusión a base de Stevia sabor canela.

Formulación Estándar de Infusiones		
Producto	Infusión a base de Stevia sabor canela	
Código :	S98	
Porciones (Ideal)	0.1 g	
Nombre de ingrediente	Cantidad (g)	% Ingrediente
Stevia molida y tamizada	6.42	0.42
Agua a 25°C	1,500	98.27
Saborizante sabor canela	20	1.31
Total	1,526.42	100

Cuadro 4.3 Formulación estándar de infusión a base de Stevia sabor menta.

Formulación Estándar de Infusiones		
Producto	Infusión a base de Stevia sabor Menta	
Código :	F76	
Porciones (Ideal)	0.1 g	
Nombre de ingrediente	Cantidad (g)	% Ingrediente
Stevia molida y tamizada	6.42	0.42
Agua a 25°C	1,500	98.27
Saborizante sabor menta	20	1.31
Total	1,526.42	100

4.4 Análisis de datos para la prueba hedónica de las infusiones de Stevia

Los datos fueron tabulados y graficados mediante un gráfico de barras, debido a que facilita la visualización de la aceptabilidad o rechazo de las infusiones según los atributos presentados.

Cuadro 4.4 Recopilación de datos para la evaluación de la apariencia de las muestras en estudio.

APARIENCIA						
	S98:	%	R93	%	F76:	%
	Natural	Natural	Canela	Canela	Menta	Menta
Gusta Mucho	6	23%	11	42%	10	38%
Gusta Moderadamente	14	54%	7	27%	8	31%
Ni gusta Ni Disgusta	5	19%	6	23%	7	27%
Disgusta Moderadamente	1	4%	2	8%	1	4%
Disgusta Mucho	0	0%	0	0%	0	0%
Total	26	100%	26	100%	26	100%

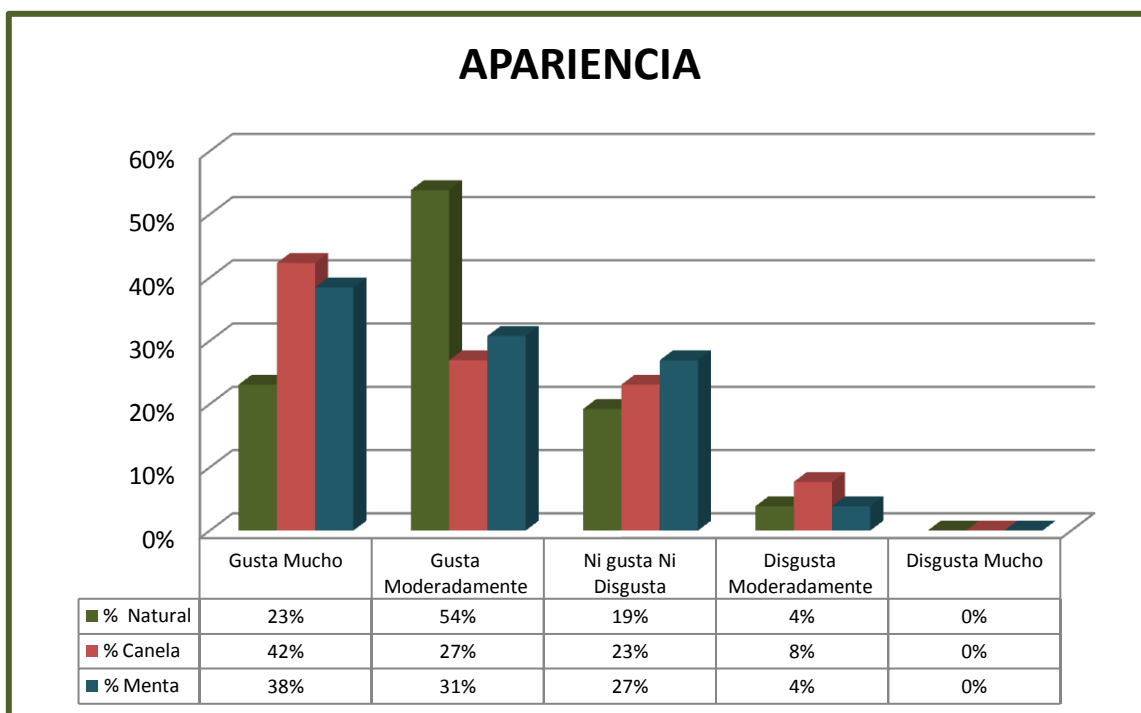


Figura 4.5 Representación gráfica de los datos para la evaluación de apariencia de las muestras de infusiones de Stevia en sus diferentes presentaciones (natural, menta y canela).

Cuadro 4.5 Recopilación de datos para la evaluación del color de las muestras en estudio.

COLOR						
	S98: Natural	% Natural	R93 Canela	% Canela	F76: Menta	% Menta
Gusta Mucho	5	19%	12	46%	11	42%
Gusta Moderadamente	11	42%	9	35%	10	38%
Ni gusta Ni Disgusta	7	27%	2	8%	3	12%
Disgusta Moderadamente	2	8%	2	8%	2	8%
Disgusta Mucho	1	4%	1	4%	0	0%
Total	26	100%	26	100%	26	100%

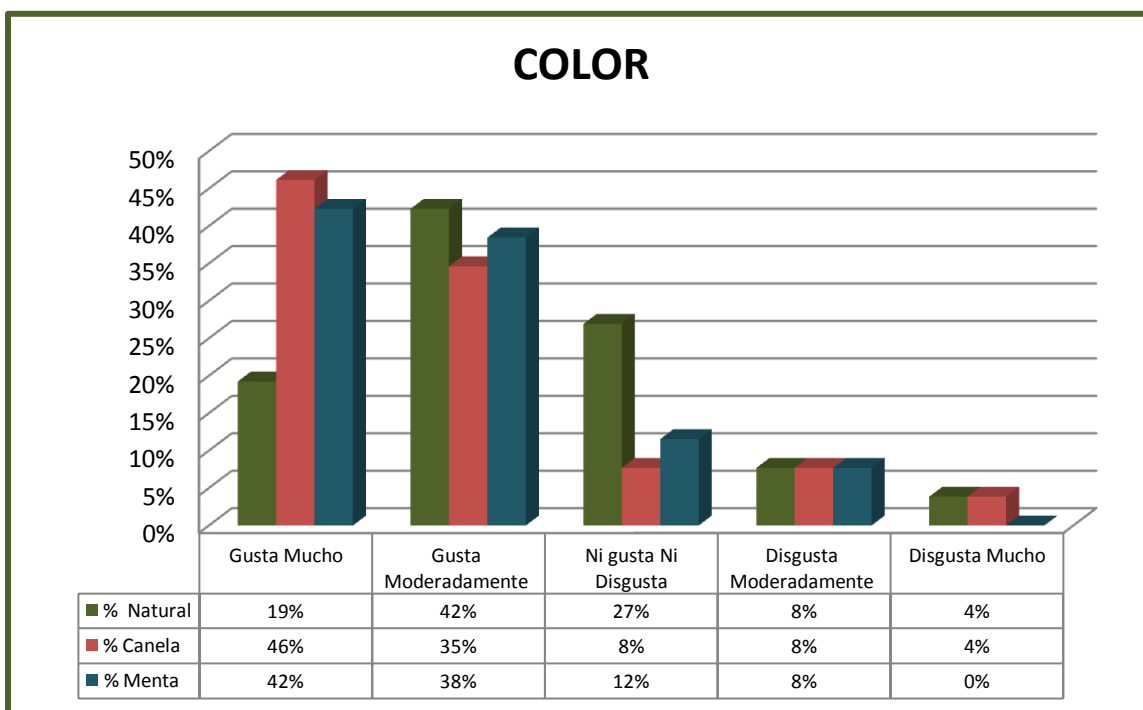


Figura 4.6 Representación gráfica de los datos para la evaluación del color de las muestras de infusiones a base de Stevia en sus diferentes presentaciones (natural, menta y canela).

Cuadro 4.6 Recopilación de datos para la evaluación del olor de las muestras en estudio.

OLOR						
	S98: Natural	% Natural	R93 Canela	% Canela	F76: Menta	% Menta
Gusta Mucho	2	8%	12	46%	7	27%
Gusta Moderadamente	10	38%	9	35%	12	46%
Ni gusta Ni Disgusta	3	12%	2	8%	3	12%
Disgusta Moderadamente	10	38%	2	8%	4	15%
Disgusta Mucho	1	4%	1	4%	0	0%
Total	26	100%	26	100%	26	100%

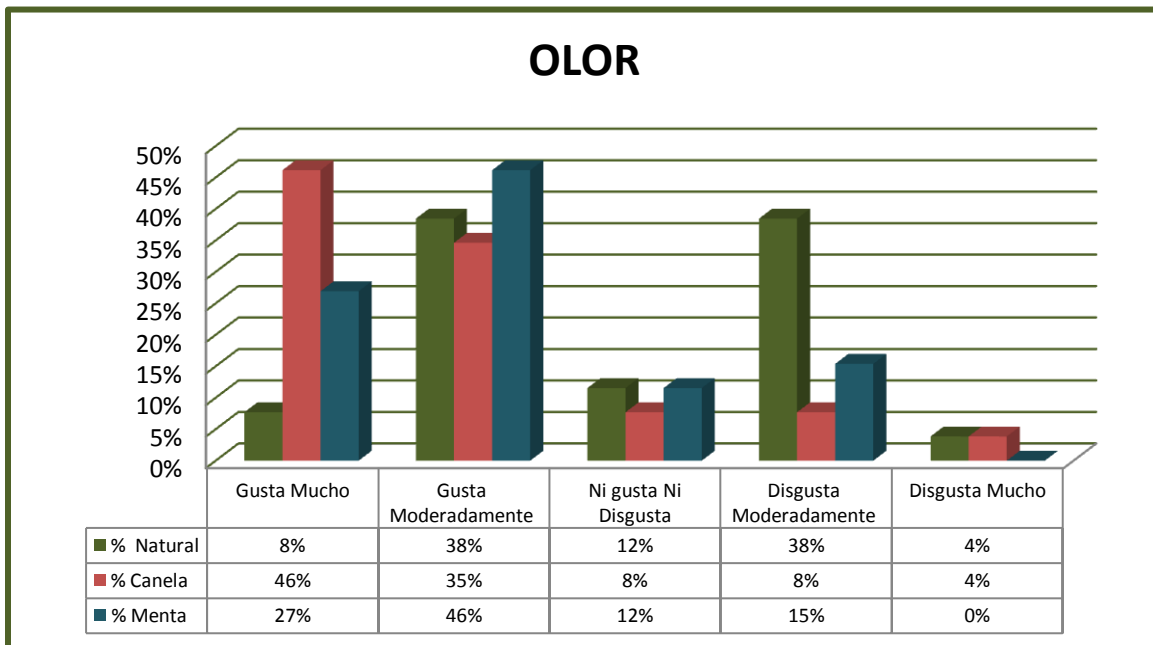


Figura 4.7 Representación gráfica de los datos para la evaluación del olor de las muestras de infusiones a base de Stevia en sus diferentes presentaciones (natural, menta, canela)

Cuadro 4.7 Recopilación de datos para la evaluación de sabor de las muestras en estudio.

SABOR						
	S98: Natural	% Natural	R93 Canela	% Canela	F76: Menta	% Menta
Gusta Mucho	6	23%	9	35%	7	27%
Gusta Moderadamente	10	38%	13	50%	8	31%
Ni gusta Ni Disgusta	2	8%	3	12%	3	12%
Disgusta Moderadamente	7	27%	1	4%	7	27%
Disgusta Mucho	1	4%	0	0%	1	4%
Total	26	100%	26	100%	26	100%

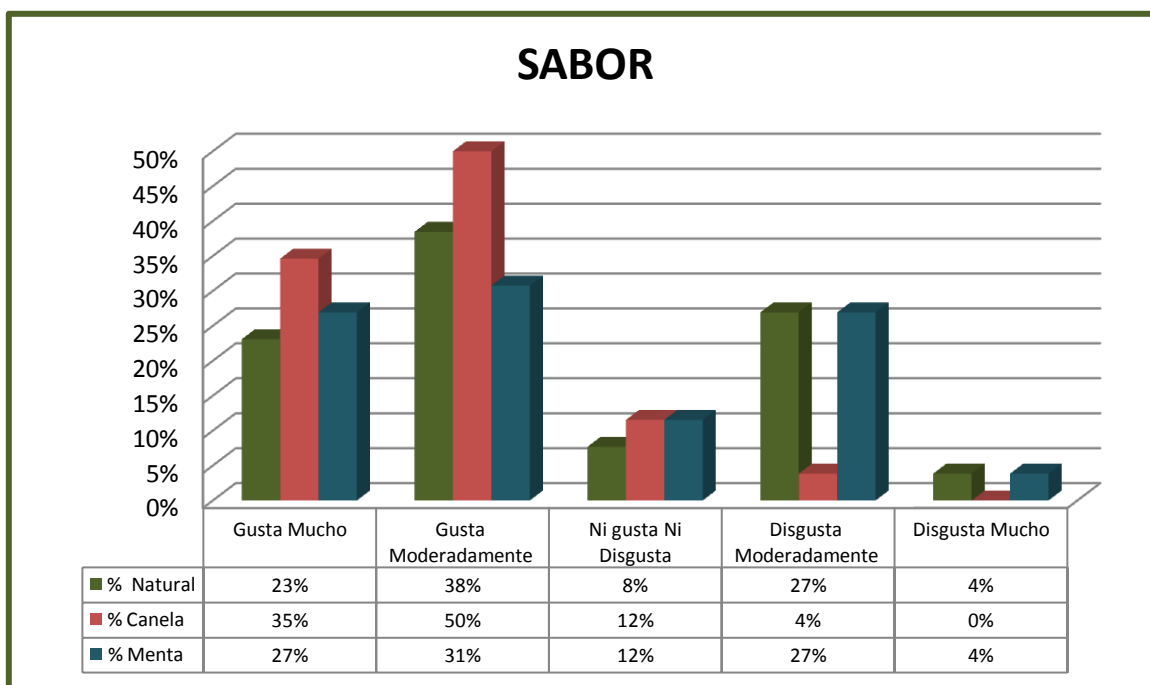


Figura 4.8 Representación gráfica de los datos para la evaluación del sabor de las muestras de infusiones a base de Stevia en sus presentaciones (natural, menta y canela)

Cuadro 4.8 Recopilación de datos para la evaluación del aroma de las muestras en estudio.

AROMA						
	S98: Natural	% Natural	R93 Canela	% Canela	F76: Menta	% Menta
Gusta Mucho	4	15%	8	31%	8	31%
Gusta Moderadamente	10	38%	10	38%	11	42%
Ni gusta Ni Disgusta	8	31%	7	27%	5	19%
Disgusta Moderadamente	1	4%	0	0%	2	8%
Disgusta Mucho	3	12%	1	4%	0	0%
Total	26	100%	26	100%	26	100%

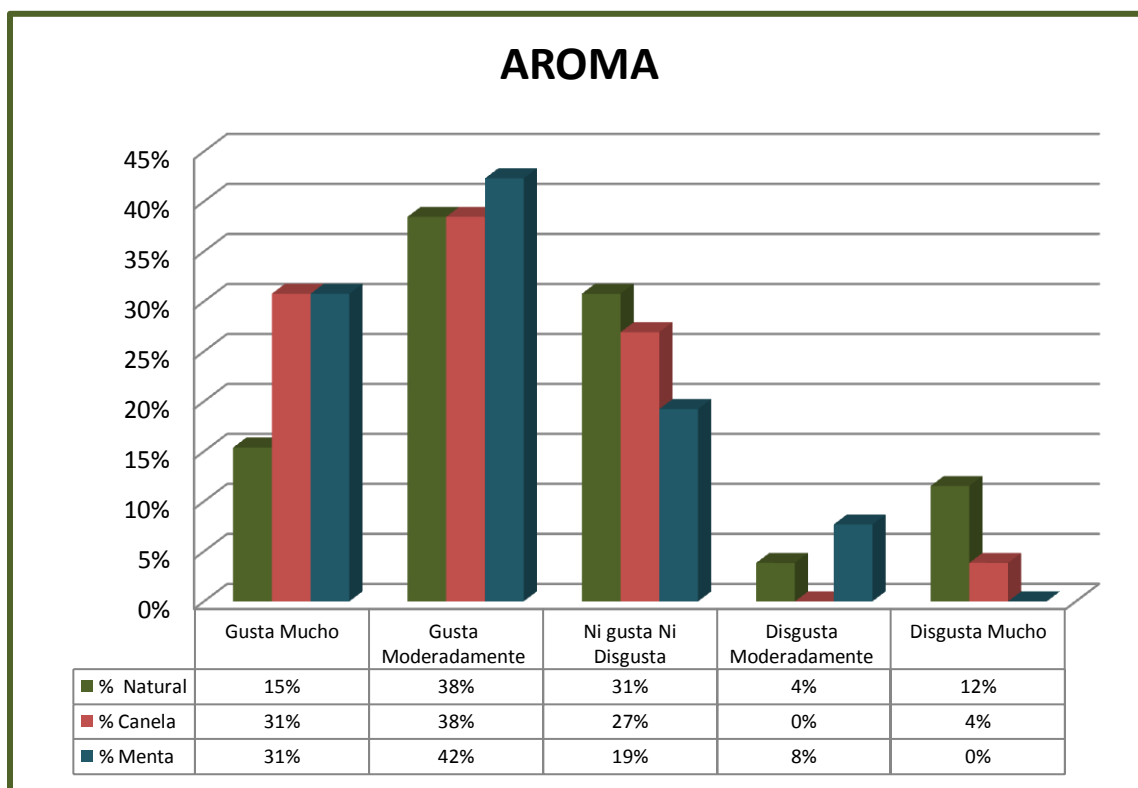


Figura 4.9 Representación gráfica de los datos para la evaluación del aroma de las infusiones a base de Stevia en sus diferentes presentaciones (natural, menta y canela).

4.5 Realización de una segunda prueba hedónica para nuevas muestras de infusiones a diferentes concentraciones de sabor a menta y a canela

Con el objetivo de conocer las impresiones sensoriales de otro grupo de jueces sobre diferentes concentraciones de saborizantes para las infusiones de Stevia rebaudiana bertonii, se optó por realizar un segundo Análisis Sensorial con nuevas formulaciones de sabores a canela y a menta conservando el sabor natural igual a la primera prueba. Para ello se presentaron las siguientes muestras sabor a canela, menta y natural; elaboradas bajo las siguientes concentraciones:

1. Infusión a base de Stevia sabor natural (sin filtrar) con el código S98.
2. Infusión a base de Stevia sabor a canela concentración 1 (filtrado) con el código R93.

3. Infusión a base de Stevia sabor a canela concentración 2(filtrado) con el código G32
4. Infusión a base de Stevia sabor a menta concentración 1(filtrado) con el código F76.
5. Infusión a base de Stevia sabor a menta concentración 2(filtrado) con el código M25.

Con las nuevas formulaciones se realizó la prueba hedónica en el laboratorio de Ingeniería de Alimentos de la facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador con un panel de jueces de 17 personas, con edades comprendidas entre los 20 a 60 años.

Para las siguientes formulaciones se tiene:

Cuadro 4.9 Formulación estándar de infusión a base de Stevia sabor natural.

Formulación estándar de infusiones		
Producto	Infusión a base de Stevia sabor natural	
Código :	S98	
Porciones (Ideal)	0.1 g	
Nombre de ingrediente	Cantidad (g)	% Ingrediente
Stevia molida y tamizada	7.7	0.50
Agua a 25°C	1,500	99.5
Total	1,507.7	100

Cuadro 4.10 Formulación estándar de infusión a base de Stevia sabor canela

Formulación estándar de infusiones		
Producto	Infusión a base de Stevia sabor canela concentración 2	
Código :	G32	
Porciones (Ideal)	0.1 g	
Nombre de ingrediente	Cantidad (g)	% Ingrediente
Stevia molida y tamizada	2.13	0.42
Agua a 25°C	500	99.54
Saborizante sabor canela	0.2	0.04
Total	502.33	100

Cuadro 4.11 Formulación estándar de infusión a base de Stevia sabor menta

Formulación estándar de infusiones		
Producto	Infusión a base de Stevia sabor menta concentración 1	
Código :	F76	
Porciones (Ideal)	0.1 g	
Nombre de ingrediente	Cantidad (g)	% Ingrediente
Stevia molida y tamizada	2.13	0,42
Agua a 25°C	500	99.57
Saborizante sabor menta	0.05	0.01
Total	502.18	100

Cuadro 4.12 Formulación estándar de infusión a base de Stevia sabor canela

Formulación estándar de infusiones		
Producto	Infusión a base de Stevia sabor canela, concentración 1	
Código :	R93	
Porciones (Ideal)	0.1 g	
Nombre de ingrediente	Cantidad (g)	% Ingrediente
Stevia molida y tamizada	2.13	0.42
Agua a 25°C	500	99.56
Saborizante sabor canela	0.1	0.02
Total	502.23	100

4.6 Análisis de datos para la segunda prueba hedónica

Los datos fueron tabulados y graficados mediante un gráfico de barras ya que facilita la visualización de la aceptabilidad o rechazo de las infusiones según los atributos presentados durante la segunda formulación.

Cuadro 4.13 Recopilación de datos para la evaluación de la apariencia de las muestras en estudio.

APARIENCIA										
	Natural	% Natural	canela 1	% Canela1	canela 2	% Canela2	menta 1	% Menta1	menta 2	% Menta2
Gusta Mucho	0	0%	5	29%	7	41%	6	35%	5	29%
Gusta Moderadamente	5	29%	8	47%	7	41%	6	35%	7	41%
Ni gusta Ni Disgusta	5	29%	3	18%	3	18%	4	24%	5	29%
Disgusta Moderadamente	4	24%	1	6%	0	0%	1	6%	0	0%
Disgusta Mucho	3	18%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
TOTAL	17	100%	17.00	100%	17.00	100%	17.00	100%	17.00	100%

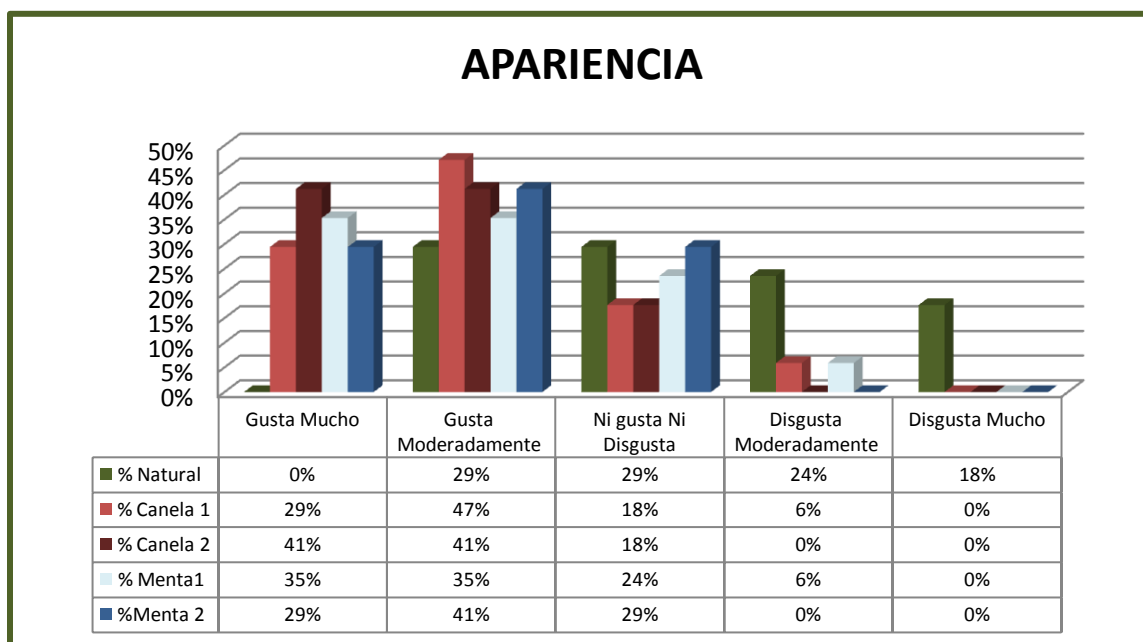


Figura 4.10 Representación gráfica de los datos para la evaluación de la apariencia de las muestras de infusiones de Stevia en sus diferentes presentaciones (natural, menta y canela).

Cuadro 4.14 Recopilación de datos para la evaluación del color de las muestras en estudio.

COLOR										
	Natural	% Natural	canela 1	% Canela1	canela 2	% Canela2	menta 1	% Menta1	menta 2	% Menta2
Gusta Mucho	2	12%	6	35%	5	29%	6	35%	6	35%
Gusta Moderadamente	6	35%	7	41%	10	59%	4	24%	9	53%
Ni gusta Ni Disgusta	0	0%	4	24%	1	6%	7	41%	2	12%
Disgusta Moderadamente	7	41%	0	0%	1	6%	0	0%	0	0%
Disgusta Mucho	2	12%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
TOTAL	17	100%	17.00	100%	17.00	100%	17.00	100%	17.00	100%

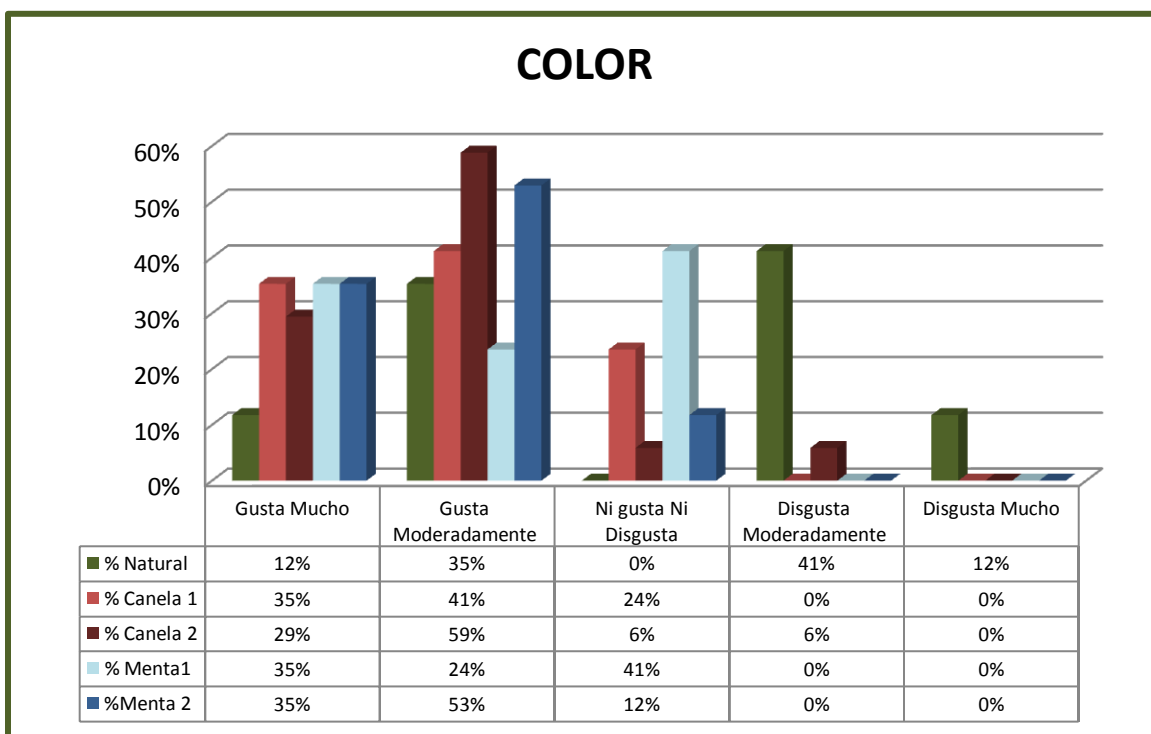


Figura 4.11 Representación gráfica de los datos para la evaluación del color de las muestras de infusiones de Stevia en sus diferentes presentaciones (natural, menta y canela).

Cuadro 4.15 Recopilación de datos para la evaluación del olor de las muestras en estudio.

OLOR										
	Natural	% Natural	canela 1	% Canela1	canela 2	% Canela2	menta 1	% Menta1	menta 2	% Menta2
Gusta Mucho	4	24%	4	24%	2	12%	11	65%	7	41%
Gusta Moderadamente	6	35%	5	29%	4	24%	2	12%	7	41%
Ni gusta Ni Disgusta	2	12%	2	12%	3	18%	2	12%	2	12%
Disgusta Moderadamente	2	12%	6	35%	7	41%	1	6%	1	6%
Disgusta Mucho	3	18%	0	0%	1	6%	1	6%	0	0%
TOTAL	17	100%	17.00	100%	17.00	100%	17.00	100%	17.00	100%

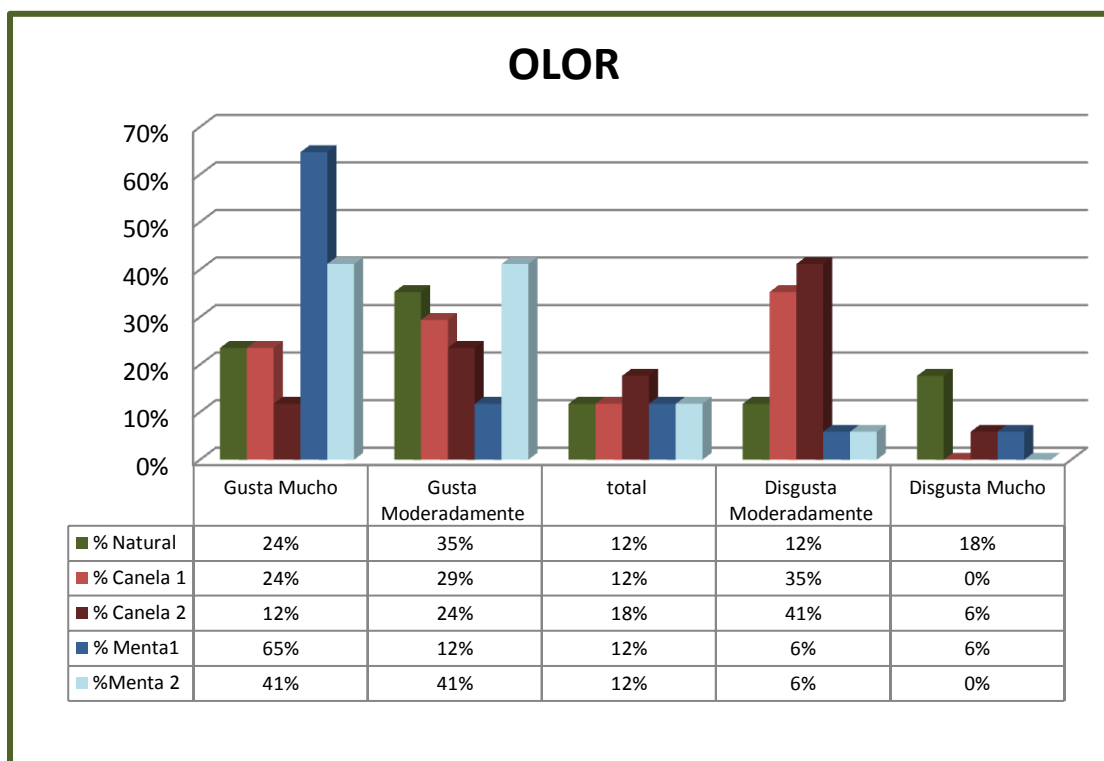


Figura 4.12 Representación gráfica de los datos para la evaluación del olor de las muestras de infusiones a base de Stevia en sus diferentes presentaciones (natural, menta, canela)

Cuadro 4.16 Recopilación de datos para la evaluación del sabor de las muestras en estudio.

SABOR										
	Natural	% Natural	canela 1	% Canela1	canela 2	% Canela2	menta 1	% Menta1	menta 2	% Menta2
Gusta Mucho	2	12%	4	24%	9	53%	1	6%	2	12%
Gusta Moderadamente	4	24%	7	41%	2	12%	9	53%	9	53%
Ni gusta Ni Disgusta	7	41%	4	24%	2	12%	5	29%	4	24%
Disgusta Moderadamente	4	24%	2	12%	2	12%	2	12%	2	12%
Disgusta Mucho	0	0%	0	0%	2	12%	0	0%	0	0%
TOTAL	17	100%	17.00	100%	17.00	100%	17.00	100%	17.00	100%

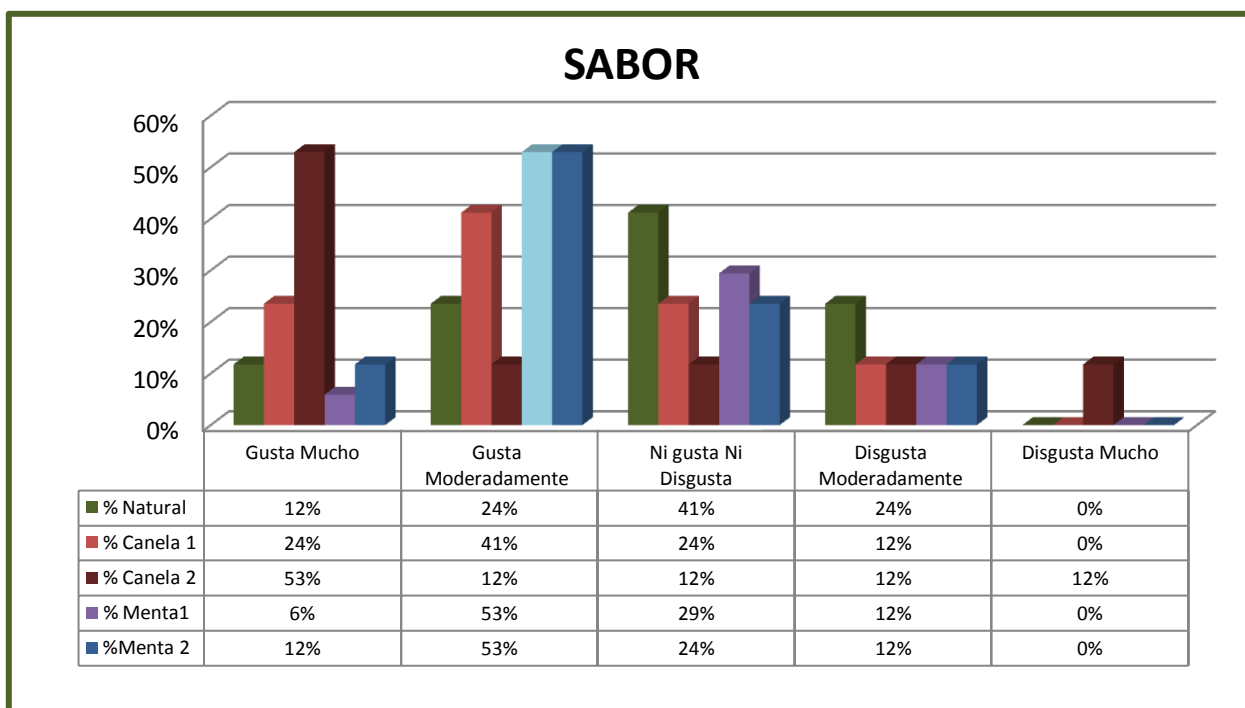


Figura 4.13 Representación gráfica de los datos para la evaluación del sabor de las muestras de infusiones a base de Stevia en sus presentaciones (natural, menta y canela)

Cuadro 4.17 Recopilación de datos para la evaluación del aroma de las muestras en estudio.

AROMA										
	Natural	% Natural	canela 1	% Canela1	canela 2	% Canela2	menta 1	% Menta1	menta 2	% Menta2
Gusta Mucho	4	24%	6	35%	5	29%	6	35%	3	18%
Gusta Moderadamente	5	29%	4	24%	6	35%	7	41%	10	59%
Ni gusta Ni Disgusta	6	35%	6	35%	3	18%	3	18%	4	24%
Disgusta Moderadamente	2	12%	1	6%	2	12%	1	6%	0	0%
Disgusta Mucho	0	0%	0	0%	1	6%	0	0%	0	0%
TOTAL	17	100%	17.00	100%	17.00	100%	17.00	100%	17.00	100%

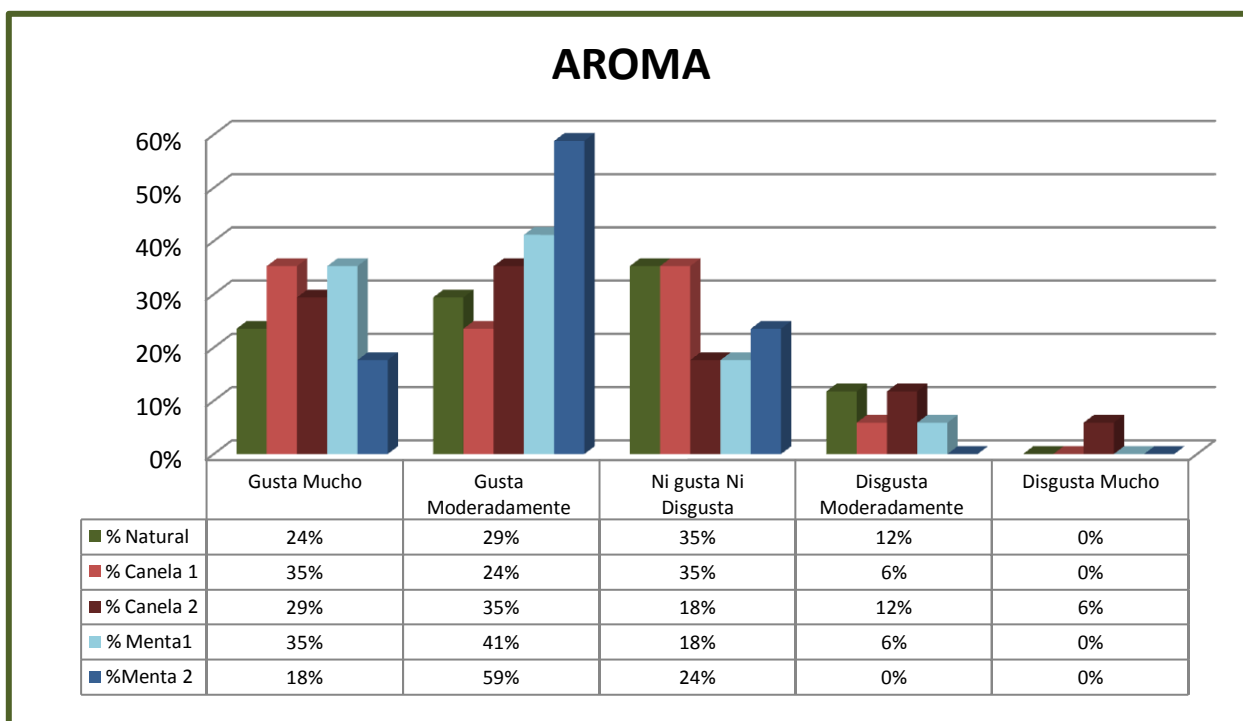


Figura 4.14 Representación gráfica de los datos para la evaluación del aroma de las infusiones a base de Stevia en sus diferentes presentaciones (natural, menta y canela)

4.7 Análisis de resultados para las pruebas hedónicas

Una vez obtenidos los resultados de las dos pruebas hedónicas se prosiguió a determinar las muestras que serían sometidas a las siguientes etapas de caracterización y determinación de la vida útil de las infusiones por lo que fue necesario determinar cuáles tenían mayor grado de aceptabilidad en las dos pruebas realizadas a diferentes concentraciones de extractos canela, menta y también la infusión sabor natural.

a) Primera prueba hedónica

Cuadro 4.18 Grado de aceptabilidad de las muestras en la primera prueba hedónica.

SE ACEPTA			
	S98: Natural	R93 Canela	F76: Menta
APARIENCIA	15%	14%	14%
COLOR	12%	16%	16%
OLOR	9%	16%	15%
SABOR	12%	17%	12%
AROMA	11%	14%	15%
TOTAL	60%	77%	71%
NO SE ACEPTA			
	S98: Natural	R93 Canela	F76: Menta
APARIENCIA	5%	6%	6%
COLOR	8%	4%	4%
OLOR	11%	4%	5%
SABOR	8%	3%	8%
AROMA	9%	6%	5%
TOTAL	40%	23%	29%

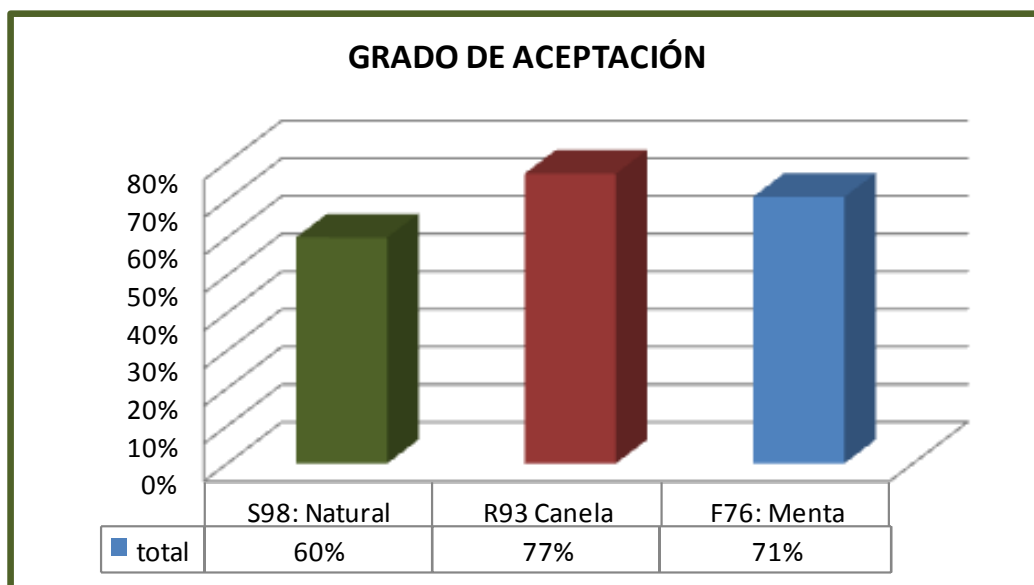


Figura 4.15 Representación gráfica de los datos para el grado de aceptación de la primera prueba hedónica

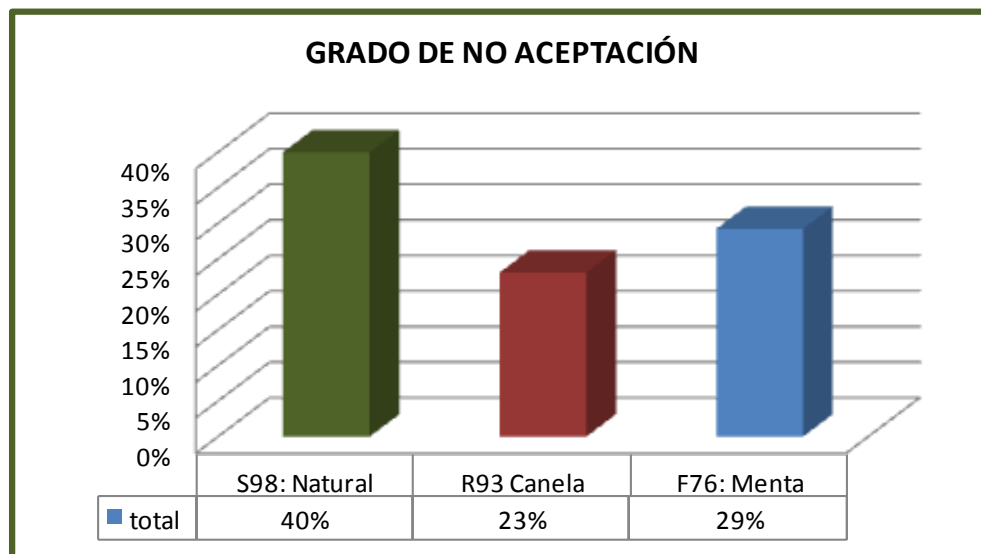


Figura 4.16 Representación gráfica de los datos para el grado de no aceptación de la primera prueba hedónica

b) Segunda prueba hedónica

Cuadro 4.19 Grado de aceptabilidad de las muestras en la segunda prueba hedónica

SE ACEPTA					
	natural	canela 1	canela 2	menta 1	menta 2
APARIENCIA	6%	15%	16%	14%	14%
COLOR	9%	15%	18%	12%	18%
OLOR	12%	11%	7%	15%	16%
SABOR	7%	13%	13%	12%	13%
AROMA	11%	12%	13%	15%	15%
TOTAL	45%	66%	67%	68%	76%
NO SE ACEPTA					
	natural	canela 1	canela 2	menta 1	menta 2
APARIENCIA	14%	5%	4%	6%	6%
COLOR	11%	5%	2%	8%	2%
OLOR	8%	9%	13%	5%	4%
SABOR	13%	7%	7%	8%	7%
AROMA	9%	8%	7%	5%	5%
TOTAL	55%	34%	33%	32%	24%

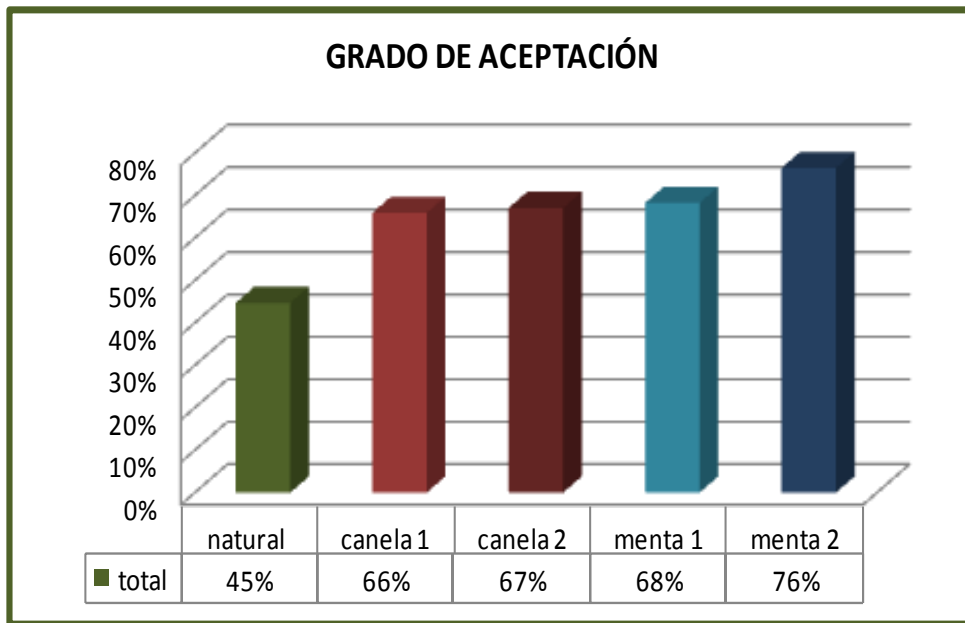


Figura 4.17 Representación gráfica de los datos para el grado de aceptación de la segunda prueba hedónica.

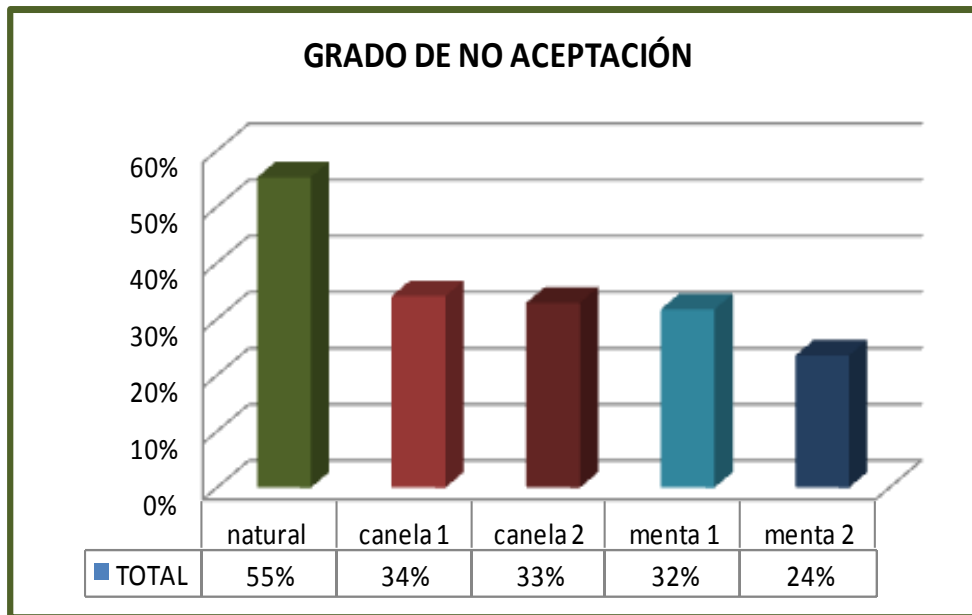


Figura 4.18 Representación gráfica de los datos para el grado de no aceptación de la segunda prueba hedónica.

4.8 Conclusión de los resultados obtenidos de las pruebas hedónicas

Según los resultados obtenidos durante las pruebas hedónicas se concluyó que las muestras que serán sometidas a la caracterización y determinación de la vida útil fueron las siguientes:

- a. Infusión a base de Stevia sabor a canela de mayor concentración de la segunda prueba sensorial.
- b. Infusión a base de Stevia sabor a menta de mayor concentración de la segunda prueba sensorial.
- c. Infusión a base de Stevia sabor natural.

5.0 DETERMINACION DE LA VIDA DE ANAQUEL DE LOS JARABES E INFUSIONES ELABORADOS A BASE DE *Stevia rebaudiana bertonii*.

La vida útil (VU) es un período en el cual, bajo circunstancias definidas, se produce una tolerable disminución de la calidad del producto. La calidad engloba muchos aspectos del alimento, como sus características físicas, químicas, microbiológicas, sensoriales, nutricionales y referentes a inocuidad. En el instante en que alguno de estos parámetros se considera como inaceptable el producto ha llegado al fin de su vida útil (Singh, 2000).

Este período depende de muchas variables en donde se incluyen tanto el producto como las condiciones ambientales y el empaque. Dentro de las que ejercen mayor peso se encuentran la temperatura, pH, actividad del agua, humedad relativa, radiación (luz), concentración de gases, potencial redox, presión y presencia de iones (Brody, 2003).

Para predecir la vida útil de un producto es necesario en primer lugar identificar y/o seleccionar la variable cuyo cambio es el que primero identifica el consumidor meta como una baja en la calidad del producto (Brody, 2003), por ejemplo, en algunos casos esta variable puede ser la rancidez, cambios en el color, sabor o textura, pérdida de vitamina C o inclusive la aparición de poblaciones inaceptables de microorganismos. Posteriormente es necesario analizar la cinética de la reacción asociada a la variable seleccionada, que depende en gran medida de las condiciones ambientales.

Es importante recalcar que la vida útil no es función del tiempo en sí, sino de las condiciones de almacenamiento del producto y los límites de calidad establecidos tanto por el consumidor como por las normas que rigen propiamente los alimentos (Labuza, 1982).

5.1 Factores que inciden en el deterioro de los alimentos

Las técnicas de conservación de alimentos siguen teniendo como primer objetivo la preservación de la calidad higiénica sanitaria de los productos, aunque sin perder de vista aspectos tan importantes como la preservación del valor nutricional o de la calidad sensorial de los alimentos (United States Department of Agriculture Food Safety and Inspection Service, 2003).

Durante su conservación, los productos alimenticios experimentan mayores o menores modificaciones, tanto en composición como en su calidad. El conocimiento y comprensión de estos mecanismos permite identificar los factores que tienen una influencia en su caducidad (United States Department of Agriculture Food Safety and Inspection Service, 2003).

Los factores que inciden en la alteración de las características de los alimentos se pueden agrupar como sigue (Casp / Abril, 1999).

- a) Actividad biológica propia del alimento y de los procesos químicos del entorno (cambios químicos o bioquímicos)
 - Pardeamiento enzimático
 - Pardeamiento no enzimático
 - Oxidación de lípidos
 - Desnaturalización de proteínas
 - Hidrólisis de polisacáridos y lípidos
 - Degradación o transformación de pigmentos
 - Contaminación por residuos
- b) Acciones físicas del entorno (transferencia de humedad y vapor de agua)
- c) Acción de organismos vivos (cambios microbiológicos)
- d) Acción de la luz
- e) Acción de la temperatura

5.1.1 Actividad biológica propia del alimento y de los procesos químicos del entorno

Los alimentos están compuestos por productos químicos y la mayoría de las materias primas son de origen biológico. Por ello es inevitable que ocurran ciertos cambios químicos o bioquímicos. Los más importantes son la oxidación, hidrólisis, pardeamiento enzimático y no enzimático y las interacciones entre el alimento y su envase. En el cuadro 5.1 se muestran algunos de estos cambios en diferentes alimentos. En la mayoría de los casos estos son indeseables excepto en el curado de quesos y la maduración de las frutas luego de su recolección (MOSSEL / Corry, 1998).

Cuadro 5.1 Cambios en la calidad de algunos alimentos debidos a reacciones químicas o bioquímicas.

Producto	Cambio químico/bioquímico	Afectación
Aceites y grasas	Oxidación lipídica	Rancidez
Carne fresca	Oxidación de los pigmentos	Cambio de color
Cereales fortificados	Oxidación de las vitaminas	Pérdida de valor nutritivo
Refrescos	Hidrólisis del aspartano	Pérdida de dulzor
Plátano de fruta	Pardeamiento enzimático	Con manchas negras en el exterior
Papa instantánea	Pardeamiento no enzimático	Pérdida de valor nutritivo
Jugos cítricos	Interacción alimento-envase	Sabores extraños

Ref.: (MOSSEL / Corry, 1998).

5.1.2 Acciones físicas del entorno

En muchos alimentos el agua es uno de los componentes principales. El agua no es sólo un medio para reacciones químicas y bioquímicas, sino que participa en algunas de ellas. Desde el punto de vista microbiológico es uno de los factores más críticos.

Por lo tanto la capacidad de aumentar o disminuir el contenido de humedad depende del mecanismo en que se realice la transferencia de vapor de agua (MOSSEL / Corry, 1998).

5.1.3 Acción de organismos vivos

En principio, todos los alimentos, en particular los que tienen más humedad, son sustratos ideales para el crecimiento bacteriano, el cual si es permitido será el causante de intoxicaciones alimentarias o deterioro del alimento (MOSSEL / Corry, 1998).

El estudio de las alteraciones de los alimentos causadas por los microorganismos ha sido muy estudiado llegando a documentar la caracterización de la microflora típica asociada a cada alimento durante el almacenamiento (MOSSEL / Corry, 1998).

Se ha desarrollado al respecto un concepto novedoso el de organismo específico alterante y por razones de conveniencia se han dividido en varios grupos:

- a. **Bacterias bacilares Gram negativas:** Las *Pseudomonas spp* es un ejemplo común especialmente en alimentos almacenados en ambiente aerobio y con un alto contenido de humedad y pH alto. La alteración en carne viene dada por la aparición de olores anormales.
- b. **Bacterias formadoras de esporas Gram positivas:** Son capaces de sobrevivir al tratamiento térmico.
- c. **Bacterias acidolácticas :** Estropean los alimentos fermentando los azúcares para producir ácido láctico y dióxido de carbono, bajando el pH y produciendo olores anormales.
- d. **Mohos y levaduras:** Aunque el término moho no está definido con precisión, la mayoría de los biólogos consideran como mohos los hongos pequeños, filamentosos, multinucleados y, en ciertos casos, pluricelulares. Muchos de ellos se reconocen en la apariencia algodonosa del micelio vegetativo.

- e. El organismo de los mohos está constituido por el micelio que es un agregado de filamentos filiformes o hifas. Estas hifas son de dos tipos funcionales:
 - i. Hifas vegetativas que penetran en el sustrato para absorber las sustancias nutritivas.
 - ii. Hifas fértiles (aéreas), que producen las células reproductoras.

Se cultivan sólo en medios ácidos, donde se desarrollan lentamente ya sea en forma de levaduras o de filamentos (Hifas y/o Micelios).

La identificación de los hongos depende en gran medida de caracteres morfológicos tales como el tipo y disposición de las esporas. Fisiológicamente, los mohos se adaptan a condiciones más severas que los otros microorganismos.

Por ejemplo los mohos se desarrollan en sustratos con concentraciones de azúcares que las bacterias no pueden tolerar, ya que los hongos no son tan sensibles a la presión osmótica elevada. Los mohos toleran y se desarrollan en concentraciones de acidez relativamente elevadas.

Soportan escalas de pH entre 2 a 9.0, pero el pH óptimo para casi todas las especies es de 5.0-6.0

Cuadro 5.2 Requerimientos fisiológicos y nutricionales de hongos y levaduras

Requerimientos fisiológicos y nutricionales de Hongos y bacterias comparados.		
Parámetro	Hongo	Bacterias
pH optimo	5.0 – 6.0	6.5-7.5
Temperatura óptima °C	22-30	20-30
Gases	Aerobios estrictos	Anaerobias o Aerobias
Luz	Ninguna	Algunos fotosintéticas
Concentración de azúcares en el medio	4 %	0.5-1 %
Carbono	Heterotróficos	Autotróficas o heterotróficas

Ref. : (MOSSEL / Corry, 1998).

Algunos mohos termófilos se desarrollan a 62°C. La glucosa es una fuente de carbono muy aprovechada por muchos mohos, otros azúcares como la sacarosa y la maltosa, así como muchos compuestos de carbono orgánico más complejos como el almidón y la celulosa son utilizados por muchas especies.

También necesitan para su desarrollo pequeñas cantidades de hierro, fósforo, potasio, zinc, cobre, manganeso y molibdeno. Algunas especies necesitan vitaminas.

Un grupo muy importante lo constituyen las levaduras, que son organismos monocelulares de formas muy variadas, desde esféricas, ovoides y elipsoidales hasta cilíndricas, alargadas y aún filamentosas. Su forma es una de las características más relevantes para distinguirlas.

5.1.3.1 Hongos fitopatógenos presentes en la planta *Stevia rebaudiana bertonii*.

Muestreos realizados por el Laboratorio de Fitopatología de la Universidad de Córdoba, Montería, en los cultivos de *Stevia*, han permitido determinar un complejo de hongos fitopatógenos que pueden ser limitantes de la producción si no se da un manejo adecuado de los mismos (Jarma-Orozco et al. 2003).

En dicho estudio se aislaron patógenos pertenecientes a los géneros *Fusarium*, *Sclerotium*, *Alternaria*, *Botryodiplodia*, *Colletotrichum*, *Cladosporium*, *Cercospora*, *Choanephora*, *Corinespora* y *Curvularia*; estos tres últimos no presentan reportes de incidencia en *Stevia* (Jarma-Orozco et al., 2003).

La determinación de estos patógenos muestra el riesgo potencial: eventualmente pueden presentarse de forma epidémica en el cultivo, estimulados por las condiciones de alta humedad ambiental, propias de la región, y por grandes extensiones del mismo, además se puede observar que la presencia de estos microorganismos pueden afectar en la elaboración de productos a base de *Stevia* en características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales.

Sin embargo, sus grados Brix no serán suficientes para mantener los productos estables por un periodo largo de tiempo, debido a que la estabilidad y conservación de los mismos depende en gran medida de su contenido de sólidos solubles y estos fueron disminuyendo en productos elaborados experimentalmente con *Stevia* contaminada con microorganismos (Jarma-Orozco et al., 2003).

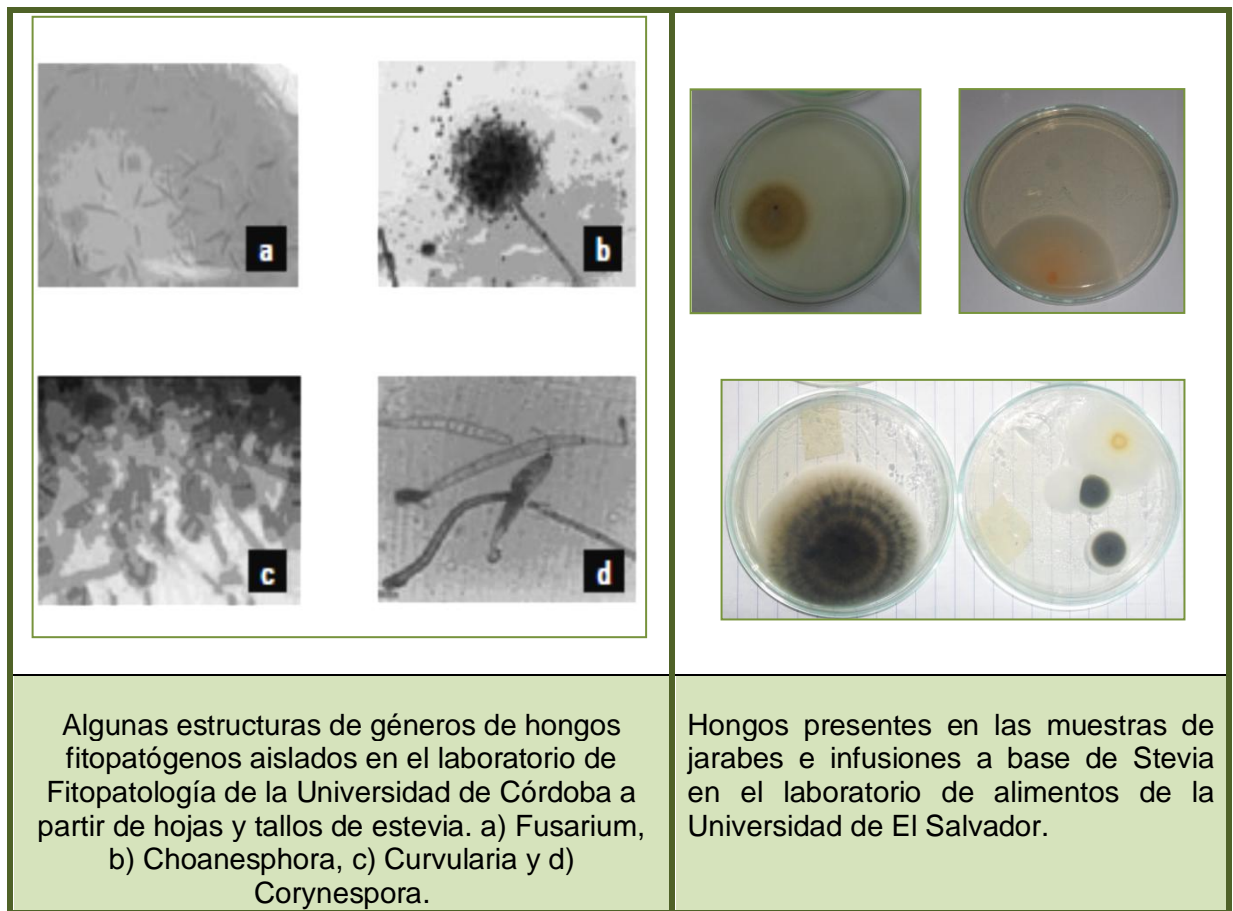


Figura 5.1 Comparación de estructuras de hongos presentes en plantas de Stevia rebaudiana bertonii.

Ref. :(Jarma-Orozco et al., 2003).

5.1.4 Acción de la temperatura

Indudablemente este es uno de los factores que más influyen en la caducidad de los productos alimenticios, aunque también de forma positiva en su conservación (DOWHAN / COLLINS, 2000).

5.2 Factores que influyen en la calidad de los alimentos

Los factores que influyen en la calidad de los alimentos se pueden clasificar en intrínsecos y extrínsecos. Los factores intrínsecos dependen de la composición del alimento: materias primas, composición y formulación del producto, actividad de agua, valor de pH, potencial Redox; mientras que los factores extrínsecos depende de la elaboración, higiene y almacenamiento (LABUZA / HYMAN, 1998). Seguidamente se relacionan y explican los factores intrínsecos:

a) **Materias primas**

Generalmente la calidad del producto final se asocia con la calidad de las materias primas, por ello es necesario identificar todos los parámetros que pueden influir y conocer su efecto (LABUZA / HYMAN, 1998).

b) **Composición y formulación del producto**

La composición del alimento es el factor individual más importante en el almacenamiento, por ejemplo los sólidos altos proporcionan en las mermeladas un período mayor de conservación, sin el empleo de conservantes.

Al igual un índice de 3,6% de acidez en los encurtidos les asegura una estabilidad y seguridad microbiológica (LABUZA / HYMAN, 1998).

c) **Actividad de agua (a_w)**

Expresa la disponibilidad de agua en una solución, cuando esta y la atmósfera están en equilibrio, la humedad relativa de esa atmósfera se denomina humedad relativa en equilibrio (HRE).

Los valores de la actividad de agua se han utilizado como indicador de la estabilidad de un alimento con respecto al potencial de crecimiento bacteriano, cambios químicos y bioquímicos y transferencias físicas (LABUZA / HYMAN, 1998).

d) Valor de pH

El valor de pH de un alimento varía dependiendo de su composición y formulación. Dado que tiene gran influencia en el almacenamiento debe ser controlado.

El valor de pH está muy relacionado con el crecimiento de microorganismos, aunque los valores documentados no son absolutos dado la complejidad de los alimentos. Este valor puede variar a lo largo de su conservación (WILSON / HIBBERD, 2000).

e) Potencial redox

Se define como la facilidad con la que un sustrato pierde o gana electrones. La oxidación implica la pérdida de electrones y en la medida que un elemento pierde electrones se oxida. También esto está relacionado con la disponibilidad de oxígeno, la cual afecta el potencial redox. Este potencial es clave para el crecimiento y supervivencia de los microorganismos y en todas aquellas reacciones que requieren oxígeno (WILSON / HIBBERD, 2000).

5.3 Vida Útil

Esencialmente, la vida útil de un alimento depende de cuatro factores principales: la formulación, procesado, empaque y condiciones del almacenamiento.

Sin embargo, si las condiciones posteriores de manipulación no son las correctas, entonces la vida útil de los mismos puede limitarse a un periodo menor que del cual haya sido establecido. Generalmente, un alimento perecedero (almacenado en condiciones apropiadas) tiene una vida útil media de 14 días siendo limitado en la mayoría de los casos por el decaimiento bioquímico (enzimático/senescencia) o el decaimiento microbiano.

Con las nuevas tecnologías de empaque en atmósfera modificada/controlada en condiciones asépticas, tales alimentos pueden durar hasta 90 días (3 meses) (Charm, 2007).

Un alimento semi-perecedero tiene una vida útil media de alrededor de 6 meses, tales como algunos quesos, mientras que los alimentos no perecederos tienen una vida útil superior a 6 meses y con una duración de hasta 3 años cuando son mantenidas bajo condiciones apropiadas de almacenamiento. Se pueden realizar las predicciones de vida útil mediante utilización de modelos matemáticos (útil para evaluación de crecimiento y muerte microbiana), pruebas en tiempo real (para alimentos frescos de corta vida útil) y pruebas aceleradas (para alimentos con mucha estabilidad) en donde el deterioro es acelerado y posteriormente estos valores son utilizados para realizar predicciones bajo condiciones menos severas (Charm, 2007).

5.3.1 Métodos para prolongar la vida útil (Charm, 2007)

Desde antaño han sido diferentes los métodos que se han empleado para prolongar la vida útil de los alimentos desde aquellos tales como la conservación en frío y/o la fermentación y que, con el paso del tiempo se han ido perfeccionando al tiempo que han surgido otros.

Se sabe que en la antigüedad ya los romanos empleaban las bajas temperaturas “Congelación” para prolongar la vida útil de sus alimentos mediante la conservación en vasijas que eran o bien recubiertas en hielo o directamente vertido en el interior de las mismas con el alimento incluido.

Así las cosas, desde el punto de vista del procesado de los alimentos, se puede encontrar diversos métodos que permiten obtener un producto final con unas cualidades nutricionales y de seguridad.

Tradicionalmente se han distinguido dos tipos de procesamiento de alimentos: aquellos que involucran tecnologías térmicas y los que involucran tecnologías no

térmicas (métodos más modernos para el procesamiento de alimentos o tecnologías emergentes), acompañados en todos los casos del empaçado que buscan favorecer la calidad de los alimentos preservando su vida útil.

5.3.2 Métodos para la estimación de la vida útil

La estimación de la vida útil de un alimento es un requisito fundamental, y esta debe figurar, salvo ciertas excepciones, en la etiqueta de los mismos. Es variada la metodología empleada para estimar la vida útil, algunos de estos métodos pueden parecer un tanto ortodoxos pero suelen ser válidos (Labuza, 1994).

Se encuentran frecuentemente tres tipos de metodologías ampliamente utilizadas para poder conocer la vida útil de un producto.

1. Determinación directa.(Condiciones normales)
2. Métodos Acelerados. (Condiciones de abuso).
3. Aplicación de ciertos principios de cinética de reacciones con respecto a una dependencia de temperatura

Particularmente los numerales dos y tres presentan limitaciones por lo que pueden combinarse, además estos modelos no siempre van a ser tan certeros pueden haber variaciones en los resultados obtenidos con los datos esperados por diversas razones que afectan en la práctica.

Los métodos que son basados en cinética de reacciones pueden ser.

1. Orden de la Reacción
2. Ecuación de Arrhenius
3. Gráfica de vida útil/factor Q_{10}

5.3.3 Empleos de valores de referencia

La vida útil de un nuevo producto puede estimarse basándose en los datos publicados en diferentes bases de datos tales como las del ejército de los EE.UU. o por Labuza en: Shelf-life dating of foods (1982), pero el problema en este caso es que estos datos son muy limitados, por lo que no tienen información adicional salvo para productos similares, además, la mayoría de estos datos tienen derecho de autor y no pueden ser usados para la predicción de la vida útil, salvo dentro de la misma empresa para líneas similares sin necesidad de realizar pruebas experimentales (Labuza, 1994).

5.3.4 Estimación mediante asignación de “Turn Over”

Una segunda aproximación para estimar la vida útil es el uso de tiempos de distribución conocidos para productos similares, mediante el análisis de la información de las etiquetas de los mismos. En este caso tampoco se requiere de comprobación previa si se está seguro de tomar este riesgo. Si se está empezando a desarrollar un nuevo producto, puede necesitarse en este caso datos para determinar el tiempo de almacenamiento en condiciones caseras reales para conseguir una buena estimación de la vida útil. Si no existe ningún producto similar en el mercado, este método no puede usarse (Labuza, 1994).

5.3.5 Pruebas de vida útil a tiempo real

Este tipo de pruebas evalúa el efecto de la temperatura “normal” de conservación sobre las propiedades microbiológicas, físico-químicas y sensoriales de un alimento durante un periodo de tiempo, entendiéndose como temperatura normal aquella que será empleada durante la conservación comercial del producto.

Para la determinación de la vida útil de un alimento deberán considerarse las variables microbiológicas, físico-químicas y sensoriales que mayor influencia tendrán sobre la calidad del producto (Labuza, 1994).

5.3.6 Pruebas de aceleración de la vida útil (ASTL) (Charm, 2007)

Las pruebas de aceleración de la vida útil es quizá la metodología más empleada hoy día para calcular la vida útil de un alimento no perecedero o estable (alimentos esterilizados como por ejemplo los enlatados).

En esta técnica, se pretende estudiar varias combinaciones de producto/empaque acabados bajo diferentes condiciones de abuso de temperatura, examinando el producto periódicamente hasta el fin de la vida útil.

Los resultados obtenidos se usan para proyectar la vida útil del producto bajo las verdaderas condiciones de almacenamiento. Algunas empresas manejan base de datos de multiplicación microbiana obtenidos del trabajo y la experiencia previa, los cuales emplean para obtener la vida útil real a partir de los resultados encontrados en estas condiciones de abuso de temperatura.

Esta técnica se basa en la aplicación de la cinética de la velocidad de Arrhenius, el cual establece que la velocidad de las reacciones químicas se duplica aproximadamente por cada 10°C de aumento de la temperatura.

Sin embargo, antes de establecer una sentencia final sobre la validez o exactitud de predicción para una aplicación particular, es necesario examinar una serie general de factores que influyen sobre la vida útil del producto. Estos incluyen:

- a. Propiedades estructurales / mecánicas de los alimentos.
- b. Propiedades extrínsecas tales como la temperatura, Humedad relativa, atmósfera gaseosa, etc.
- c. Características intrínsecas como el pH, aw, disponibilidad de nutrientes, potencial redox (Eh), presencia de antimicrobianos, etc.
- d. Las interacciones microbianas.
- e. Factores relativos al proceso de elaboración, mantenimiento y manipulación final.

Este método no está exento de problemas. Debe tenerse cautela en la interpretación de los resultados obtenidos y su extrapolación a otras condiciones. Por ejemplo cuando se prueba una relación producto/empaque, este empaque también tiene influencia sobre la vida útil y por tanto si se modifica el empaque con permeabilidades diferentes al oxígeno, agua, anhídrido carbónico durante el almacenamiento verdadero (almacenamiento comercial), la vida útil del producto se tornará desconocida; y los resultados anteriores no pueden ser aplicables.

Si las condiciones de ASLT son escogidas de forma apropiada, y se usan los algoritmos adecuados para la extrapolación, entonces la vida útil bajo cualquier distribución conocida puede ser predecible.

5.3.6.1 Cinética química (O. Levenspiel, 1987)

La cinética química trata principalmente del estudio de la velocidad, considerando todos los factores que influyen sobre ella y explicando la causa de la magnitud de esa velocidad de reacción.

Dado que el modo de expresar las leyes cinéticas depende, en gran parte, del tipo de reacción que se va a efectuar, estudiaremos, en primer lugar, la clasificación de las reacciones químicas.

En la Ingeniería de las reacciones químicas probablemente el esquema más útil es el que resulta de dividir las, de acuerdo con el número y tipo de fases implicadas, en dos grandes grupos: *sistemas homogéneos* y *heterogéneos*.

Una reacción es homogénea si se efectúa solamente en una fase, y es heterogénea si, al menos, se requiere la presencia de dos fases para que transcurra a la velocidad de reacción.

La velocidad de una reacción química puede estar afectada por diversas variables. En los sistemas homogéneos las variables son la temperatura, la presión y la composición, mientras que en los sistemas heterogéneos, como está presente más de una fase, el problema será más complejo.

I. Cinética de las reacciones homogéneas (O. Levenspiel, 1987)

En las reacciones homogéneas todas las sustancias reaccionantes se encuentran en una sola fase: gaseosa, líquida o sólida. Por otra parte, si la reacción está catalizada, el catalizador también ha de estar presente en la misma fase.

Aunque la velocidad de reacción puede definirse de diversas formas, en los sistemas homogéneos se emplea casi exclusivamente la medida intensiva basada en la unidad de volumen de fluido reaccionante. En este apartado estudiamos las formas de esta relación funcional y basándonos en la teoría química consideramos sucesivamente la influencia de la composición y la temperatura sobre la velocidad de reacción, así como la predicción de velocidades de reacción.

Para encontrar la relación entre la velocidad de reacción y la concentración, hemos de distinguir diversos tipos de reacciones; esta distinción se basa en la forma y en el número de las ecuaciones cinéticas utilizadas para describir el transcurso de la reacción. Como estamos considerando el factor de la ecuación cinética que depende de la concentración, supondremos que la temperatura del sistema permanece constante.

II. Molecularidad y orden de reacción. (O. Levenspiel, 1987)

La molecularidad de una reacción elemental es el número de moléculas que intervienen en la reacción, y se ha encontrado que puede valer uno, dos y, en ocasiones, tres. Obsérvese que la molecularidad se refiere solamente a una reacción elemental. Frecuentemente encontramos que la velocidad con que transcurre una reacción en la que intervienen las sustancias A, B, D puede darse aproximadamente por una expresión del tipo siguiente:

$r_A = kC_A^a C_B^b \dots G^d$, $a + b + \dots + d = n$ donde a, b, \dots, d no han de estar necesariamente relacionados con los coeficientes estequiométricos.

El **orden de reacción** es el exponente a que están elevadas las concentraciones. Como el orden se refiere a expresiones cinéticas determinadas experimentalmente, no tiene por qué ser un número entero, mientras que la molecularidad de una reacción ha de expresarse por un número entero. Ya que se refiere al mecanismo de reacción y puede aplicarse solamente a una reacción elemental.

Cuadro 5.3 Dependencia con el orden de reacción de las unidades de la constante de velocidad y de la función de la concentración que expresa kt.

Orden de reacción	Unidades de la constante de velocidad	Función de la concentración igual a kt
0: orden cero	$\text{mol dm}^{-3} \text{s}^{-1}$	x
1: primer orden	s^{-1}	$\ln\{a/(a-x)\}$
2: segundo orden	$\text{dm}^3 \text{mol}^{-1} \text{s}^{-1}$	$\frac{x}{a(a-x)}$
3: tercer orden	$\text{dm}^6 \text{mol}^{-2} \text{s}^{-1}$	$\frac{a^2 - (a-x)^2}{2a^2(a-x)^2}$

Ref. : (Alvarado, J.D, 1996)

Cuadro 5.4 Representación de ecuaciones, tanto en su forma diferencial como integral, para distintos sistemas químicos.

Orden	Ecuación cinética diferencial	Ecuación cinética integral
0	$\frac{dx}{dt} = k$	$Kt = x$
1	$\frac{dx}{dt} = k(a-x)$	$kt = \ln \frac{a}{a-x}$
2	$kt = \frac{x}{a(a-x)}$	$kt = \frac{x}{a(a-x)}$
3	$\frac{dx}{dt} = k(a-x)^3$	$kt = \frac{1}{2} \frac{2ax - x^2}{a^2(a-x)^2}$

Ref. : (Alvarado, J.D, 1996)

III. Ecuaciones de primer orden. (Alvarado, J.D, 1996)

La ecuación de velocidad correspondiente a un sistema elemental de primer orden es:

$$-\frac{d[A]}{dt} = K[A] \quad ; \text{ separando variables:}$$

$$-\frac{d[A]}{dt} = Kdt$$

los límites de integración para este caso son los siguientes:

$$t= 0 \quad [A] = [A_0]$$

$$t= t \quad [A] = [A]$$

por lo tanto podemos escribir:

$$-\int_{[A_0]}^{[A]} \frac{d[A]}{dt} = K \int_0^t dt \quad , \text{ resolviendo la integral}$$

$$-\ln[A]_{[A_0]}^{[A]} = K[t]_0^t \quad , \text{ operando nos queda}$$

$$-\ln[A] - \ln[A_0] = K[t - 0]$$

$$\ln[A] = \ln[A_0] - Kt \quad , \text{ o bien en forma exponencial}$$

$$[A] = [A_0] e^{-Kt} \quad \text{Ec. (5.1)}$$

Por lo tanto obtenemos una exponencial decreciente para la evolución de la concentración con el tiempo del reactivo [A]; cuando la cinética es de orden uno. En la Fig. 5.2 se representa gráficamente los resultados obtenidos.

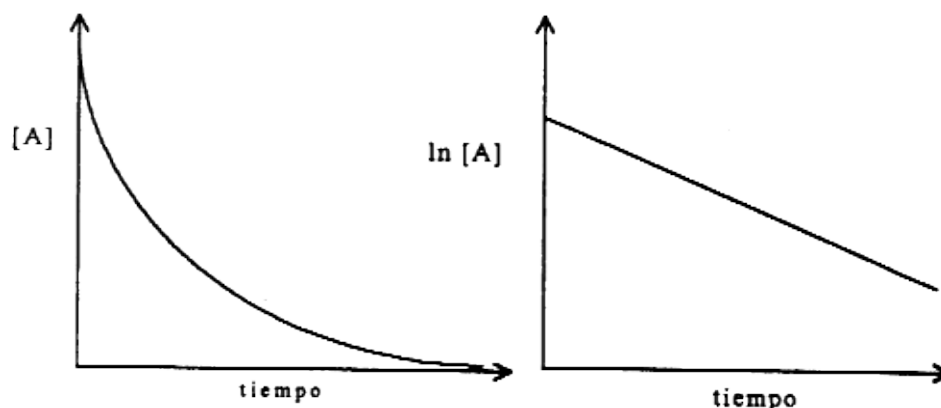


Figura 5.2 Representación gráfica de ecuaciones de primer orden.

Un método equivalente de expresar la ecuación de velocidad es utilizar la notación de x , donde x es la concentración de reactivo que ha reaccionado en un tiempo t .

$$-\frac{d[A]}{dt} = K[A]; \quad -\frac{d[a-x]}{dt} = K[a-x]; \quad \frac{dx}{dt} = K(a-x)$$

Separando variables e integrando la ecuación nos queda:

$$\int_0^x \frac{dx}{[a-x]} = \int_0^t K dt$$

$$\ln[a-x]_0^x = K[t]_0^t; \quad [-\ln[a-x] + \ln a] = Kt$$

Operando la expresión nos queda:

$$\ln \frac{a}{[a-x]} = Kt \quad ; \text{ o expresada en logaritmos decimales:}$$

$$\log \frac{a}{[a-x]} 2.303 = Kt \quad ; \text{ de aquí se deduce que:}$$

$$\log[a-x] = \log a - \frac{Kt}{2.303} \quad \text{Ec. (5.2)}$$

Ahora bien si existe una degradación de la concentración podemos emplear la siguiente metodología de reacción:

$$\int_{C_0}^C \frac{dC}{C} = -k \int_0^t dt$$

$$\ln \frac{C}{C_0} = -kt \quad \text{Ec. (5.3)}$$

Ecuación de primer orden para la degradación de la concentración.

Donde:

K: Constante de velocidad de degradación o disminución de la concentración.

C: Concentración al tiempo t.

C₀: Concentración inicial.

t : tiempo.

Aplicando la ley de los logaritmos tenemos y separando los términos la siguiente ecuación:

$$\ln C = kt + \ln C_0 \quad \text{Ec. (5.4)}$$

Donde:

LnC: logaritmo natural de la concentración al tiempo t

K: Constante de velocidad de degradación o disminución de la concentración.

LnC₀: Concentración inicial.

t : tiempo.

Para el cálculo de la constante de velocidad aplicada a la ecuación de de Arrhenius tenemos para una concentración inicial del cien por ciento la siguiente ecuación.

$$\ln (100 (C/Co)) = A' - kt ; \text{ constante de velocidad de Arrhenius. Ec. (5.5)}$$

Donde

C: constante residual a un tiempo t.

Co: concentración inicial.

A': logaritmo natural de 100

k : constante de velocidad de reacción.

El periodo de vida media de una reacción, es el tiempo que tarda la concentración inicial en reducirse a la mitad, por tanto también se le llama “vida media” del reactante.

Esto se puede aplicar para el cálculo del tiempo al periodo de vida media de la concentración inicial.

Utilizando el concepto de vida media de la reacción podemos calcular el orden de reacción a través de los tiempos de vida media y las concentraciones medias por medio de la siguiente ecuación:

$$n = \left[\frac{\log(t_3 - t_2) - \log(t_2 - t_1)}{\log A_1 - \log A_2} \right] + 1 \quad \text{Ec. (5.6)}$$

Donde

n: orden de reacción

t₁: tiempo inicial (seg)

t₂: tiempo a la primera vida media de la concentración inicial.

t₃: tiempo a la segunda vida media de la concentración inicial.

A₁: log base 10 de la primera vida media.

A₂: log base 10 de la segunda vida media.

IV. Efecto de la temperatura en el cálculo de la velocidad de reacción. (LABUZA / HYMAN, 1998).

El efecto de la temperatura puede ser evaluado a través de la ecuación de Arrhenius o empleando el coeficiente Q_{10}

$$K = A. e^{\left(\frac{-E_a}{RT}\right)} \text{ Ec. (5.7)}$$

Donde:

K = Constante de velocidad.

A = Factor preexponencial.

E_a = Energía de activación.

R = Constante universal de los gases.

T = Temperatura.

Si se grafica tiempo (t) para alcanzar un nivel de deterioro a determinada temperatura (T), se encuentra que existirá una curva para cada reacción típica en la que en toda la región entre la curva y el eje representa la aceptación del producto y por ende el resto la región de rechazo.

El factor Q_{10} representa una forma rápida de evaluar este efecto, pues es una relación entre las constantes de velocidad a dos temperaturas separadas entre sí 10°C. Si se grafica tiempo (t) para alcanzar un nivel de deterioro a determinada temperatura (T), se encuentra que existirá una curva para cada reacción típica en la que en toda la región entre la curva y el eje representa la aceptación del producto y por ende el resto la región de rechazo.

El factor Q_{10} representa una forma rápida de evaluar este efecto, pues es una relación entre las constantes de velocidad a dos temperaturas separadas entre sí 10°C.

$$Q_{10} = \frac{KT_1}{KT_2 + 10} \text{ Ec. (5.8)}$$

El inconveniente es que Q_{10} puede cambiar a medida que varía la temperatura y por lo tanto su validez es solo para un rango de temperatura.

5.3.7 Recuento total de mohos y levaduras

(PRT-712.02-048, Procedimiento Enumeración de levaduras y mohos en alimentos BAM online, 2009)

Para el recuento total de mohos y levaduras se utilizó el procedimiento descrito a continuación.

A. Procedimiento de siembra en medio PCA por placa invertida para las muestras en estudio.

1. Para el jarabe envasado, se homogenizó antes de abrir y luego se utilizó la técnica aséptica para abrir el envase.
2. Tomar una alícuota de 10 ml en una probeta estéril.
3. Transferir 10 ml de muestra a un erlenmeyer con el contenido 90 ml de agua peptonada estéril (dilución 10^{-1}).
4. Hacer dilución 10^{-2} , tomando una alícuota de 1 ml de de la dilución 10^{-1} y verter en un tubo que contiene 9 ml de agua peptonada estéril (dilución 10^{-2}).
5. Transferir 1 ml de las diluciones 10^{-1} y 10^{-2} a placas petri estériles, previamente rotuladas con la dilución a verter y el producto en análisis, por duplicado.
6. Agregar de 10 a 15 ml de Papa Dextrosa Agar (PDA), previamente fundido y enfriado a $45^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$. Dejar escapar los vapores y esperar de 10 a 15 minutos o hasta que el medio solidifique.
7. Incubar en posición invertida a temperatura ambiente por 5 días.
8. Observar crecimiento
9. hacer recuento total.

Además de agregar una solución bactericida para evitar la presencia de bacterias en el recuento que pueden ser confundidas con las levaduras.

B. Cálculo y expresión de resultado

- i. Registre los resultados basados en el promedio del recuento en duplicado de la dilución seleccionada y multiplique por el correspondiente factor de dilución.
- ii. Aproxime el valor a dos cifras significativas. Si el tercer dígito es 6, 7, 8 o 9 adicionar una unidad al segundo dígito. Si el tercer dígito es 1, 2, 3 o 4 considerar solamente los dos primeros dígitos. Cuando el tercer dígito es 5, agregar una unidad al segundo dígito si este es impar y mantener el segundo dígito si este es par.
- iii. Multiplique por la correspondiente potencia de 10.

C. INFORME

- i. Informe los resultados en unidades formadoras de colonias (UFC)/ml basado en el promedio de las tres placas de la dilución del recuento.
- ii. Cuando las placas de todas las diluciones no tienen colonias, informe como < 1 por la menor dilución utilizada.

5.3.8 Preparación de la solución bactericida

Colocar en 50 ml de agua estéril a temperatura ambiente una tetraciclina de 500mg agitar bien la solución, agregar 1ml de la solución bactericida a 200ml de Papa Dextrosa Agar (PDA) ya estéril antes de realizar la siembra.

5.4 Determinación de vida útil de infusiones a base de Stevia rebaudiana bertonii a condiciones normales

Para la determinación de la vida útil de las infusiones se tomaron en cuenta las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales de las muestras de

mayor aceptabilidad obtenidas en la segunda prueba del análisis sensorial, que se presentan a continuación:

1. Infusión a base de Stevia sabor natural (sin filtrar) con el código S98.
2. Infusión a base de Stevia sabor a canela (filtrado) con el código G32.
3. Infusión a base de Stevia sabor a menta (filtrado) con el código M25.

Las muestras fueron almacenadas a la temperatura de refrigeración (10°C), envasadas asépticamente y al vacío, durante un periodo de 15 días o más aproximadamente.

Además cabe mencionar que las muestras sabor a canela y sabor a menta fueron filtradas por un filtro de carbón activado que se presenta en el Anexo F donde se eliminan partículas entre 0.5–1 µm de tamaño incluidas bacterias, hongos o levaduras o cualquier microorganismo de ese tamaño de partícula.

El filtro de carbón activado también disminuyó el pH de las muestras por lo que puede afectar en la determinación de la vida útil de las infusiones, también cabe mencionar que ninguna de las tres presentaciones de infusiones contienen preservantes.

Seguidamente se presentan los datos de los parámetros medidos durante el tiempo de vida útil de las infusiones los cuales se midieron cada tres días por utilizarse un método de estimación de la vida útil a tiempo real.

Además es importante mencionar que el refractómetro utilizado durante la investigación no logró detectar los sólidos solubles disueltos en la solución por ser una concentración poco concentrada.

Cuadro 5.5 Resultados obtenidos durante el recuento total de mohos y levaduras de las infusiones en estudio.

Día	Repeticiones	Natural (S98)		Canela (G32)		Menta (M25)	
		10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻¹	10 ⁻²
0	1	29	3	25	2	28	3
0	2	10	1	15	2	13	3
3	1	46	5	48	4	38	4
3	2	20	2	22	3	12	3
6	1	50	7	52	5	60	7
6	2	28	2	30	3	41	3
9	1	51	9	60	4	98	9
9	2	29	3	38	7	43	5
12	1	112	12	78	8	104	10
12	2	64	5	52	5	60	6
15	1	350	50	99	6	114	12
15	2	194	20	60	10	68	7
18	1	-	-	200	19	264	18
18	2	-	-	98	11	135	22

5.4.1 Procedimiento para el recuento de mohos y levaduras de las infusiones (PRT-712.02-048, Procedimiento Enumeración de levaduras y mohos en alimentos BAM online, 2009)

Si los recuentos de las placas de dos diluciones consecutivas caen dentro del rango 1-350 colonias calcular el RAM según la siguiente fórmula:

$$N = \frac{\sum C}{[(1 \times n1) + (0.1 \times n2)] \times d}$$

Donde:

N = número de colonias por ml o g de producto.

Σ C = suma de todas las colonias contadas en todas las placas.

n1 = número de placas contadas de la menor dilución.

n2 = número de placas contadas de la dilución consecutiva.

d = dilución de la cual fue obtenido el primer recuento.

Por ejemplo para la primera medición de la infusión sabor natural, canela y menta tenemos:

$$N_{Natural(S98)} = \frac{29+10+3+1}{[(1 \times 2)+(0.1 \times 2)] \times 0.1} = \mathbf{200 \text{ UFC/ml}}$$

$$N_{Canela(G32)} = \frac{25+15+2+2}{[(1 \times 2)+(0.1 \times 2)] \times 0.1} = \mathbf{200 \text{ UFC/ml}}$$

$$N_{Menta(M25)} = \frac{28+13+3+3}{[(1 \times 2)+(0.1 \times 2)] \times 0.1} = \mathbf{250 \text{ UFC/ml}}$$

Cuadro 5.6 Hoja de registro para la determinación de la Vida Útil de la infusión sabor natural.

Infusión a base de Stevia sabor natural (S98)				
Tiempo (días)	° Brix	pH	Recuento de mohos y levaduras	Análisis sensorial
0	No Detectables	7.97	200	Olor fuerte a hierba de Stevia, color verde musgo poco translúcido, sabor dulce persistente.
3	No Detectables	7.89	340	Olor fuerte a hierba de Stevia, color verde musgo poco translúcido, sabor dulce persistente.
6	No Detectables	7.204	420	Olor fuerte a hierba de Stevia, color verde musgo poco translúcido, sabor dulce persistente.
9	No Detectables	6.94	500	Olor fuerte a hierba de Stevia, color verde musgo poco translúcido, sabor dulce persistente.
12	No Detectables	6.889	870	Olor fuerte a hierba de Stevia, color verde musgo poco translúcido, sabor dulce persistente.
15	No Detectables	6.846	3,200	Sabor y olor a descomposición, presencia de microorganismos.
18	No Detectables	6.786	DNPC	-

Cuadro 5.7 Hoja de registro para la determinación de la Vida Útil de la infusión sabor a canela.

Infusión a base de Stevia sabor a canela (G32)				
Tiempo (días)	° Brix	pH	Recuento de mohos y levaduras	Análisis sensorial
0	No Detectables	5.529	200	Olor fuerte a hierba de Stevia, color verde musgo poco translúcido, sabor dulce persistente.
3	No Detectables	5.349	350	Olor fuerte a hierba de Stevia, color verde musgo poco translúcido, sabor dulce persistente.
6	No Detectables	5.202	400	Olor fuerte a hierba de Stevia, color verde musgo poco translúcido, sabor dulce persistente.
9	No Detectables	5.01	520	Olor fuerte a hierba de Stevia, color verde musgo poco translúcido, sabor dulce persistente.
12	No Detectables	4.94	650	Olor fuerte a hierba de Stevia, color verde musgo poco translúcido, sabor dulce persistente.
15	No Detectables	4.812	800	Olor fuerte a hierba de Stevia, color verde musgo poco translúcido, sabor dulce persistente.
18	No Detectables	4.789	1500	Sabor y olor a descomposición, presencia de microorganismos.

Cuadro 5.8 Hoja de registro para la determinación de la Vida Útil de la infusión sabor a menta.

Infusión a base de Stevia sabor a menta (M25)				
Tiempo (días)	° Brix	pH	Recuento de mohos y levaduras	Análisis sensorial
0	No Detectables	5.571	250	Olor fuerte a hierba de Stevia, color verde musgo poco translúcido, sabor dulce persistente.
3	No Detectables	5.45	300	Olor fuerte a hierba de Stevia, color verde musgo poco translúcido, sabor dulce persistente.
6	No Detectables	5.378	500	Olor fuerte a hierba de Stevia, color verde musgo poco translúcido, sabor dulce persistente.
9	No Detectables	5.302	700	Olor fuerte a hierba de Stevia, color verde musgo poco translúcido, sabor dulce persistente.
12	No Detectables	5.277	810	Olor fuerte a hierba de Stevia, color verde musgo poco translúcido, sabor dulce persistente.
15	No Detectables	5.163	920	Olor fuerte a hierba de Stevia, color verde musgo poco translúcido, sabor dulce persistente.
18	No Detectables	4.893	2,000	Sabor y olor a descomposición, presencia de microorganismos.

Cuadro 5.9 Determinación del tiempo de la vida útil de las infusiones en estudio.

INFUSIÓN SABOR NATURAL	
<p>Se observó presencia de mohos y levaduras a los 15 días después de ser elaborada, esto se debe a la presencia de mohos y levaduras que deterioran la calidad del producto, además de la falta de preservantes ya que la infusión es 100% natural. Por lo que se recomienda consumir la infusión los primeros días de ser elaborada.</p>	 <p>Día 0 Día 3 Día 6</p> <p>Día 9 Día 12 Día 18</p>
INFUSIÓN SABOR A CANELA Y SABOR MENTA	
<p>Se observó la presencia de mohos y levaduras en el día 18, cabe mencionar que al utilizar el filtro de carbón activado este aumenta la calidad de las infusiones ya que este elimina microorganismos entre 0.5 – 1 μm de tamaño. Las infusiones saborizadas no contienen ningún tipo de preservantes que ayude a su conservación por lo que se recomienda ingerir los primeros días de ser elaborada.</p>	

5.5 Determinación de vida útil del jarabe a base de stevia en función de la disminución de los ° Brix a través de las pruebas de aceleración de la vida útil.

Para determinar la vida útil del jarabe a base de Stevia, este fue sometido a condiciones anormales de almacenamiento en su embase original de vidrio color ámbar en su presentación de 17ml para las tres pruebas en estudio (prueba 1, prueba 2, prueba 3) con un total 18 muestras durante 15 días, estas se colocaron en una estufa a la temperatura de 40°C y colocando un recipiente con agua potable, para aumentar la humedad del ambiente a cien por ciento de la humedad relativa donde se almacenó. A cada prueba se le midieron los °Brix, el pH, factores sensoriales como el olor, el sabor y el color, además se realizó el recuento total de mohos y levaduras cada dos días descartando las muestras después de ser sometidas a la medición de los parámetros.

Los °Brix se midieron a través de un refractómetro de la marca ABBE y el pH por medio de un pHmetro Thermo Cientific calibrado según el rango de pH de las muestras. Posteriormente se presentan los valores de pH, °Brix, recuento de mohos y levaduras y análisis sensorial para cada una de las pruebas.

Cuadro 5.10 Resultados obtenidos durante el recuento total de mohos y levaduras de las infusiones en estudio.

Día	Repeticiones	Prueba 1		Prueba 2		Prueba 3	
		10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻¹	10 ⁻²
0	1	11	2	13	1	14	1
0	2	9	0	7	1	6	1
2	1	12	1	12	0	10	2
2	2	8	1	8	2	11	0
4	1	19	2	16	1	39	2
4	2	12	1	9	1	29	2
6	1	28	3	35	0	40	4
6	2	18	1	26	2	30	3
8	1	48	4	48	4	45	5
8	2	22	2	30	2	35	3
10	1	50	4	50	6	58	6
10	2	24	2	30	2	40	3
12	1	56	5	54	6	62	7
12	2	27	3	32	2	46	3

5.5.1 Procedimiento para el recuento de mohos y levaduras del jarabe

(PRT-712.02-048, Procedimiento Enumeración de levaduras y mohos en alimentos BAM online, 2009)

Si los recuentos de las placas de dos diluciones consecutivas caen dentro del rango 1-350 colonias calcular el RAM según la siguiente fórmula:

$$N = \frac{\sum C}{[(1 \times n1) + (0.1 \times n2)] \times d}$$

Donde:

N = número de colonias por ml o g de producto.

Σ C = suma de todas las colonias contadas en todas las placas.

n1 = número de placas contadas de la menor dilución.

n2 = número de placas contadas de la dilución consecutiva.

d = dilución de la cuál fue obtenido el primer recuento.

Por ejemplo para la primera medición del jarabe de las pruebas 1,2,3 tenemos:

$$N_{Prueba\ 3} = \frac{11+9+2+0}{[(1 \times 2)+(0.1 \times 2)] \times 0.1} = 100 \text{ UFC/ml}$$

$$N_{Prueba\ 2} = \frac{13+7+1+1}{[(1 \times 2)+(0.1 \times 2)] \times 0.1} = 100 \text{ UFC/ml}$$

$$N_{Prueba\ 1} = \frac{14+6+1+1}{[(1 \times 2)+(0.1 \times 2)] \times 0.1} = 100 \text{ UFC/ml}$$

Cuadro 5.11 Parámetros de análisis para la determinación de vida útil para la prueba 1.

PRUEBA 1				
Tiempo (horas)	° Brix	pH	Recuento de mohos y levaduras	Análisis sensorial
0	21	7.497	100	Olor, sabor y color característico
2	20	7.386	100	Olor, sabor y color característico
4	19	7.164	150	Olor, sabor y color característico
6	17	6.124	220	Olor, sabor y color característico
8	15	6.109	320	Olor, sabor y color característico
10	13	6.104	370	Olor, sabor y color característico
12	11	6.063	410	Olor y sabor a fermentado, presencia de microorganismos.

Cuadro 5.12 Parámetros de análisis para la determinación de vida útil para la prueba 2.

PRUEBA 2				
Tiempo (horas)	° Brix	pH	Recuento de mohos y levaduras	Análisis sensorial
0	20	5.776	100	Olor, sabor y color característico
2	19	5.665	100	Olor, sabor y color característico
4	18	5.237	120	Olor, sabor y color característico
6	16	4.998	250	Olor, sabor y color característico
8	14	4.987	350	Olor, sabor y color característico
10	12	4.978	400	Olor, sabor y color característico
12	10	4.958	420	Olor y sabor a fermentado, presencia de microorganismos

Cuadro 5.13 Parámetros de análisis para la determinación de vida útil para la prueba 3.

PRUEBA 3				
Tiempo (horas)	° Brix	pH	Recuento de mohos y levaduras	Análisis sensorial
0	20	7.536	100	Olor, sabor y color característico
2	19	7.425	110	Olor, sabor y color característico
4	18	7.21	270	Olor, sabor y color característico
6	16	6.939	350	Olor, sabor y color característico
8	14	6.039	400	Olor, sabor y color característico
10	12	6.012	470	Olor, sabor y color característico
12	10	5.935	520	Olor y sabor a fermentado, presencia de microorganismos

Una vez obtenidos los datos de las pruebas en estudio a condiciones aceleradas a una temperatura de 40 °C y el cien por ciento de la humedad relativa del ambiente en el que se almacenó, se determinó que el factor más representativo para la estimación del tiempo de vida útil del jarabe eran los sólidos solubles disueltos (°Brix), ya que al disminuir los °Brix estos afectan a la calidad del jarabe en varios aspectos significativos como el sabor del jarabe, el pH, además dan lugar a la aparición de microorganismos que descomponen el jarabe y afectan la calidad del producto.

Por lo que la disminución del °Brix responden a la cinética de reacción de hidrólisis de los glucósidos presentes en el jarabe y por lo cual se aplicará la ecuación de Arrhenius para la estimación de la vida útil del jarabe a base de Stevia.

5.5.2 Estudio de la disminución de los sólidos solubles (°Brix) del jarabe a condiciones aceleradas

Recordando que se realizó la prueba de estimación de la vida útil del jarabe a una temperatura de 40°C por 15 días y con humedad relativa de cien por ciento de almacenamiento y que el factor representativo de calidad son los sólidos disueltos (°Brix).

Para el cálculo de las constantes de velocidad se utilizará la ecuación **5.5** de la presente investigación para el cálculo de la constante de velocidad de Arrhenius según Alvarado J.D, 1996.

$$\ln (100 (C/Co)) = A' - kt \quad \text{Ec. (5.5)}$$

Donde:

$$Y = \ln (100 (C/Co))$$

$$kt + Co = A' - kt$$

Para la determinación de la velocidad de reacción primero se calcula la relación del logaritmo natural de las concentraciones a un tiempo t en segundos sobre la

concentración inicial a un tiempo cero los sólidos solubles disueltos, del promedio de las tres pruebas en estudio.

Ejemplo de cálculo de la constante de velocidad de reacción para un $t = 2$ horas pasado a segundos $t = 172,800$ segundos. Para una concentración promedio de C de 19.33333 sobre una concentración inicial C_0 de 20.3333.

Para un tiempo $t = \ln(100(C/C_0))$

Para un tiempo 172,800 segundos = $\ln(100(19.3333/20.3333)) = 4.5547$.

Cuadro 5.14 Determinación de la constante de velocidad de reacción $\ln(100(C/C_0))$ a través de la disminución de los ° Brix.

GRADOS BRIX						
tiempo (horas)	tiempo (seg)	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio	$\ln(100(C/C_0))$
0	0	21	20	20	20.3333333	4.6052
2	172,800	20	19	19	19.3333333	4.5547
4	345,600	19	18	18	18.3333333	4.5016
6	518,400	17	16	16	16.3333333	4.3861
8	691,200	15	14	14	14.3333333	4.2554
10	864,000	13	12	12	12.3333333	4.1052
12	11036,800	11	10	10	10.3333333	3.9283

Una vez calculados las constantes de velocidad de reacción del promedio de las pruebas para cada una de las concentraciones a un tiempo t se elabora la gráfica de la constante de la velocidad de reacción versus el tiempo para poder obtener la ecuación de la dispersión del gráfico y poder calcular así el orden de reacción y el tiempo de vida útil de las pruebas.

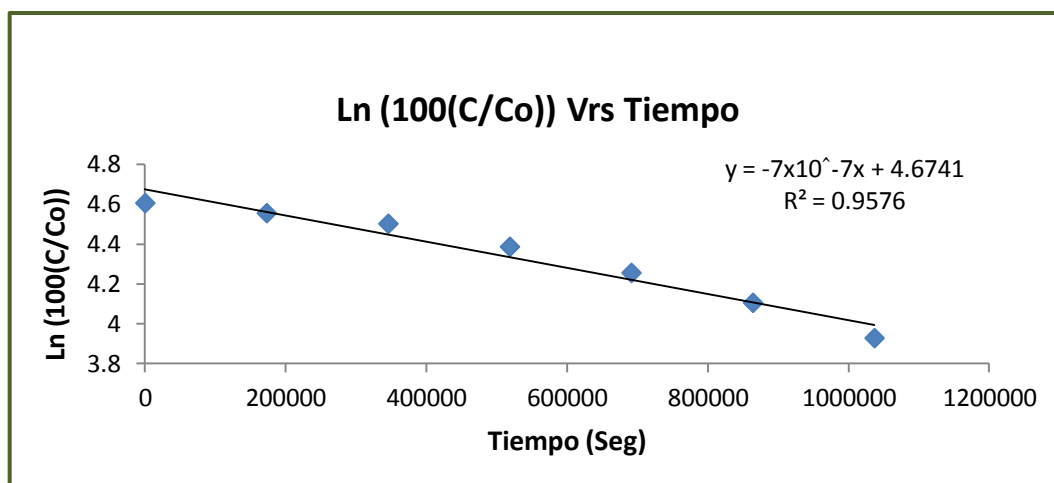


Figura 5.3 Constante de velocidad de reacción vrs tiempo

Una vez obtenida la ecuación de la constante de velocidad de reacción se sustituyó en la Ec. 5.4 de la presente investigación, luego se prosiguió a calcular el orden de reacción.

- **Cálculo de orden de reacción.**

Utilizando la ecuación 5.4 de J.D. Alvarado, 1996. Se determinó el orden de reacción de los datos obtenidos de la gráfica utilizando R^2 que sería el valor de r para determinar el tiempo de vida media.

$$\underbrace{\ln C}_{Y} = \underbrace{kt}_{-7 \times 10^{-07} t} + \underbrace{\ln C_0}_{4.6741} \quad \text{Ec. (5.4)}$$

del gráfico :

$$r = 0.9576 \approx 0.96$$

$$Y = -7 \times 10^{-07} t + 4.6741$$

Sustituyendo $Y = -7 \times 10^{-07} t + 4.6741$ en la **EC. (5.4)** tenemos:

$$\ln (C) = -7 \times 10^{-07} t + 4.6741 \quad \text{Ec. (5.9)}$$

Del gráfico sustituyendo los valores de la ecuación 5.4 tenemos:

$$r = 0.96$$

$$\ln(C_0) = 4.6741$$

$$k = -7 \times 10^{-07} \text{ t seg}^{-1}$$

para tener la concentración inicial aplicamos antilogaritmo natural de C_0

$$\text{anti } \ln(C_0) = 107.14$$

- **Cálculo de la vida media**

Para el cálculo de la vida media de la concentración inicial tenemos:

$$C_0 = 107.14$$

$$t_1 = \text{Tiempo inicial} = 0$$

$$\mathbf{1) \text{ Primer valor medio} = 107.14 / 2 = 53.57}$$

Aplicamos logaritmo base 10 al primer valor medio tenemos:

$$A_1 = \text{Log}(53.57) = 1.73$$

Cálculo del tiempo 2 sustituimos en la Ec. 5 el primer valor medio calculado despejamos t de la ecuación tenemos:

$$t_2 = \text{Tiempo}_2 = \ln(53.57) = -7 \times 10^{-07} t + 4.6741$$

$$t_2 = \text{Tiempo 2} = 9.9016 \times 10^5 \text{ seg.}$$

$$\mathbf{2) \text{ Segundo valor medio} = 53.57 / 2 = 26.79}$$

Aplicamos logaritmo base 10 al primer valor medio tenemos:

$$A_2 = \text{Log}(26.29) = 1.427$$

Cálculo del tiempo 3 sustituimos en la **Ec. 5.4** el primer valor medio calculado despejamos t de la ecuación tenemos:

$$t_3 = \text{Tiempo 3} = \ln(26.79) = -7 \times 10^{-07} t + 4.6741$$

$$t_3 = \text{Tiempo 3} = 1.9802 \times 10^6 \text{ seg.}$$

Una vez obtenidos los respectivos tiempos y logaritmos de las concentraciones se calcula el orden de reacción de las pruebas aplicando a ecuación 5.6 de Alvarado. J.D,1996.

$$n = \left[\frac{\log(T_3 - T_2) - \log(T_2 - T_1)}{\log A_1 - \log A_2} \right] + 1 \quad \text{Ec. (5.6)}$$

$$n = \left[\frac{\log(1.9802E06 - 9.9016E05) - \log(9.9016E05 - 0)}{\log(1.73) - \log(1.427)} \right] + 1$$

$n \approx 1$ (orden de reacción)

Dado que el valor obtenido de n es aproximadamente 1 y según información del cuadro 5.4 nos indica que la ecuación corresponde a la cinética de primer orden a la temperatura constantes de 40°C con un cien por ciento de humedad relativa y con la variación de la concentración de los sólidos solubles disueltos en la solución.

Una vez obtenido el orden de la reacción se prosigue a calcular el tiempo de vida útil estimado de las pruebas en estudio, utilizando la Ec. 5.4 de la presente investigación según Alvarado. J.D, 1996 de la siguiente manera.

• Cálculo del tiempo de vida útil

De la Ec. (5.4) sustituimos los valores k , $\ln C_0$ obtenidos en la gráfica al igual que el valor de R^2 .

$$\ln C = kt + \ln C_0$$

$$\ln(C) = -7E-07t + 4.6741$$

$$R^2 = 0.9576 \approx 0.96 = r$$

$$r = 0.96$$

$\ln(C_0) = 4.6741$ aplicando antilogaritmo a la concentración inicial tenemos:

$$\text{anti } \ln(C_0) = 107.14$$

$$k = -7 \times 10^{-7} \text{ t seg.}^{-1}$$

El valor recomendado para la comercialización y consumo presentes en los jarabes a base de Stevia en Sur Americana según SALUVID, 2009 es de 20 ° Brix, por lo que este valor se toma como parámetro para realizar los siguientes cálculos.

Sustituyendo el valor de los sólidos solubles disueltos en la solución recomendado por SALUVID, 2009. De 20 ° Brix en la Ec. 5.4 de Alvarado. J.D, 1996 tenemos:

$$\ln(20) = -7 \times 10^{-7} t + 4.6741$$

$$2.9957 = 7 \times 10^{-7} t + 4.6741$$

Despejando el tiempo de vida útil estimado de las pruebas en la ecuación de Arrhenius tenemos:

$$t = (2.9957 - 4.6741)$$

$$t = \frac{(2.9957 - 4.6741)}{-7 \times 10^{-7}}$$

$t = 2.3977 \times 10^6$ seg ; pasando el tiempo a días tenemos:

$$\mathbf{t = 27.75 \text{ días}}$$

Los resultados obtenidos determinan que el tiempo de vida útil estimado para el promedio de las pruebas en estudio del jarabe a base de Stevia, puede durar 28 días aproximadamente a condiciones normales de almacenamiento según la aplicación de la ecuación de Arrhenius.

Haciendo una comparación de tiempo de vida útil a condiciones aceleradas tenemos según las tablas 5.11, 5.12, y 5.13 el jarabe a base de Stevia dura 10 días aproximadamente a condiciones aceleradas mientras que con la estimación de la ecuación de Arrhenius el jarabe dura 28 días aproximadamente a condiciones normales de almacenamiento.

La disminución del pH ayuda al crecimiento de mohos y levaduras ya que al alimentarse de los carbohidratos presentes en el jarabe se generan cambios sensoriales en la disminución del sabor dulce y posteriormente ocasionan la descomposición del jarabe.

CONCLUSIONES

1. De acuerdo al análisis de mercado realizado en algunos de los supermercados de San Salvador, se observó que la mayor parte de edulcorantes son no calóricos de tipo sintéticos y en su mayoría son utilizados en la elaboración de productos de dieta y encontrándose una pequeña variedad de edulcorantes no calóricos naturales como la Stevia en presentación granulada.
2. Según los resultados del análisis bromatológico realizado en la Universidad de El Salvador, los nutrientes presentes en la hoja de Stevia rebaudiana bertonii son, el potasio, el calcio, el sodio, y con un porcentaje de 20.11% de proteína, y un 47.28 % de carbohidratos. Siendo estos de mayor importancia para la extracción de los esteviósidos y rebaudiósido que se utilizaron para la elaboración de las infusiones y el jarabe en la investigación.
3. En el análisis sensorial se observó que las infusiones saborizadas elaboradas con las concentraciones recomendadas por los proveedores, el grado de aceptación fue del 63%, por lo que se optó en realizar nuevas formulaciones a concentraciones menores, donde se notó un grado de aceptación del 65%; un porcentaje de aceptación mayor que en la primera prueba sensorial.
4. Los cambios acelerados pueden afectar directamente algunas características químicas, físicas y biológicas del jarabe cambiando el tiempo de vida útil real del jarabe, por lo que el valor obtenido puede variar según las condiciones aceleradas a las que sea sometido el jarabe.

RECOMENDACIONES

1. Realizar en El Salvador más investigaciones sobre las propiedades nutricionales y funcionales de la planta *Stevia rebaudiana bertonii* además de los beneficios que aporta a la salud de las personas con enfermedades como la diabetes, el sobrepeso; entre otras.
2. Utilizar el material residual obtenido en el proceso de elaboración de jarabes e infusiones como abono orgánico para las plantaciones del sector hortofrutícola ya que este abono además de promover el crecimiento de la planta, aumenta el porcentaje de dulzor y los atributos sensoriales de los frutos de las plantas.
3. Si se desea comercializar las infusiones y jarabes a base de *Stevia rebaudiana bertonii*, es recomendable utilizar preservantes que ayudan a alargar la vida útil de éstos productos. Aunque lo recomendable siempre es el consumo de productos al natural.
4. Para mejorar las propiedades organolépticas de las infusiones se recomienda utilizar un filtro de carbón activado ya que este retira compuestos orgánicos e inorgánicos de entre 0.5–1 μm de tamaño de la planta que interfieren en la percepción del sabor del extracto de canela y menta añadidos a las infusiones.
5. Se recomienda elaborar una normativa específica para jarabes e infusiones elaborados a base de *Stevia* y de otros edulcorantes no calóricos, en este estudio se encontró con la dificultad de no contar con una norma específica de referencia.

REFERENCIAS

Referencias bibliográficas

1. Alvarado, J.D (1996). "Principios de Ingeniería Aplicados a los Alimentos". Editorial. Secretaría General de la OEA en Ecuador. Quito, Ecuador.
2. BRODY, A.L. (2003). "Predicting Packaged Food Shelf Life. Food Technology."
3. Casp, A., Abril, J. (1999) "Proceso de conservación de los alimentos". Ediciones Mundi Prensa. España.
4. CHARM, S.E. (2007). "Food Engineering Applied to Accommodate Food Regulations, Quality and testing". Alimentos Ciencia e Ingeniería. Estados Unidos.
5. Dowham, A., Collins, P. (2000). "Colouring Our Foods in the Lost and Next Millennium". International Journal of Food Science and Technology. Estados Unidos.
6. Escalante, B., Flores, A., Quintana, G. (2003). "Elaboración de Jarabe Simple y Pasta Dental Incorporando Stevia^R Como Edulcorante.". Universidad de El Salvador. Trabajo de Graduación. Facultad de Química y Farmacia. El Salvador.
7. González A. (2011). "Aproximación a la Comprensión de un Endulzante Natural Alternativo, la Stevia rebaudiana bertonii: Producción, Consumo y Demanda Potencial", Agroalimentaria. Vol. 17, N° 32.
8. Jarma-Orozco, A.; T. Rengifo y H. Aramendiz. (2006). "Aspectos fisiológicos de estevia (Stevia rebaudiana bertonii) en el Caribe colombiano. II. Efecto de la radiación incidente sobre los índices de crecimiento". Agroalimentaria Vol. 24. Colombia.
9. Kramer A., Twigg B., (1966). "Fundamentals of Quality Control for the Food Industry". AVI Publ. Comp., Westport, Conn. Estados Unidos.
10. Labuza. T. P., Schmid, M.K. (2005) "Accelerated Shelf – Life Testing of Foods". Food technology. Vol. 5. Estados Unidos.

11. Landázuri, P., Trigueros, J. (2009) “Stevia rebaudiana bertonii, una Planta Medicinal”, boletín técnico . Boletín técnico. Edición especial. Ecuador.
12. Levenspiel, O. (1987). “Ingeniería de las Reacciones Químicas” , 3ª ed. Ed. J.Wiley & Sons.
13. López, L., Peña L. (2004) “Plan Estratégico Para la Creación de una Empresa Dedicada a la Producción y Comercialización de Edulcorante a Base de Stevia”. Pontificia: Universidad Javeriana. Facultad de Ingeniería.Colombia.
14. Mossel, D.A , Corry, J.E (1998) “Essentials of the Microbiology of Foods” Editorial Cab Direct. Estados Unidos.
15. Nasser, G. (2011). “El Salvador Stevia-cultivo de la Stevia rebaudiana bertonii, Planta Conocida en el Paraguay Como Ka á he é”. Fundación para la Innovación Tecnológica Agropecuaria (FIAGRO). El Salvador.
16. Raymond, E., Whitten, Peck. (2008) “Química” 8th Edición. vol. 8. México.
17. SINGH, R.P. (2000). “Scientific Principles of Shelf-Life Evaluation in MAN, C.M.D”; Shelf-life Evaluation of Foods. Springer. Editorial Services. Estados Unidos.
18. Torres, J.G (2012). “Entrevista técnica: Stevia Cultivo y Producción”. Cojutepeque, El Salvador.
19. Wilson, PPG, Hibberd, DJ (2002) “The Prediction of pH in Complex Foods”. Food Science and Technology Today. Volumen 14 . Estados Unidos.
20. Witting, E. (2001). “Evaluación Sensorial. Una Metodología Actual Para Tecnologías de Alimentos” , Universidad de Chile. Facultad de ingeniería.

Referencias electrónicas.

1. ALIMARKET, (2010) “Edulcorantes: La stevia endulza el mercado”
www.alimarket.es/.../EDULCORANTES--La-stevia-endulza-el-mercado.
 Consultado el 15 de Abril, 2012.
2. Alonso, J.R,(2010) “Edulcorantes Naturales”,
<http://www.fitomedicina.org/publicacionesAlonso%20J.%20Edulcorante.Natural.pdf>.
 Consultado el 26 de Abril de 2012.

3. Asociación azucarera de El Salvador (2011)
<http://www.asociacionazucarera.com/>. Consultado el 15 de mayo de 2012.
4. Cámara paraguaya de la Stevia. (2010). “Confiabilidad en los Resultados de Análisis de la Stevia”. [http://www.rediex.gov.py/beta/userfiles/file/V simposio /Confiabilidad %20de%20 resultados%20de%20 analisis%20en%20Stevia](http://www.rediex.gov.py/beta/userfiles/file/V%20simposio%20de%20Confiabilidad%20de%20resultados%20de%20analisis%20en%20Stevia). Consultado el 30 de abril de 2012.
5. CEPEX. (1989) “Hierbas Medicinales CAA HEE” Ministerio de Industria y Comercio. Asunción, Paraguay.
<http://www.monografias.com/trabajos13/estevios/estevios.shtml>. Consultado el 12 de mayo de 2012.
6. Chan P, Tomlinson B, Chen YJ (2000). “Alternativa Edulcorantes”,
<http://articulos.sld.cu/diabetes/files/2009/la-estevia-una-alternativa-a-los-edulcorantes.pdf>. Consultado el 17 de Abril de 2012.
7. “Compuestos dulzor lactosa”, (n.d)
http://docencia.izt.uam.mx/elbm/233210/tareas/Clasif.%20edulc_.pdf. Consultado el 26 de Mayo de 2012.
8. Darío R. (1995). “Esteviósidos y los Demás Edulcorantes”
<http://www.ilustrados.com/tema/755/Esteviosido-demas-edulcorantes.html>
Consultado el 20 de Abril de 2012.
9. Ediciones Obelisco (n.d). “Historia, Virtudes y Aplicaciones de la Planta Dulce que lo Cura Todo”. <http://www.edicionesobelisco.com/complementos/7759.pdf>. Consultado el 9 de mayo de 2012.
10. Eppers, O.J (2011) “Los Efectos Secundarios de la Stevia”
[http://conmigo8.blogspot.com/2011/01/stevia-estevia contraindicaciones.html](http://conmigo8.blogspot.com/2011/01/stevia-estevia%20contraindicaciones.html). Consultado el 25 de abril de 2012.
11. European Stevia Association, eustas (2006) “Componentes Botánicos Dulces”.
http://www.eustas.org/esp/botanic_esp.htm. Consultado el 30 de abril de 2012.
12. “Énfasis en la Alimentación”(20011)
<http://www.alimentacion.enfasis.com/adjuntos/24/documentos/000/057/0000057204.pdf>. Consultado el día 23 de Abril de 2012.
13. EUSTAS (2006) “Preguntas Frecuentes y Respuestas.”
http://www.eustas.org/esp/faqs_esp.htm. Consultado el 11 de mayo de 2012.

14. FIAGRO (2011) “Charla de Negocio en El Salvador con el Cultivo de Stevia”, http://www.fiagro.org/index.php?option=com_content&view=article&id=2165:charla-oportunidades-de-negocio-en-el-salvador-con-el-cultivo-de-stevia. Consultado el 12 de mayo de 2012.
15. Ficha técnica, Saluvid (2009) “Endulzante Natural de Stevia” www.saluvid.info/bibliografia/portafolio-2009.pdf. Consultado el 2 de julio de 2012.
16. Guía del emprendedor (2004). “Conozca Más Sobre la Yerba Dulce” <http://www.guiadelemprendedor.com.argentina/yerba-dulce.html>. Consultado el 30 de abril de 2012.
17. La maison du Stevia. (2006). “Composición Química de las Hojas” <http://www.lamaisondustevia.com/composition-chimique-feuilles-stevia>. Consultado el 26 de abril de 2012.
18. Martínez, T. (2002). “La Hierba Dulce. Historia, Usos y Cultivo de la Stevia rebaudiana bertonii”. Colección Ciencias de la Salud. Libros en red. Consultado el 8 de mayo de 2012.
19. Miquel, O (1977).” Revista Médica de Paraguay” <http://www.monografias.com/trabajos13/estevios/estevios.shtml>. Consultado el 25 de Abril de 2012.
20. Mónica (2009). “Stevia rebaudiana” http://www.encuentrobariatrico.com/index.php?option=com_content&view=article&i.Astevia-el-edulcorante-natural. Consultado el 23 de abril de 2012.
21. Nutrición y Alimentación (n.d) “Los Edulcorantes Nutrición “ <http://nutricion.nichese.com/edulcorantes.html>. Consultado el 14 de Abril de 2012.
22. Pérez, Y. (2011) “Definición y Clasificación de Edulcorantes”, <http://educacionquimica.wordpress.com/2011/06/13/la-quimica-de-los-alimentos-definicion-y-clasificacion-de-edulcorantes>. Consultado el 13 de Abril de 2012.
23. Reartes , L. (n.d) “Los Aditivos Alimentarios “ <http://www.monografias.com/trabajos13/aditi/aditi.shtml>. Consultado el 13 de Mayo de 2012.

24. Secretaria de Economía de México (2012) “Análisis del Sector Edulcorante en México”.http://www.economia.gob.mx/files/comunidadnegocios/industria_comercio/Analisis_Sectorial_Mercado_Edulcorantes.pdf. Consultado el 7 de julio de 2012.
25. Snarff (2006) “Monografías Nutrición y Dieta”
<http://www.todomonografias.com/nutricion-y-dietetica/edulcorantes>. Consultado el 13 de Abril de 2012.
26. Stevia Paraguay. (n.d) “Información Sobre la Stevia”
<http://www.stevia-paraguay.com>. Consultado el 23 de abril de 2012.
27. Stevia. Venezuela. (n.d) “Una Dulce Solución”.
<http://steviave.wordpress.com/>. Consultado el 9 de mayo de 2012.
28. Superintendencia de Competencia, El Salvador (2008) “Informe de Resultados Agroindustria Azucarera” <http://www.slideshare.net/guest6ef33f0f/informe-de-resultados-agroindustria-azucarera> . Consultado el 20 de Abril de 2012.
29. Terra. Org (2011) “Estevia, la Planta de los Diabéticos.”
<http://www.terra.org/articulos/art02038.html>. Consultada el 25 de abril de 2012.
30. Terra. Org. (2008) “El Cultivo de la Stevia y su Uso en la Agricultura”
<http://www.terra.org/articulos/art02040.html>. Consultado el 12 de Mayo de 2012.
31. United States Department of Agriculture Food Safety and Inspection Service (2003): “Principios Básicos del Almacenamiento de Productos Perecederos”.
www.fsis.usda.gov. Consultado el 13 de julio de 2012.
32. Wikipedia, (2012) “Edulcorante Artificial”,
http://es.wikipedia.org/wiki/Edulcorante_artificial. Consultado el 26 de Mayo de 2012.

ANEXOS

ANEXO A
HOJA DE ANÁLISIS SENSORIAL PARA INFUSIONES DE STEVIA
(Primera prueba)

Análisis sensorial para infusiones a base de Stevia.
 (Análisis de aceptabilidad de las infusiones)



Objetivo: Que el juez evalúe el producto (**infusiones**) a través de una calificación numérica, con el propósito de dar a conocer sus impresiones sensoriales como: olor, sabor, aroma, color y apariencia.

Se le presentará una escala con su respectiva numeración para que usted pueda brindar una calificación. **(Entre 1 y 5)** de acuerdo a su criterio a cerca del producto y deberá señalarlo con una **(X)**.

No olvidar

Edad: _____

- ✓ Enjuagar la boca antes de cada prueba para eliminar los residuos de las muestras anteriores.
- ✓ Tomarse el tiempo necesario para poder evaluar la muestra (tomando en cuenta sus sentidos).

Muestra: infusiones de Stevia

Códigos de muestra:

- ✓ R93
- ✓ S98
- ✓ F76

ESCALA	Gusta mucho	Gusta moderadamente	Ni gusta ni disgusta	Disgusta moderadamente	Disgusta mucho
	5	4	3	2	1
Apariencia					
R93					
S98					
F76					
Color					
R93					
S98					
F76					
Olor					
R93					
S98					
F76					
Sabor					
R93					
S98					
F76					
Aroma					
R93					
S98					
F76					
Comentarios generales de las muestras					

ANEXO B

HOJA DE ANÁLISIS SENSORIAL PARA INFUSIONES DE STEVIA (Segunda prueba)

Análisis sensorial para infusiones a base de Stevia.



(Análisis de aceptabilidad de las infusiones a diferentes concentraciones de saborizantes artificiales)

Objetivo: Que el juez evalúe el producto (**infusiones**) a través de una calificación numérica, con el propósito de dar a conocer sus impresiones sensoriales como: olor, sabor, aroma, color y apariencia.

Se le presentará una escala con su respectiva numeración para que usted pueda brindar una calificación.

(Entre 1 y 5) de acuerdo a su criterio a cerca del producto y deberá señalarlo con una (X).

No olvidar:

Edad: _____

- ✓ Enjuagar la boca antes de cada prueba para eliminar los residuos de las muestras anteriores.
- ✓ Tomarse el tiempo necesario para poder evaluar la muestra (tomando en cuenta sus sentidos).

Muestra: infusiones de Stevia

Códigos de muestra:

- ✓ R93, S98, F76, G32, M25

ESCALA	Disgusta mucho	Disgusta moderadamente	Ni gusta ni disgusta	Gusta moderadamente	Gusta mucho
	1	2	3	4	5
Apariencia					
R93					
S98					
F76					
G32					
M25					
Color					
R93					
S98					
F76					
G32					
M25					
Olor					
R93					
S98					
F76					
G32					
M25					
Sabor					
R93					
S98					
F76					
G32					
M25					
Aroma					
R93					
S98					
F76					
G32					
M25					
Comentarios generales de las muestras					

ANEXO C

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL JARABE A BASE DE STEVIA

	CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN SALUD LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD MICROBIOLÓGICO	
<small>162 Años Al servicio de la Educación Superior salvadoreña</small>	<small>Ciudad Universitaria Fiscal 25 Avenida Norte San Salvador, El Salvador</small>	<small>Teléfono: (503) 223-8826 y 223-8434 Correo: CEN_SALUD_UES@hotmail.com ces@unes.edu.sv</small>
INFORME DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS		
Nombre de la Muestra:	<u>EXTRACTO DE STEVIA (Edulcorante)</u>	Código <u>AL-200</u>
Muestreador:	<u>Ruth Saravia</u>	
Solicitante:	<u>Ruth Saravia / Flor Mendez</u>	Fecha de emisión: <u>16/07/2012</u>
Método:	<u>Bacteriological Analytical Manual (BAM): Aislamiento e identificación específica de microorganismos; técnica de tubos múltiples para coliformes totales, fecales, E.coli.</u>	
Descripción:	<u>Líquido no transparente de color oscuro.</u>	
Recepción: <u>03/07/2012 1:50 p.m.</u>		
DETERMINACIÓN	RESULTADOS	ESPECIFICACIONES*
Recuento de Coliformes totales	Menor de 3 NMP/mL (negativo)	Negativo
Recuento de Bacterias aeróbicas	100 UFC/mL	1000 UFC/mL
Recuento de Mohos y Levaduras	300 UFC/mL	10 UFC/mL
UFC/mL = Unidades Formadoras de Colonias por mililitro de producto NMP/mL = Número Mas Probable de microorganismo por mililitro de producto		
OBSERVACIONES: Los resultados corresponden a la muestra remitida el 03/07/2012. * Las especificaciones se han tomado de la Norma Mexicana para Alimentos para Humanos. Jarabes. NMX-F-169-1984.		
 Lic. Amy Elieth Morán Rodríguez QUÍMICA – MICROBIOLÓGICA		Fecha de análisis: <u>04-07-2012</u>

ANEXO D

ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LA HOJA SECA DE STEVIA



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA AGRÍCOLA



Ciudad Universitaria, 30 de julio de 2012.

Resultado de Análisis

Usuario: Br. Ruth Saravía
Fecha de Ingreso: 03 de julio de 2012
Tipo de Muestra: Hoja de Stevia
Procedencia: Tesis Ingeniería en Alimentos.
Análisis solicitados: Humedad (%), Proteína (%), Extracto Etéreo (%) , Ceniza (%), Fibra Cruda (%), Carbohidratos (%), Potasio (ppm), Calcio (ppm), Sodio (ppm).

N° Mx	Determinación	Resultados
161	Humedad total (%)	8.30%
	Proteína Cruda (%)	20.11%
	Extracto Etéreo (%)	2.69%
	Ceniza (%)	11.42%
	Fibra Cruda (%)	18.51%
	Carbohidratos (%)	47.28%
	Potasio (ppm)	36,318.16 ppm.
	Calcio (ppm)	1,399.30 ppm
Sodio (ppm)	694.04 ppm	

Analista: Lic. Norbis Salvador Solano Melara

Atentamente,

Ing. Agr. Oscar Mauricio Carrillo T...
Jefe del Departamento de Química



ANEXO E

HOJA DE REFERENCIA PARA LA UTILIZACIÓN DEL FILTRO DE CARBÓN ACTIVADO PARA LAS INFUSIONES SABORIZADAS

Datos de Funcionamiento

Importante: lea estos datos de funcionamiento y compare la capacidad de este sistema con sus necesidades. Se recomienda que, antes de instalar el sistema filtrante, figure sus necesidades de agua, obtenga un análisis del abastecimiento de su agua para determinar las necesidades reales.

Este sistema ha sido probado de acuerdo a las normas 42 y 53 de NSF/ANSI para la reducción de las sustancias indicadas a continuación. La concentración de las sustancias indicadas en el agua entrante al sistema se redujo a una concentración inferior o igual al límite permitido para el agua que sale del sistema, según se especifica en las normas NSF/ANSI 42/53.

Cartucho PR-1, PR-1U*, PR-3 and PR-3U*

Substancia del afluente	Concentración deseante producto permitido en el agua	Concentración máxima del agua de reducción	Requisitos de reducción	Mínimo de reducción	Promedio
Standard 42 Efectos Estéticos					
Cloro	2.05 mg/L	0.10 mg/L	≥50%	95.1%	96.2%
Cinc	9.36 mg/L	0.05 mg/L	≤5 mg/L	99.4%	99.8%
Partículas (0.5- < 1µm) Class VI	2.396 #/L	1 # mg/L	≥85%	>99.9%	>99.9%
Standard 53 Efectos De Salud					
Cobre pH 6.5	3.24 ug/L	0.141 ug/L	1.3 ug/L	95.7%	97.8%
Cobre pH 8.5	2.99 ug/L	0.3 ug/L	1.3 ug/L	90.0%	94.9%
Mercurio pH 6.5	6.56 ug/L	1.01 ug/L	2.0 ug/L	84.6%	95.8%
Mercurio pH 8.5	5.892 ug/L	1.03 ug/L	2.0 ug/L	82.5%	91.9%

Capacidad = 50 galones (189.2 l) or 2 meses

Las pruebas se realizaron bajo condiciones normales de laboratorio, el rendimiento real pudiera variar.

NOTA: los contaminantes o sustancias que se quitan o que son reducidos por este filtro, no se encuentran en su agua necesariamente.

* No está en venta en California.



El sistema PIT-1 han sido sometidos a prueba y certificados por WQA conforme a la Norma 42 para la reducción estética de mal sabor y olor, cloro, cinc, partículas clase VI y la Norma 53 para la reducción de plomo, cobre y mercurio.

Condiciones de Prueba:

pH: 6.5-8.5 Temperatura: 72-75°F / 22-24°C

Especificaciones para el Funcionamiento

- Capacidad del Filtro: Cada cartucho filtrante es certificado por 50 galones (189.2L), aproximadamente 100 jarras. Esto le dura por lo menos dos meses a una familia de cuatro personas.
- Temperatura Máxima: 85°F / 30°C Temperatura Mínima: 35°F / 2°C

Precio sugerido para el cartucho filtrante

PR-1 y PR-1U (individual) \$6.99

PR-3 y PR-3U (3 en un paquete) \$19.99

NOTA: precios pueden cambiar. Para obtener el precio actual, llame al distribuidor local o llame gratis al departamento de Servicios para clientes 1-888-777-7962.

¿TIENE PREGUNTAS? Llame gratis a Culligan al departamento de servicios para los clientes 1-800-721-7360, lun. - vier, 8:00 AM - 4:30 PM hora civil central

State of California
Department of Health Services
Water Treatment Service
Certificate Number
07-1872
Date Issued: June 11, 2007

Treatment/Model Designation PIT-1	Replacement Element PR-1 PR-3
Manufacturer/Culligan International	
The water treatment device(s) listed on this certificate have met the testing requirements listed in the Health and Safety Code for the following health related contaminants:	
Microbiological Contaminants and Turbidity None	Inorganic/Radiological Contaminants Copper Mercury
Organic Contaminants None	

Rated Service Capacity Rated Service #24gpd
Conditions of Certification
Do not use with water that is microbiologically unsafe or of unknown quality, without adequate disinfection before or after the system.

Dos Años de Garantía Limitada

Culligan garantiza la jarra para filtrar agua Culligan® (PIT-1) por dos años a partir de la fecha de compra (con excepción del cartucho filtrante PR-1, PR-1U, PR-3 y PR-3U) contra defectos en los materiales y fabricación, cuando se use conforme con las instrucciones de "Uso y Mantenimiento" en el manual. Culligan rechaza todas las garantías implícitas, incluyendo sin limitación, garantías de funcionamiento o condiciones vendibles para un objeto particular.

Si por cualquier razón este producto se daña durante los primeros dos años desde la fecha de compra, devuélvalo al minorista donde usted lo compró o mande la jarra con la prueba de compra a la dirección especificada abajo, y la jarra será reparada o reemplazada gratis, o le devolveremos su dinero. Por favor empaque la jarra Culligan con mucho cuidado para prevenir daños durante tránsito.

Esta garantía le da derechos legales específicos, y quizás usted tenga otros derechos legales los cuales varían de estado a estado.

Culligan no asume daños consecuentes, incidental, por daños causados por abuso del producto o el uso de un accesorio desautorizado. Algunos estados no permiten la exclusión o limitación de garantías implícitas daños consecuentes o incidental, entonces las limitaciones explicadas arriba o exclusiones tal vez no apliquen.

En caso de que usted necesite servicio durante o después del periodo de garantía, o si usted tiene cualquier pregunta sobre como usar la jarra ovalada para filtrar agua de Culligan, por favor llame gratis a nuestro departamento de ayuda técnica 1-800-721-9243, de lunes a viernes, desde las 7:30 A.M. hasta las 5:00 P.M. hora central civil.

O escriba a: Culligan Technical Support Department, P.O. Box 1086, Sheboygan, WI 53082-1086

PARA LOS RESIDENTES EN IOWA SOLAMENTE:

Nombre de la tienda o el vendedor: _____

Dirección: _____

Ciudad: _____ Estado: _____ Código Postal: _____

Teléfono: _____

Firma del vendedor: _____

Firma del comprador: _____ Fecha: _____

Culligan

Culligan International Company
Rosemont, Illinois 60018
www.culligan.com

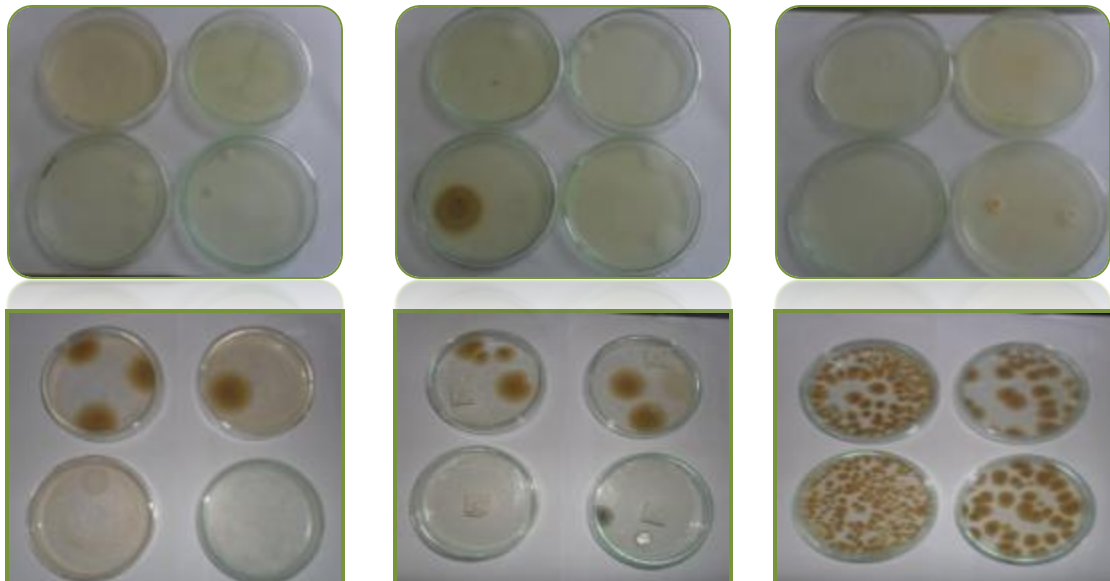
Customer Service M-F 8:00 a.m. - 4:30 p.m. CST
Phone: 1-800-721-7360 Fax: 1-800-721-7390
International: Phone (920) 457-2720 • Fax (920) 457-7366
e-mail: customerservice@culligan.com

Sales & Marketing Correspondence
P.O. Box 1086 • Sheboygan, WI 53082-1086
Fax (920) 457-7366
e-mail: sales-marketing@culligan.com

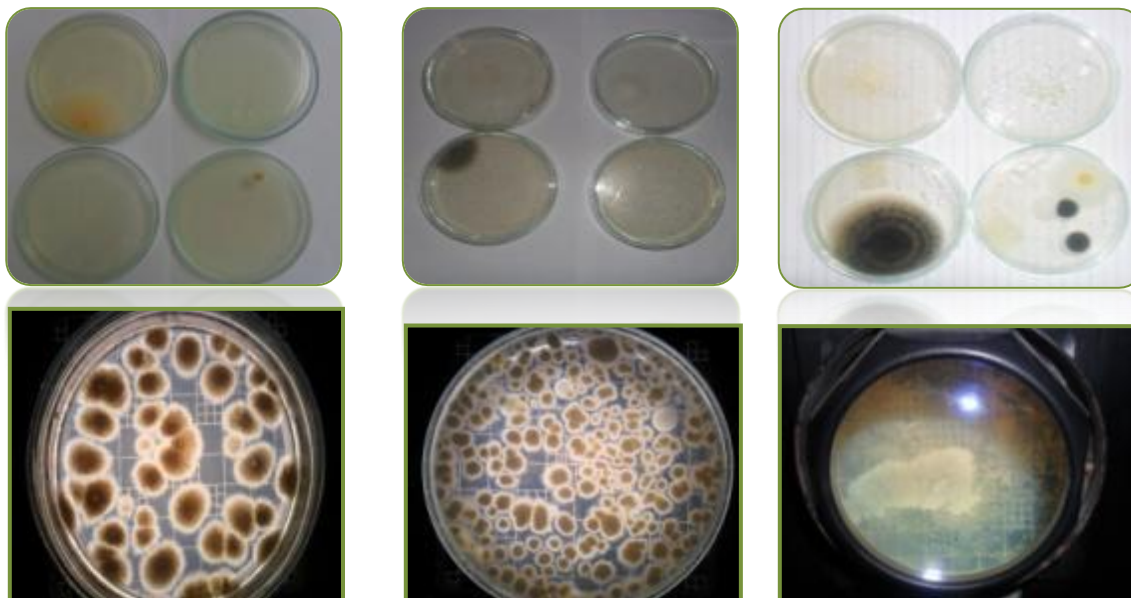
©2007 Culligan International Company

Rev A 5/07

ANEXO F
RECUENTO DE MOHOS Y LEVADURAS PARA LAS INFUSIONES Y JARABES
ELABORADOS A BASE DE STEVIA.



Recuento de mohos y levaduras realizado a las muestras de jarabe a base de Stevia durante la determinación del tiempo de vida útil a condiciones aceleradas.



Recuento de mohos y levaduras realizado a las muestras de infusión sabor natural a base de Stevia durante la determinación del tiempo de vida útil a condiciones normales.

Realización de la marcha del recuento de mohos y levaduras para la determinación de la vida útil del Jarabe a base de Stevia rebaudiana bertonii.



Para el jarabe envasado, se homogenizó antes de abrir y, luego se utilizó la técnica aséptica para abrir el envase.
Tomar una alícuota de 10 ml en una probeta estéril.

Transferir 10 ml de muestra a un erlenmeyer con el contenido 90 ml de agua peptonada estéril (dilución 10^{-1}).



Hacer dilución 10^{-2} , tomando una alícuota de 1 ml de de la dilución 10^{-1} y verter en un tubo que contiene 9 ml de agua peptonada estéril (dilución 10^{-2}).

Transferir 1 ml de las diluciones 10^{-1} y 10^{-2} a placas petri estériles, previamente rotuladas con la dilución a verter y el producto en análisis, por duplicado.

Agregar de 10 a 15 ml de Papa Dextrosa Agar (PDA, esperar de 10 a 15 minutos o hasta que el medio solidifique. Incubar en posición invertida a temperatura ambiente por 5 días



Realización de la marcha del recuento de mohos y levaduras para la determinación de la vida útil de las infusiones a base de *Stevia rebaudiana bertonii*.



Para el jarabe envasado, se homogenizó antes de abrir y, luego se utilizó la técnica aséptica para abrir el envase.
Tomar una alícuota de 10 ml en una probeta estéril.

Transferir 10 ml de muestra a un erlenmeyer con el conteniendo 90 ml de agua peptonada estéril (dilución 10^{-1}).



Hacer dilución 10^{-2} , tomando una alícuota de 1 ml de de la dilución 10^{-1} y verter en un tubo que contiene 9 ml de agua peptonada estéril (dilución 10^{-2}).

Transferir 1 ml de las diluciones 10^{-1} y 10^{-2} a placas petri estériles, previamente rotuladas con la dilución a verter y el producto en análisis, por duplicado.
Agregar de 10 a 15 ml de Papa Dextrosa Agar (PDA, esperar de 10 a 15 minutos o hasta que el medio solidifique. Incubar en posición invertida a temperatura ambiente por 5 días.



ANEXO G GLOSARIO

- 1. Aditivo:** Sustancia que se añade por razones de fabricación, presentación o conservación de un producto, especialmente en la industria alimentaria.
- 2. Almácigo:** Lugar donde se siembran y crían los vegetales que después han de trasplantarse al terreno firme.
- 3. bebidas no carbonatadas:** bebidas que no contiene dióxido de carbono /anhídrido carbónico disuelto, elaborada a partir de agua potable, adicionado con azúcar u otro edulcorante permitido.
- 4. Codex Alimentarius:** Es una colección reconocida internacionalmente de estándares, códigos de prácticas, guías y otras recomendaciones relativas a

los alimentos, su producción y seguridad alimentaria bajo el objetivo de la protección del consumidor.

- 5. Edulcorantes:** son aditivos alimentarios que confieren sabor dulce a los alimentos.

- 6. Edulcorantes de alta intensidad:** Son aditivos para los alimentos que multiplican el efecto del azúcar y ofrecen un sabor dulce sin calorías o con muy pocas.

- 7. Edulcorantes artificiales:** Son aditivos que actúan sobre el sabor de los alimentos, produciendo una sensación dulce. Poseen un poder edulcorante muy superior al de cualquiera de los azúcares naturales.

- 8. Edulcorantes naturales:** Son compuestos que producen sensación dulce que tiene un valor nutritivo y energético, por lo que no pueden ser considerados como aditivos.
- 9. Envasado aséptico:** Es el tratamiento térmico del producto en combinación con el envasado mediante una técnica que prolonga la duración del alimento sin añadir conservantes.
- 10. Esquejes:** fragmentos de plantas separados con una finalidad reproductiva.
- 11. Etiqueta:** cualquier rótulo, marca, imagen, u otra materia descriptiva o gráfica, que se haya escrito, impreso, estarcido, marcado en relieve, grabado o adherido al envase de un alimento.
- 12. Ingesta diaria aceptable:** cantidad de aditivo alimentario que puede consumirse en la dieta diariamente durante toda la vida sin riesgos para la salud.
- 13. kinestesia :** es la rama de la ciencia que estudia el movimiento humano. Proviene del griego *κίνησις*, "movimiento", es decir, etimológicamente "sensación o percepción del movimiento".
- 14. Microorganismo patógeno:** Son microorganismos que afectan la salud ocasionando enfermedades como virus, bacterias y algunos hongos.
- 15. Pasteurización:** procedimiento que consiste en someter un alimento, generalmente líquido, a una temperatura aproximada de 80 grados durante unos segundos y después enfriarla rápidamente, con el fin de destruir los gérmenes y prolongar su conservación.

- 16. Sacarosa:** Glúcido disacárido formado por una molécula de glucosa y otra de fructosa que se encuentra en muchas plantas y se extrae para su consumo de la caña de azúcar y de la remolacha azucarera.
- 17. Umbral:** Valor mínimo de un agente físico o estímulo capaz de producir un efecto.
- 18. Vástagos:** Tallo nuevo que brota de una planta.

SIGLAS

- 1. BAM:** Bacteriological Analytical Manual.
- 2. BPM:** Buenas Prácticas de Manufactura.
- 3. CENTA:** Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal.
- 4. EFSA:** Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA, por sus siglas en inglés).
- 5. FAO:** Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, por sus siglas en inglés).
- 6. FDA:** Administración de Alimentos y Fármacos (FDA, por sus siglas en inglés Food and Drug Administration).
- 7. FIAGRO:** Fundación para la Innovación Tecnológica Agropecuaria.

8. **GRAS:** Sustancia
Generalmente Reconocida
como Segura (GRAS por sus
siglas en Inglés).
9. **IDA:** Ingesta Diaria Aceptable.
10. **NMO:** Norma Mexicana
Obligatoria.
11. **NMP:** Número Más Probable.
12. **NSO:** Norma Salvadoreña
Obligatoria.
13. **OMS:** Organización Mundial de
la Salud.
14. **TMCA:** Tasa Media de
Crecimiento Anual.
15. **UE:** Unión Europea.
16. **UFC:** Unidades Formadoras de
Colonia.
17. **USDA:** Departamento de
Agricultura de los Estados
Unidos (USDA por sus siglas
en inglés)