



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

**FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y
BIOTECNOLOGÍA**

CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

Tema: Aprovechamiento de la fruta de tamarindo (*Tamarindus indica L.*), para la elaboración de dulce y su caracterización”

Trabajo de Titulación, modalidad Propuesta Tecnológica, previo a la obtención del título de Ingeniera en Alimentos, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

AUTORA: Elizabeth Adriana Galarza Hidalgo

TUTOR: Mc. Fernando Cayetano Álvarez Calvache

AMBATO – ECUADOR

Noviembre-2019

APROBACIÓN DEL TUTOR

Mg. Fernando Cayetano Álvarez Calvache

CERTIFICA:

Que el presente trabajo de titulación ha sido prolijamente revisado. Por lo tanto, autorizo la presentación de este trabajo de titulación modalidad Propuesta tecnológica, el mismo que responde a las normas establecidas en el reglamento de Títulos y Grados de la Facultad.

Ambato, 30 de octubre del 2019


Mg. Fernando Cayetano Álvarez Calvache

CI.: 180104502-0

TUTOR

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Elizabeth Adriana Galarza Hidalgo, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Titulación Modalidad Propuesta Tecnológica, previo a la obtención del título de Ingeniera en Alimentos, son absolutamente originales, auténticos y personales; a excepción de las citas



Elizabeth Adriana Galarza Hidalgo

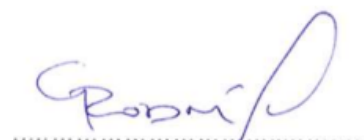
180417282-1

AUTORA


APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Los suscritos Profesores Calificadores, aprueban el presente Trabajo de Titulación el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones emitidas por la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato.

Para constancia firman:

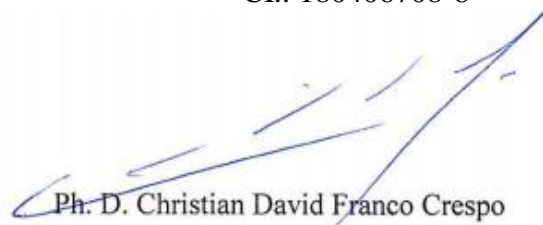


Presidente del tribunal



M.Sc. Liliana Patricia Acurio Arcos

CI.: 180406708-8



Ph. D. Christian David Franco Crespo

CI.: 171709060-7

Ambato, 13 de noviembre del 2019

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que considere el presente trabajo de titulación o parte de él, como un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi proyecto de investigación, con fines de difusión pública, además apruebo su reproducción parcial o total dentro de las regulaciones de la Universidad Ecuatoriana, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.


Elizabeth Adriana Galarza Hidalgo

180417282-1

AUTORA

DEDICATORIA

A Dios por darme salud, vida y guiarme en cada uno de mis pasos y metas cumplidas.

En especial a mis padres Néstor y Ligia que con sus consejos y apoyo han logrado que culmine hoy una de mis metas propuestas, gracias por todo su amor incondicional, por toda la paciencia y confianza que me han dado.

A mis hermanos Marcela y Andrés por ser un apoyo más para mí, con sus locuras, ocurrencias y lágrimas; por sus consejos han estado conmigo siempre

Con amor

Adriana

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Técnica de Ambato por haberme brindado los mejores profesores, quienes, a más de impartir conocimientos, me han inculcado para la vida. En especial a mi tutor, Mg. Fernando Álvarez, quien con su apoyo y orientación contribuyó a que culmine esta meta.

A mi familia, en especial a mis padres por todo lo que han hecho por mí para que pueda ser una mejor persona y culminar mi carrera como ingeniera. A ellos, que a pesar de todo, siempre han estado ahí, muchas gracias por todo lo que han podido aportar para mi vida. Pero también agradezco a mis hermanos, porque siempre han estado para mí por escucharme y también aconsejarme cuando me equivoco. Les amo familia.

A las personas que durante este trayecto fueron apareciendo, por convertirse en amigos que se fueron ganando mi amistad con ocurrencias y consejos gracias. En especial a mi amiga la mejor de todas por compartir y estar conmigo durante 12 años Karen Amores, gracias por tus locuras consejos y por cada hablada por mi bien te quiero mucho.

ÍNDICE GENERAL

Paginas preliminares

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	iii
APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL.....	iv
DERECHOS DE AUTOR	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL.....	vii
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Antecedentes investigativos	1
1.1.1. Tamarindo	1
1.1.2. Tamarindo en el Ecuador	2
1.1.3. Composición del tamarindo	2
1.1.4. Dulces de fruta	3
1.1.5. Sacarosa.....	4
1.1.6. Edulcorantes	4
1.1.6.1. Stevia.....	5
1.1.7 Vida útil.....	5
1.1.8 Propiedades reológicas.....	5
1.2. Objetivos	6
1.3. Hipótesis.....	6
1.4. Señalamiento de variables de la hipótesis	7
CAPÍTULO II	8
MATERIALES Y MÉTODOS	8
2.1. Obtención de la pulpa de tamarindo.....	8
2.2. Elaboración del dulce de tamarindo.....	8
2.3. Análisis fisicoquímico del dulce	10
2.3.1. Determinación de iones del hidrógeno (pH)	10
2.3.2. Determinación de acidez titulable.....	10
2.3.3. Determinación de los sólidos solubles (°Brix).....	11

2.4. Análisis proximal	11
2.4.1 Determinación del contenido de humedad	11
2.4.2 Contenido de cenizas.....	11
2.4.3 Proteína	12
2.5. Textura	12
2.7. Determinación de vida útil mediante análisis microbiológico del dulce	13
2.8 Análisis sensorial	14
2.9. Diseño experimental.....	14
CAPÍTULO III	15
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	15
3.1. Análisis y discusión de los resultados	15
3.1.1. Análisis fisicoquímico.....	15
3.1.2. Análisis proximal	16
3.1.3. Textura	18
3.1.4. Reología	19
3.1.5. Determinación de vida útil mediante análisis microbiológico del dulce .	20
3.1.6. Análisis Sensorial.....	22
3.2. Verificación de hipótesis	23
CAPÍTULO IV	24
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	24
4.1 Conclusiones	24
REFERENCIA BIBLIOGRAFÍA	25

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición nutricional de la pulpa de tamarindo (por 100g de porción comestible)	3
Tabla 2. Formulación del dulce	9
Tabla 3. Cambios de ph, acidez y solidos solubles en dulce de tamarindo.....	16
Tabla 4. Datos del análisis proximal del dulce de tamarindo	17
Tabla 5. Resultados de perfil de textura en el dulce de tamarindo.....	19

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tamarindo (<i>tamarindus indica</i>)	1
Figura 2. Dulces de cuchara	4
Figura 3. Pulpa de tamarindo	8
Figura 4. Proceso de obtención del dulce de tamarindo	9
Figura 5. pH-metro Mettler Toledo T50	10
Figura 6. Texturómetro Brookfield Pro CT3	12
Figura 7. Reómetro Anton Paar MCR 302	13
Figura 8. Panel de cata	14
Figura 9. Módulo de almacenamiento G' , en función de la frecuencia angular	20
Figura 10. módulo de perdida G'' , en función de la frecuencia angular	20
Figura 11: tangente del ángulo \square en función de la frecuencia angular	20
Figura 12. Perfil sensorial del dulce, sa (sacarosa), st (stevia)	23

ÍNDICE DE ECUACIONES

Acidez titulable (Ecuación 1).....	10
porcentaje de humedad (Ecuación 2)	11
Cenizas totales (Ecuación 3)	11
% nitrogeno total (Ecuación 4)	12
% de proteina (Ecuación 5).....	12

RESUMEN

La finalidad del presente trabajo fue elaborar un dulce de tamarindo con sacarosa y stevia, en el dulce se analizaron sus propiedades fisicoquímicas, reológicas, de textura y microbiológicas durante seis meses para poder determinar su vida útil.

La muestra con sacarosa presentó resultados elevados en cuanto a las propiedades fisicoquímicas como el pH (2,88) y sólidos solubles (70,1%), permitiendo la gelificación del dulce con la adición de pectina para el análisis proximal el valor de humedad y cenizas fue mayor para el dulce de stevia (28,75% y 0,824 respectivamente); debido a que la stevia no aporta con sólidos solubles. En la evaluación de la textura el dulce se observó que es afectada por la pérdida de agua, siendo más evidente en las muestras elaboradas con stevia, ya que al no poseer la cantidad suficiente de sólidos solubles afecta la consistencia y estabilidad del dulce. En cuanto a la reología el dulce se clasificó como un fluido viscoelástico ya que los valores obtenidos de la tangente del ángulo ϕ fueron mayores a la unidad, la sacarosa al actuar como un agente ligante mostró valores más altos para el módulo de almacenamiento (G') y módulo de pérdida (G''). Así mismo, el análisis sensorial permitió establecer que la muestra con mayor aceptación fue la que incluía sacarosa. Finalmente, la determinación de la vida útil mediante el análisis microbiológico no se vio afectada por la incorporación de sacarosa y stevia ya que ninguna de las muestras presentó crecimiento microbiano, ni presencia de microorganismos patógenos.

Palabras clave: vida útil del alimento, reología, propiedades físicas del alimento, edulcorante, tamarindo

ABSTRACT

. The purpose of this work is to prepare a tamarind candy with sucrose and stevia, in the candy its physicochemical, rheological, texture and microbiological properties were analyzed for six months to determine its shelf life.

The sample with sucrose showed high results in terms of physicochemical properties such as pH (2.88), soluble solids (70.1%), allowing gelation of the candy with the addition of pectin, for the proximal analysis, the moisture and ash value was higher for stevia candy (28.75% and 0.824 respectively); owing to stevia doesn't contribute with soluble solids. In the assessment of the texture the storage time look out that it is affected by the loss of water, being plainer in the samples made with stevia. Regarding the rheology, the candy was categorized as a viscoelastic fluid since the values obtained from the tangent of the angle δ were greater than the unit in both, the sucrose acting as a binding agent showed higher values for the modulus of storage (G') and loss module (G''). Likewise, the sensory analysis allowed us to establish that the sample with the highest acceptance was the one that included sucrose, but in terms of flavor. Finally, the determination of the useful life by means of the microbiological analysis was not affected by the incorporation of sucrose and stevia none of the samples showed microbial growth, nor the presence of pathogenic microorganisms.

Key Words: food shelf life, rheology, physical properties of food, sweetener, tamarind

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes investigativos

1.1.1. Tamarindo

La palabra tamarindo proviene de un vocablo árabe “tamarhindi” que significa “dátil de la India”; por tener una apariencia similar a los dátiles ya que su pasta es seca; sin embargo, sus orígenes son africanos. En la actualidad es cultivado en varios países de América Latina (**El-Siddig, 2006**). El tamarindo (*Tamarindus indica L.*) es un árbol nativo del trópico que corresponde a la familia de las leguminosas. Su fruto es una vaina curvada que inicialmente se muestra de color marrón rojizo pero mientras va madurando se torna de color marrón negro y se vuelve más aromático y agrio (**Martinello et al., 2006**), el tamarindo posee una corteza gruesa y su pulpa carnosa contiene de tres a seis semillas ovaladas, aplanadas, unidas entre sí por fibras (**Pérez Ramírez Estéfana Alvarado Bárcenas, 2012**), es un frutal altamente rústico, ya que puede prosperar en suelos pobres con poco o nada de riego, con relación a otros frutales tropicales como los cítricos (**Acevedo, Tirado, & Guzmán, 2014**).

Su pulpa constituye del 30 al 50% de la fruta madura, esta es la parte más valiosa y comúnmente utilizada del árbol de tamarindo, la cáscara y la fibra representan del 11 al 30%, mientras que la semilla constituye alrededor del 25 al 40% (**El-Siddig, 2006**).



Figura 1. Tamarindo (*tamarindus indica*)

1.1.2. Tamarindo en el Ecuador

Ecuador por ser un país con gran diversidad, posee una amplia variedad de frutas con alto valor nutricional como es el tamarindo (*Tamarindus indica L.*), por lo cual se encuentra dentro de la oferta exportable. (Paute & Guamán, 2016). La especie *Tamarindus indica L.* es la única introducida y cultivada en el Ecuador (Jorgensen; & León-Yáñez, 1999), principalmente en las provincias de: El Oro, Manabí y Guayas, plantándose en linderos de propiedades, parques, avenidas y huertos caseros. Otras zonas como Rio Chico de la provincia de Manabí poseen una plantación de 150 a 450 árboles de tamarindo (El Universo, 2015; Paute & Guamán, 2016). La madera del árbol de tamarindo por ser muy dura, pesada, fuerte y fibrosa se usa en la construcción; la pulpa es utilizada para refrescos, confiterías y conservas, las semillas molidas son utilizadas como forraje para el ganado (Valverde, 1998). El tamarindo es uno de esos productos, que a pesar de no ser originario de Ecuador, se lo cultiva ya hace muchos años, pero no ha logrado posicionarse en el lugar que le corresponde ya que su producción no ha sido bien aprovechada (Osorio Pazmiño, 2018).

1.1.3. Composición del tamarindo

Las hojas del tamarindo contiene vitexina, isovitexina, orientina e isoorientina, es rica en ácidos a-oxo-glutarico, glioxilico, oxalo-acetico y oxalosuccinico (Encalada Romero, 2011). Además, las hojas jóvenes son ricas en minerales (calcio, fosforo, azufre) y vitaminas (A, y niacina), mientras que las flores contienen altas concentraciones de calcio, fósforo y ácido ascórbico. Las semillas de tamarindo también son una rica fuente de almidón, proteína y aceite, su composición química es agua 11,3%, proteína 13,3 %, grasa 5,4%, carbohidratos 57,1%, cenizas 4,1% y fibra cruda 8,8% (Orozco-Santos, 2001). Existe la presencia en altas concentraciones de polifenoles y flavonoides en los extractos de diferentes partes del fruto de tamarindo como son la semilla y fruto (pulpa y pericarpio), siendo los flavonoides el mayor constituyente en el extracto de recubrimiento de las semillas (Paute & Guamán, 2016).

La pulpa es una fuente importante de vitaminas, minerales y pectina; la pulpa de color rojo de algunos tipos de tamarindo contiene el pigmento Chrysanthemín (Orozco-Santos, 2001). El fruto tiene 25-40% de azúcares, 8-18% de ácidos orgánicos sobre todo tartárico, málico y ascórbico, sustancias aromáticas como limoneno, geraniol,

gerencial y compuestos aromáticos como safrol, aldehído cinámico, salicilato de metil (**Encalada Romero, 2011**). En la Tabla 1 se presenta la composición nutricional de la pulpa de tamarindo, donde se observa un elevado contenido de proteína y bajo contenido de grasa (**FAO, 1997**).

Tabla 1. Composición nutricional de la pulpa de tamarindo (por 100g de porción comestible)

Nutrientes	Contenido
Agua	31,4(g)
Proteína	2,3(g)
Grasas	0,6(g)
Cenizas	2,5(g)
Ácidos grasos saturados	0,3(g)
Sodio	28(mg)
Potasio	628(mg)
Calcio	74(mg)
Fosforo	113(mg)
Hierro	2,8(mg)
Vitamina A	45U.I.
Vitamina C	4,0(mg)

1.1.4. Dulces de fruta

Los alimentos típicamente llamados dulces se deben a la razón que su ingrediente principal es el azúcar y fruta, los cuales pueden ser mezclados con otros ingredientes como canela, pimienta de dulce, saborizantes y colorantes. Los dulces de fruta difieren de las mermeladas por su punto de cocción más prolongado y el producto final sea más compacto, y al enfriarse la masa se vuelve sólida (**Pozo Yépez, Abalco, & Miguel, 2013**). En el Ecuador los dulces de fruta son conocidos tradicionalmente como “dulce de cuchara”, las provincias donde más se elaboran son: Azuay y Loja, siendo la guayaba la principal fruta para la elaboración de estos dulces típicos, el dulce de guayaba se ha elaborado por más de 80 años, pero también se elaboran de manzana, tomate, membrillo (**Arévalo Illescas & Vélez Zamora, 2015**). En México la

elaboración de dulce de tamarindo es muy popular, son conocidos como tarugos los cuales son mezclados con azúcar y chile; en el Ecuador la producción de dulce de tamarindo es baja y solo se la realiza artesanalmente.



Figura 2. Dulces de cuchara

1.1.5. Sacarosa

La sacarosa, comúnmente conocida como "azúcar" por los consumidores, es un carbohidrato natural, proveniente de la caña de azúcar cuya principal función es la de contribuir energía, pero también dulzor, lo que nos permite ingerir una amplia gama de alimentos. El azúcar es un ingrediente que se añade a otros alimentos y forma parte de muchos productos elaborados. A todos ellos les aporta sabor, textura, color y aroma inconfundibles (**Buenaño Hernández, 2017**).

1.1.6. Edulcorantes

Los edulcorantes son sustancias capaces de endulzar un alimento y constituyen uno de los grupos más importantes de los aditivos alimentarios, confieren el sabor dulce a los alimentos. No se consideran edulcorantes los alimentos como la miel, el azúcar común, la fructosa, la glucosa. Los edulcorantes a más de aportar dulzor a los alimentos: actúan como conservantes en mermeladas y gelatinas, intensifican sabores, fermentan panes y salsas agridulces, dan volumen a las cremas heladas, entre otros (**Johnson, 2014**). Los edulcorantes pueden ser clasificados según su origen ya sean naturales o artificiales o por su aporte calórico nutritivos o no nutritivo (**Buenaño Hernández, 2017**). Además los edulcorantes últimamente se los ha empezado a utilizar como un sustituto del azúcar, principalmente los edulcorantes no calóricos como la sacarina, aspartame, sucralosa, stevia para tratamientos contra el sobrepeso y diabetes (**Salvador-Reyes, Sotelo-Herrera, & Paucar-Menacho, 2014**).

1.1.6.1. Stevia

Stevia rebaudiana es una planta originaria del sur este de Paraguay, de la parte selvática subtropical de Alto Paraná. Esta planta ha sido utilizada ancestralmente por sus aborígenes, como medicina y edulcorante. **(Durán, Rodríguez, Cordón, & Record, 2012)**, el sabor de la stevia es lo más parecido al azúcar ya que no posee el sabor metálico característico de los otros edulcorantes, además esta no es cancerígena **(Salvador-Reyes et al., 2014)**. La proporción de stevia en relación al azúcar equivale a 2 cucharadas de la hierba fresca o ¼ de cucharadita de polvo de extracto, el sabor dulce de la planta se debe a un glucósido llamado esteviosida, compuesto de glucosa, y rebaudiosida. La stevia en su forma natural es 15 veces más dulce que el azúcar. Y el extracto es de 100 a 300 veces más dulce que el azúcar **(Jaramillo, Bravo, García, Salem, & especialización Finanzas, 2009)**

1.1.7 Vida útil

El estudio de la vida útil de un alimento es importante para no exagerar el tiempo real que puede llegar a durar, para su determinación se debe tener en cuenta el tiempo transcurrido desde la fabricación hasta el momento de se presentan cambios significativos en él, lo que provoca rechazo en los consumidores. Por lo tanto, es importante identificar los factores que afectan la vida útil como los factores intrínsecos que pueden ser la materia prima, actividad de agua, pH, acidez, los factores extrínsecos como el procesamiento, higiene, manipulación, sistemas de empaque **(García, Cardona, & Garcés, 2008)**. El final del tiempo de vida útil se alcanza cuando el alimento ya no mantiene las cualidades requeridas por el consumidor **(García et al., 2008)**. Es importante que para la determinación de la vida útil se identifiquen las reacción químicas o biológicas que pueden influir en la calidad y seguridad del alimento **(Rondón, Pacheco Delahaye, & Ortega, 2004)**.

1.1.8 Propiedades reológicas

Reología es la ciencia que estudia los fenómenos del flujo y deformación de cuerpos, dentro de los cuales la elasticidad, plasticidad y viscosidad de la materia tiene un papel importante en el comportamiento final de un sistema. Una sustancia tiende a deformarse cuando se aplica un esfuerzo generalmente mecánico, debido a la relación que existe entre el esfuerzo y deformación para poder caracterizar el comportamiento

reológico de un fluido como puede ser viscoso, elástico o viscoelástico (**Alvarado. J de D., 2001**).

El estudio reológico en alimentos a nivel industrial tiene una gran importancia por sus diversas aplicaciones como la evaluación de las propiedades texturales, consistencia y estabilidad de emulsiones y suspensiones, por lo tanto, su estudio va dirigido a todo lo referente a lo que es flujo y a la deformación de materias primas, productos procesados y productos terminados. La importancia de un estudio reológico es la aportación de información para facilitar la comprensión de los componentes moleculares de un alimento y para predecir cambios estructurales durante los procesos de acondicionamiento y elaboración a los que se somete un alimento, y así poder tener un enfoque diferente hacia la elaboración de distintos productos de consumo (**Ramírez-Navas, 2006**).

1.2. Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Caracterizar el dulce de tamarindo (*Tamarindus indica L.*) mediante el aprovechamiento de la fruta, empleando sacarosa y stevia.

1.2.2 Objetivos específicos

- Analizar el efecto de la incorporación de sacarosa y stevia en las propiedades fisicoquímicas.
- Determinar el efecto de la incorporación de sacarosa y stevia sobre las propiedades reológicas y de textura.
- Determinar el tiempo de vida útil y la calidad sensorial del dulce de tamarindo.

1.3. Hipótesis

1.3.1 Hipótesis nula (H₀)

H₀: La incorporación de sacarosa y stevia en la elaboración de dulce de tamarindo (*Tamarindus indica*) no influye directamente en las propiedades tecno-funcionales, fisicoquímicas.

1.3.2 Hipótesis alternativa (Ha)

Ha: La incorporación de sacarosa y stevia en la elaboración de dulce de tamarindo (*Tamarindus indica*) influye directamente en las propiedades tecno-funcionales, fisicoquímicas.

1.4. Señalamiento de variables de la hipótesis

1.4.1 Variable independiente

- Sacarosa, stevia

1.4.2 Variable dependiente

- Propiedades tecno-funcionales, fisicoquímicas, y microbiológicas.

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Obtención de la pulpa de tamarindo

Para la obtención de pulpa se utilizaron rutos de tamarindo (*Tamarindus Indica L.*) en estado de madurez comercial, sanos, libres del ataque de hongos y gorgojos, a los cuales se procedió a retirar la cáscara. En un recipiente se colocó el tamarindo con las semillas, se pesó y de acuerdo a eso se añadió agua relación 2:1, para posteriormente llevarlo al despulpador, del cual se obtuvo pulpa exenta de semillas y restos de cáscaras que podían existir.



Figura 3. Pulpa de tamarindo

2.2. Elaboración del dulce de tamarindo

Para la elaboración del dulce de tamarindo se pesaron todos los ingredientes de acuerdo a la formulación establecida en la Tabla 2. La pulpa se cocinó a una temperatura de 85°C, a la cual se añadieron el 90% de la sacarosa ya que el 10% restante se mezcló con pectina y sorbato de potasio para que no aparezcan grumos en el dulce. Se combinó con el resto de ingredientes y se cocinó durante 25 minutos. Finalmente se envasó en frascos de vidrio herméticamente sellados y almacenados a temperatura ambiente durante seis meses.

Tabla 2. Formulación del dulce

	Fórmula 1 (%)	Fórmula 2 (%)
Pulpa de tamarindo	40	40
Sacarosa	60	0
Stevia	0	20
Glucosa	0,01	0,01
Pectina	0,3	0,3
Sorbato de potasio	0,04	0,04
Glicerina	0,005	0.005

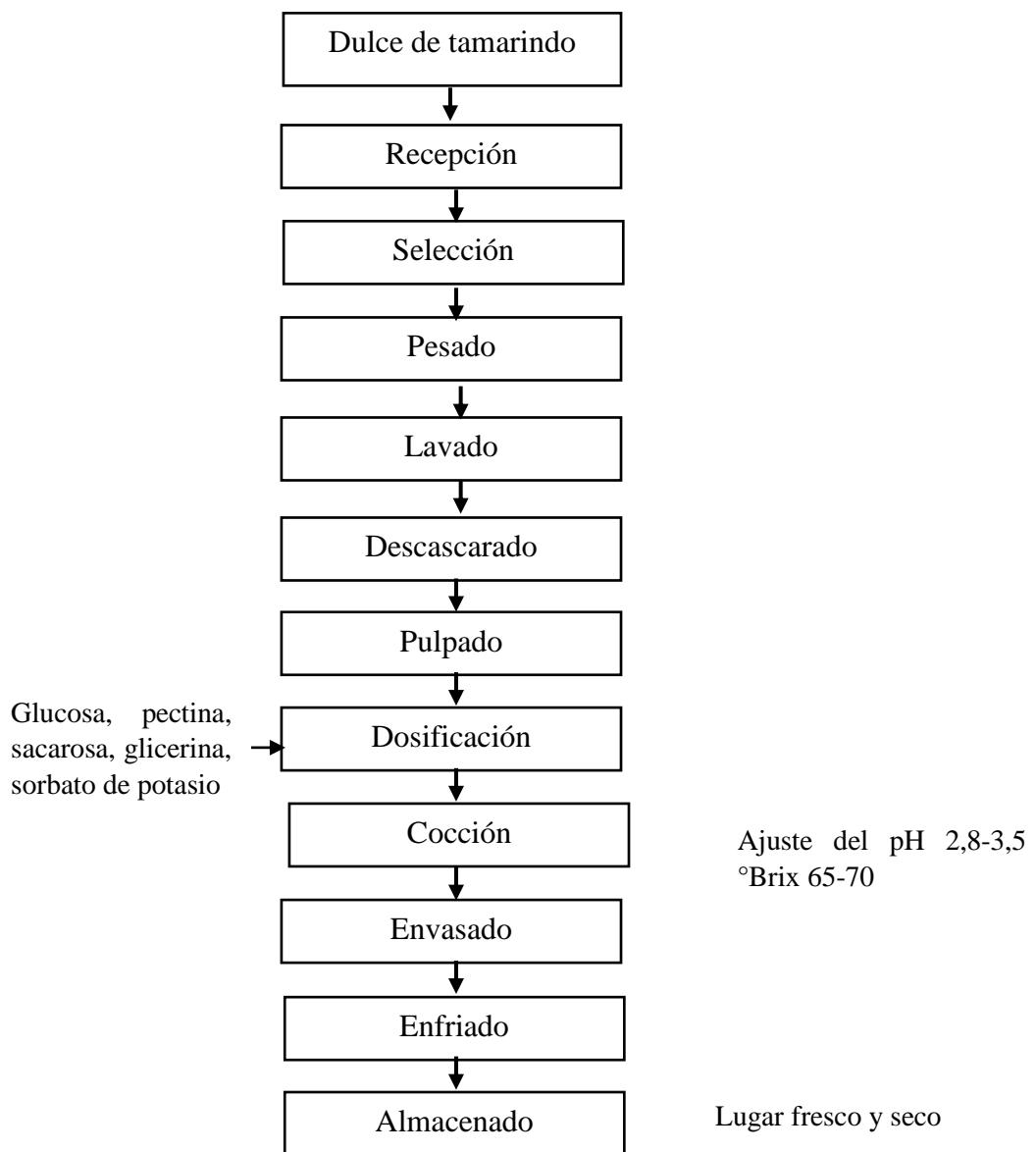


Figura 4. Proceso de obtención del dulce de tamarindo

2.3. Análisis fisicoquímico del dulce

2.3.1. Determinación de iones del hidrógeno (pH)

En el Ecuador al no existir una normativa para dulces de frutas se tomó como referencia la normativa para mermeladas y jaleas; por lo tanto el pH se determinó según la metodología propuesta por la norma técnica ecuatoriana (INEN 389, 1986). se pesaron 10 g del producto y se homogenizó en 100 ml de agua destilada, se filtró la mezcla y se midió el pH de la misma con la ayuda de un potenciómetro (OAKTON, modelo WD-35610-10) previamente calibrado con soluciones buffer 4,0 y buffer 7,0.

2.3.2. Determinación de acidez titulable

La acidez titulable se determinó según la metodología propuesta por la norma técnica ecuatoriana (INEN 381, 1986). Por lo tanto, se pesaron 10 g de la muestra y se homogenizó en 100 ml de agua destilada, se filtró y se tomó 10 ml de la mezcla para aforar en un matraz con agua destilada, posteriormente se añadió de 2 a 3 gotas de fenolftaleína y se valorará con una solución de NaOH 0,01, hasta observar el viraje de color rosa, la determinación se realizó por triplicado. Finalmente se calculó el porcentaje de acidez mediante la ecuación 1:

$$A = \frac{V1 \cdot N1 \cdot M1}{V2} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

V1: g de ácido por 100g de producto

N1: cc de NaOH usado para la titulación de la alícuota

M1: peso molecular del ácido considerado como referencia

V2: volumen de la alícuota tomada para el análisis



Figura 5. pH-metro Mettler Toledo T50

2.3.3. Determinación de los sólidos solubles (°Brix)

Los sólidos solubles se determinaron según la metodología propuesta por la norma técnica ecuatoriana (INEN 380, 1986) se cogieron 10 g de la muestra por triplicado previamente homogenizada, a una temperatura de 20°C y se midieron los sólidos solubles de la misma con la ayuda de un refractómetro (OAKTON, modelo WD-35610-10) previamente calibrado.

2.4. Análisis proximal

2.4.1 Determinación del contenido de humedad

El contenido de humedad se determinó según la norma AOAC (2008) citado por Naeem et al., (2017). Para ello se colocaron aproximadamente 2 g de muestra en una cápsula vacía previamente tarada y pesada para someter a secado en estufa (Memmert, 854 Schwabach) a 105°C por 24 horas. Finalizado el tiempo de secado se colocaron las muestras en un desecador hasta alcanzar un peso constante y el porcentaje de humedad se calculó mediante la ecuación 2:

$$\% H = \frac{(W1-W2)}{Pm} * 100 \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde:

W1: peso de la cápsula + muestra antes del secado en g

W2: peso de la cápsula + muestra después del secado en g

Pm: Peso de la muestra en g.

2.4.2 Contenido de cenizas

Para determinar el contenido de cenizas se siguió la metodología propuesta por la norma AOAC (2006) citada por Naeem et al., (2017). Se pesaron 2 g de muestra en crisoles de porcelana previamente tarados, estos se sometieron a incineración en la mufla (Thermolyne, FBI315M) a 550°C por 8 horas, hasta obtener cenizas blancas o grisáceas. Los crisoles fueron colocados en un desecador hasta alcanzar peso constante. El porcentaje de cenizas se obtuvo siguiendo la ecuación 3:

$$\% \text{ Cenizas totales} = \frac{Pc}{Pm} * 100 \quad (\text{Ecuación 3})$$

Donde:

Pc: peso de las cenizas en g

Pm: Peso de la muestra en g

2.4.3 Proteína

La determinación del contenido de proteína se realizó según la metodología propuesta en la norma AOAC 960.52-1978 citada en **Pozo Yépez et al., (2013)**, en la cual se utiliza el método Kjeldahl, en el cual se efectuó un ensayo en blanco con una muestra orgánica que no contenga nitrógeno. Finalmente, el contenido de proteína se determinó con las ecuaciones 4 y 5:

$$\% \text{ nitrógeno total} = \frac{14 * N * V * 100}{m * 1000} \quad (\text{Ecuación 4})$$

$$\% \text{ proteina} = \% \text{ nitrógeno total} * F \quad (\text{Ecuación 5})$$

Donde:

N: Normalidad de la solución de HCl

V: Volumen gastado de HCl en la titulación

m: peso de la muestra, en g

F: Factor de conversión de nitrógeno a proteína, 6.25

2.5. Textura

El análisis de perfil de textura se realizó de acuerdo a la metodología de **Orozco, Flores, Soto, & Angélica, (2010)**. Para lo cual se envasó el producto en frascos de vidrio aproximadamente 1,5 g de dulce. Se realizará una doble compresión hasta un 75% de deformación y a una velocidad del cabezal de 5 mm/s con la ayuda de un texturómetro (Brookfield, CT3). Los parámetros a medir fueron, dureza, elasticidad, firmeza y masticabilidad



Figura 6. Texturómetro Brookfield Pro CT3

2.6. Reología

El análisis de reología se realizó de acuerdo a la metodología de **Fraguas, (2008)**. Para lo cual se utilizó un reómetro (Anton Paar MCR 302. Australia). La geometría a utilizar fue plato-plato (40 mm de diámetro y espacio de 2 mm). La muestra se colocó en medio de las placas, cuidando que la muestra no desborde y eliminando el exceso. La experimentación se realizó por triplicado.



Figura 7. Reómetro Anton Paar MCR 302

2.7. Determinación de vida útil mediante análisis microbiológico del dulce

Para el análisis microbiológico, se pesaron de cada muestra 10 g por duplicado previamente homogenizada y se trasladó a bolsas estériles (Sterilin, Stone, Staffordshire, Reino Unido) a las cuales se añadieron 90ml de agua de peptona, se sometieron a agitación exhaustiva por 1 min en un homogenizador Stomacher (400C, Seward, Londres, Reino Unido). Seguidamente se realizaron diluciones seriadas de acuerdo a cada determinación microbiológica requerida, para recuento de aerobios mesófilos, se realizó siembra en placas de agar para recuento en placa, PCA (Difco, Le Pont de Claix, France) y se incubó a 37°C por 24 horas; para mohos y levaduras se sembró en placas de agar Sabouraud Dextrose, incubándose a 26°C por 5 días y para recuento de *Enterobacteriaceae* se utilizó la técnica de siembra en doble capa con agar bilis rojo violeta (Acumedia, Michigan, EE.UU) y se incubaron a 37°C por 24 horas. Los ensayos se realizaron durante 6 meses, un ensayo por mes.

2.8 Análisis sensorial

Para el análisis sensorial del producto se evaluó la aceptabilidad mediante una escala hedónica de 5 puntos siguiendo la metodología de (Fraguas, 2008). Se utilizó un panel de 8 catadores semi-entrenados de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato.



Figura 8. Panel de cata

2.9. Diseño experimental

Se aplicó un diseño experimental de un solo factor completamente aleatorizado. El análisis estadístico se realizará con el programa GraphPadPrism 5.0 (GraphPad Software, San Diego, California, EE. UU) para el análisis de varianza ANOVA de una vía. La comparación por pares se llevó a cabo mediante la prueba de Tukey, con un nivel de significación de $P \leq 0,05$. El único factor del diseño fue el tipo de edulcorante que tendrá 2 niveles: con sacarosa y stevia. Para el manejo y tabulación de los datos experimentales se utilizó el programa Microsoft Excel 2017 (EE.UU.).

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis y discusión de los resultados

3.1.1. Análisis fisicoquímico

En la Tabla 3 se presentan los valores de pH, acidez y sólidos solubles del dulce de tamarindo. Los valores de pH en cada tratamiento se encuentran dentro de los parámetros establecidos por las normas INEN que van de 2,8 a 3,5 se observa que existe diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los tratamientos procesados con sacarosa y stevia. El pH es un parámetro importante por ser el encargado de controlar el crecimiento de microorganismos, actividad enzimática durante su almacenamiento, de la firmeza, color y sabor (**Conde, Alarcón, Pajaro, Llamas, & Méndez, 2017**), además permite que la pectina actúe de manera eficiente y se produzca la gelificación deseada en el producto (**Pons, 2009**). En las muestras que se elaboraron con sacarosa se observó que hubo un incremento del pH durante el tiempo de almacenamiento, el cual podría ser relacionado con la formación de un gel más firme ya que los compuestos ácidos se encuentran menos solubles, así mismo se podría atribuir mayor degradación de ácidos orgánicos (**Mendoza, 2007; Arguero Aulestia, 2018**).

Los valores reportados de acidez se encuentran expresados en porcentaje de ácido tartárico, los cuales varían de 1,8 a 1,9% encontrándose en concordancia con los parámetros establecidos por la AOAC 942.15 y existiendo una diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los dos tratamientos; el parámetro de acidez detectado es similar con los parámetros de mermeladas y jaleas (**Cámara, 2015**). Por lo general la acidez en mermeladas se mide de acuerdo al porcentaje de ácido cítrico, pero en este caso se tomó en consideración que el ácido que predomina en el tamarindo es el ácido tartárico, ya que este representa el 90% de todos los ácidos presentes en la pulpa (**Hasan S, 1972**) (**Saavedra Montenegro, 2016**). El porcentaje de acidez en la pulpa de tamarindo puede sufrir un aumento debido a la actividad metabólica del fruto, ya que esta es la reacción principal que se da como medio de conservación. Por otra parte la cantidad de ácidos que contiene el tamarindo ayuda a incrementar la vida útil del dulce, mejorar el sabor en contraste con la dulzura y brinda un mejor brillo al producto final (**Conde et al., 2017**).

Los contenidos de sólidos solubles totales mostraron diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los tratamientos, tomado como referencia la norma INEN la cual indica que debe poseer como mínimo 65 °Brix, por lo tanto el dulce con sacarosa se encuentran dentro de los parámetros establecidos alcanzando un valor de 70 °Brix, por otra parte el dulce con stevia alcanzó 26 °Brix debido a su bajo contenido calórico y al comparar con mermeladas light elaboradas con diferentes edulcorantes expandidas en el mercado estas contienen de 24 a 28 °Brix (**Retamal & Nicole, 2012**), por lo tanto este se encuentra dentro de estos parámetros.

Tabla 3. Cambios de pH, acidez y sólidos solubles en dulce de tamarindo

Tratamiento	Tiempo (meses)	pH	Acidez (% ácido tartárico)	°Brix
Sacarosa	0	2,82±0,01 ^a	2,27±0,04 ^a	71±0,02 ^a
	1	2,81±0,01 ^a	2,25±0,05 ^a	70,06±0,3 ^a
	2	2,80±0,01 ^a	2,30±0,03 ^a	69,64±0,41 ^a
	3	2,79±0,01 ^a	2,35 ^a	69,9±0,52 ^a
	4	2,78±0,01	2,36±0,01 ^a	70,03±0,21 ^a
	5	2,77 ^a	2,39±0,01 ^a	71,03±0,21 ^a
Stevia	6	2,77±0,01 ^a	2,43±0,01 ^a	69,94±0,12 ^a
	0	2,81±0,01 ^b	2,43±0,01 ^b	25,72±0,2 ^b
	1	2,81±0,01 ^b	2,44±0,01 ^b	25,93±0,16 ^b
	2	2,80±0,01 ^b	2,47 ^b	26,16±0,23 ^b
	3	2,80±0,01 ^b	2,48±0,01 ^b	25,93±0,12 ^b
	4	2,80±0,01 ^b	2,50±0,01 ^b	25,73±0,25 ^b
	5	2,79 ^b	2,50±0,01 ^b	25,93±0,06 ^b
	6	2,79 ^b	2,54±0,01 ^b	25,83±0,15 ^b

Los superíndices a, b indican diferencia significativa, evaluada con una prueba Tukey al 95% de confianza.

3.1.2. Análisis proximal

En la Tabla 4 se presentan los resultados del análisis proximal del dulce de tamarindo. Los valores de humedad presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre muestras. La humedad en el dulce con stevia es mayor debido a que no hay un aporte significativo de sólidos solubles, considerándose que la sacarosa tiene la capacidad de absorber humedad lo que favorece a la disminución de ésta en el producto final (**De Paula, Simanca, Pastrana, Carmona, & Lombana, 2010**). La humedad es fundamental en la elaboración de mermeladas y dulces ya que se puede utilizar como indicador de la vida útil, por lo tanto, un bajo contenido de humedad indica larga vida

útil (Naeem et al., 2017), altos valores de humedad contribuye a la proliferación de microorganismos, a pesar de que el valor de humedad en el dulce con stevia sea alto no representa un factor de riesgo ya que no supera el valor sensible que es del 35% (Guevara Bravo, 2014).

Los valores de cenizas obtenidos del dulce muestran diferencia significativa ($p < 0,05$) entre muestras, el dulce elaborado con stevia presentó un porcentaje mayor de cenizas debido a que es el resultado de la concentración de este compuesto durante su procesamiento (De Paula et al., 2010). Se puede obtener un incremento del contenido de cenizas debido a que algunos edulcorantes naturales como la stevia poseen estructuras minerales como el sodio potasio, calcio, zinc, magnesio y fosforo los cuales se ven reflejados en forma de cenizas (Gonzalo L. 2010; Buenaño Hernández, 2017).

El tamarindo es una de las frutas tropicales con los niveles más bajo de agua y como en consecuencia se caracteriza por poseer un mayor contenido de proteína (Saavedra Montenegro, 2016). El contenido proteico en las dos muestras no mostró diferencia significativa, debido a que la sacarosa y stevia no contienen proteína en su estructura, por lo tanto la variación de contenido proteico se da por otros factores como la calidad y cantidad de proteína en la pulpa (Buenaño Hernández, 2017). En este caso se utilizó la misma pulpa para los dos tratamientos. El contenido de proteína pudo haber presentado un incremento en el producto final en comparación a la proteína que tiene la pulpa, debido a la concentración de ésta durante su procesamiento (De Paula et al., 2010).

Tabla 4. Datos del análisis proximal del dulce de tamarindo

Tratamiento	Humedad (%)	Cenizas(%)	Proteína(%)
Sacarosa	24,02±0,21 ^a	0,50 ^a	0,49 ^a
Stevia	28,73±0,11 ^b	0,82 ^b	0,49 ^a

Los superíndices a, b indican diferencia significativa, evaluada con una prueba Tukey al 95% de confianza

3.1.3. Textura

En la Tabla 5 se muestran los resultados de perfil de textura. Las propiedades texturales tuvieron un efecto significativo entre tratamientos y con el tiempo de almacenamiento ($P < 0,05$), esto cambios detectados se deben a que la textura se ve afectada por la pérdida de agua e hidrólisis de proteínas (**Daza & Ruth, 2014**). El deterioro de la textura durante el tiempo de almacenamiento se podría deber por la presencia de ácidos que contribuirían a la despolimerización de pectinas produciendo una disminución en la consistencia del dulce (**Korus, Jaworska, Bernaś, & Juszczak, 2015**). Los valores de dureza (1,58 N) y firmeza (1,81 N) son más altos en el caso del dulce elaborado con sacarosa debido a que la rigidez del gel está relacionado al alto contenido de sacarosa y ácido, una concentración alta de sacarosa hace que sea mayor la cantidad de agua atrapada por la red cristalina y altas concentraciones de ácido contribuye a la dureza del gel. Se debe tomar en cuenta que si existe un exceso de las concentraciones ya mencionadas se puede llegar a producir una hidrólisis de la pectina, pero si la concentración de ácido es demasiado baja produce fibras demasiado blandas lo que produce que la estructura del gel sea incapaz de soportar el líquido y se formen grumos, lo que finalmente se muestra en una textura indeseable (**Márquez, Caballero, & Vanegas, 2016**). Los resultados de textura en el dulce con stevia son más bajos ya que este aditivo no contribuye con sólidos solubles, por lo cual durante el almacenamiento los cambios de textura se ven alterados, lo que produce una mayor pérdida de agua, es por ello que las mermeladas comúnmente conocidas como “light” por su bajo contenido calórico utilizan agentes gelificantes como carrageninas las cuales ayudan a formar geles muy elásticos con retención de agua y que a su vez mejoran la consistencia y estabilidad (**Retamal & Nicole, 2012**). Otro de los factores que afecta la textura es la cocción ya que si es muy prolongada ayuda a que se produzca más rápido una sinéresis (**Maldonado & Singh, 2008**).

Tabla 5. Resultados de perfil de textura en el dulce de tamarindo

Tratamiento	Tiempo (meses)	Dureza (N)	Elasticidad (mm)	Firmeza (N)	Masticabilidad (J)
Sacarosa	0	4,01±1,7 ^{a,c}	6,32±2,01 ^{a,c}	5,67±2,7 ^{a,c}	0,03±0,01 ^{a,c}
	1	3,83±2,7 ^{a,c}	8,26±3,02 ^{a,c}	4,45±3,3 ^{a,c}	0,04±0,04 ^{a,c}
	2	1,52±0,66 ^{a,c}	5,69±1,35 ^{a,c}	1,61±0,78 ^{a,c}	0,01±0,01 ^{a,c}
	3	1,54±0,7 ^{a,c}	8,34±4,40 ^{a,c}	1,81±0,8 ^{a,c}	0,02±0,01 ^{a,c}
	4	1,30±0,2 ^{a,c}	10,90±17,6 ^{a,c}	1,35±0,2 ^{a,c}	0,02 ^{a,c}
	5	0,81±0,5 ^{a,c}	8,97±9,6 ^{a,c}	0,84±0,4 ^{a,c}	0,01 ^{a,c}
	6	0,47±0,16 ^a	2,55±0,74 ^a	0,51±0,24 ^{a,c}	0,001 ^{a,c}
Stevia	0	1,8±0,26 ^{b,d}	6,67±3,25 ^{b,d}	1,9±0,47 ^{b,d}	0,02±0,01 ^{b,d}
	1	1,4±0,56 ^{b,d}	7,67±5,25 ^{b,d}	1,63±0,7 ^{b,d}	0,01±0,01 ^{b,d}
	2	0,9±0,4 ^{b,d}	4,81±1,36 ^{b,d}	0,88±0,4 ^{b,d}	0,004 ^{b,d}
	3	0,9±0,55 ^{b,d}	10,71±12,2 ^{b,d}	0,89±0,62 ^{b,d}	0,005±0,01 ^{b,d}
	4	1,23±0,27 ^{b,d}	4,71±0,66 ^{b,d}	1,18±0,35 ^{b,d}	0,006 ^{b,d}
	5	0,49±0,14 ^{b,d}	2,28±0,57 ^{b,d}	0,52±0,21 ^{b,d}	0,001 ^{b,d}
	6	0,35±0,09 ^{b,d}	2,15±0,25 ^{b,d}	0,36±0,16 ^{b,d}	0,001 ^{b,d}

Los superíndices a, b, c, d indican diferencia significativa, evaluada con una prueba Tukey al 95% de confianza

3.1.4. Reología

En la Figura 9, 10 y 11 se indican los módulos de almacenamiento (G') y de pérdida (G'') así como la tangente del ángulo δ en función de la frecuencia angular (γ). En todos los casos se observó que los valores de G' y G'' ascienden paralelamente con el aumento de la frecuencia angular. Además, ambos presentan valores superiores en las muestras endulzadas con sacarosa (con una diferencia significativa $p < 0,05$), debido a que existe una mayor rigidez del gel (**Basu, Shivhare, Singh, & Beniwal, 2011**). Este efecto se debe a que la sacarosa a altas concentración (60-65%) presenta un efecto ligante, debido a que deshidrata las moléculas de pectina permitiendo así la formación de puentes de hidrógeno que contribuyen a una mejor estructura del gel (**Grünauer, 2009**), (**Mitchell, 2008**).

Así mismo G' es superior a G'' en todas las muestras, esta tendencia indica que el dulce es más elástico que viscoso (**Tirado, Acevedo, & Montero, 2014**); (**Gao, Yu, Zhang, Xu, & Fu, 2011**). Similares resultados se obtuvieron en masas elaboradas con distintas variedades de trigo (**Magaña-Barajas et al., 2009**).

Por otra parte, la tangente del ángulo δ permite comparar la energía perdida durante un ensayo oscilatorio con la cantidad de energía almacenada durante este periodo,

siendo indicativo de la elasticidad y viscosidad de las muestras (Ramos & Ibarz, 2006). Los valores obtenidos en este parámetro en las dos muestras son mayores a la unidad, evidenciando que presentan un comportamiento viscoelástico

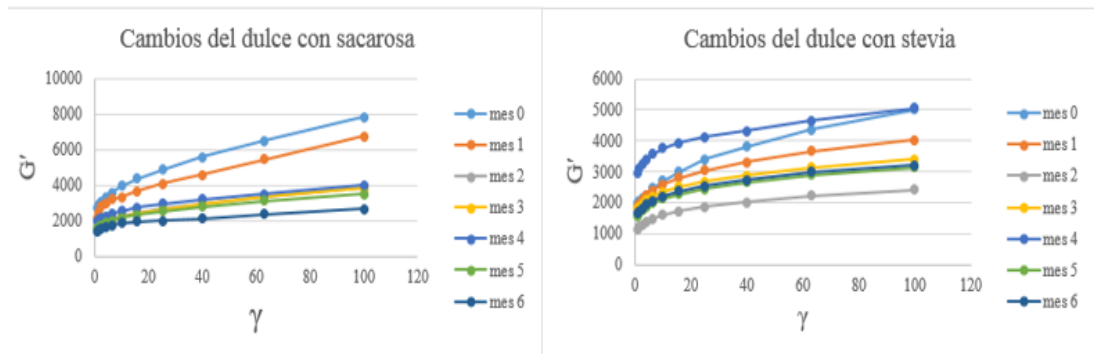


Figura 9. Módulo de almacenamiento G' , en función de la frecuencia angular

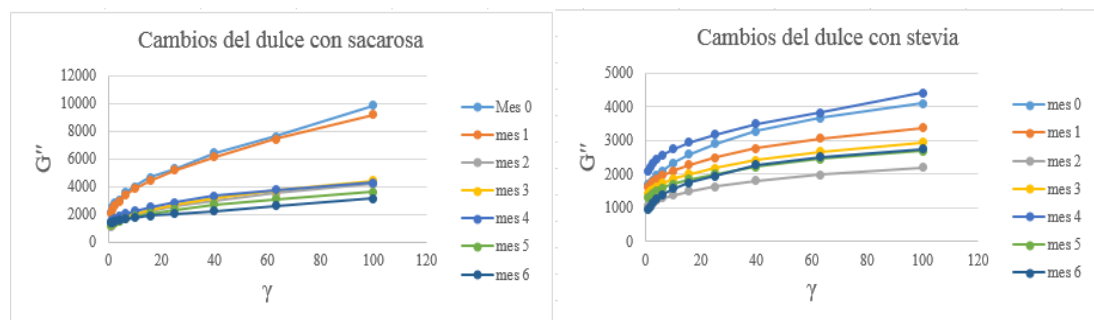


Figura 10. módulo de perdida G'' , en función de la frecuencia angular

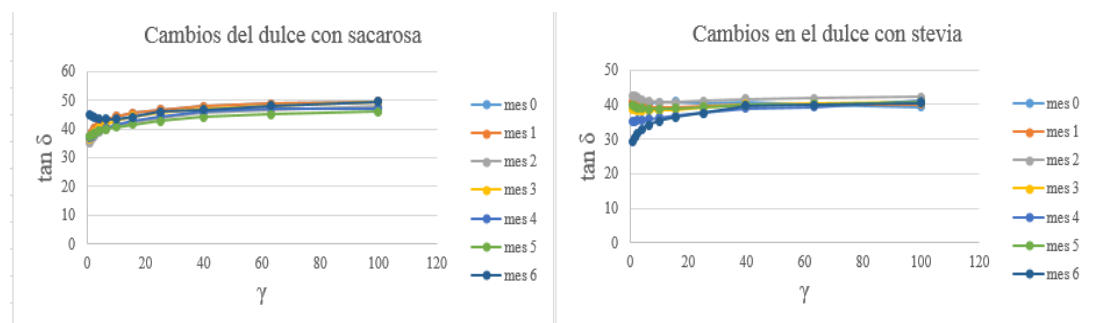


Figura 11: tangente del ángulo δ en función de la frecuencia angular

3.1.5. Análisis microbiológico del dulce

En el análisis microbiológico del dulce no se observó crecimiento microbiano en ninguna de las muestras durante los seis meses de almacenamiento (estabilidad). El desarrollo de microorganismos es dependiente de ciertos parámetros; entre ellos el pH, ya que sirve como barrera contra el crecimiento microbiano y las acciones de las

enzimas, para lo cual el pH debe ser menor a 4,6 (FAO, 1991). En las dos muestras de dulce no se observó crecimiento microbiano debido a que los valores de pH del producto fueron inferiores a 3,5.

La actividad de agua se considera como uno de los parámetros de control más importantes para la conservación de alimentos, la cual no debe exceder de 0,9 para evitar crecimiento microbiano y deterioro del alimento (Gomez & Hernandez, 2014). En el caso del dulce con sacarosa la actividad de agua se encuentra entre 0,6 - 0,8 debido a que la sacarosa aporta sólidos solubles que disminuyen la actividad agua e impiden el crecimiento microbiano; por otra parte el dulce elaborado con stevia al no aportar sólidos solubles aumenta su actividad de agua, y por ende se hace más propenso a la descomposición (Chuasqui, 1997), citado por (Retamal & Nicole, 2012).

En este sentido, para garantizar la estabilidad microbiana, las dos muestras fueron envasadas al vacío, haciendo que se elimine el oxígeno de los frascos y genere una presión interna que actúa como barrera limitante para la entrada de O₂ (López, Torres, & Antolin, 2004), lo que evitaría el crecimiento de microorganismo como mohos levaduras, aerobios, mesófilos y enterobacterias, siendo estos los más perjudiciales en productos como mermeladas y dulces.

Otra manera de evitar el crecimiento microbiano es el uso de conservantes ya que estos retardan o evitan el crecimiento de microorganismos, previniendo los procesos de fermentación (Aguilar Oliveros, 2018), en este caso se utilizó sorbato de potasio por su mayor espectro de acción sobre microorganismos ayudando a la prolongación de la vida útil del producto elaborado. Estos factores son importantes para la determinación de la vida útil de este y todos los alimentos, pero también se debe tener en cuenta ciertos aspectos como: higiene, condiciones de procesamiento y empaque, ya que también influyen en el crecimiento microbiano (Wilbey, 1997), los resultados obtenidos permiten establecer que el dulce de tamarindo es apto para el consumo humano ya que durante seis meses no presentó crecimiento microbiano y tampoco presencia de microorganismos patógenos.

3.1.6. Análisis Sensorial

Los resultados obtenidos sobre el análisis sensorial del dulce de tamarindo se muestran en la Figura 12, el análisis de las características sensoriales permitió establecer que el dulce con mayor aceptación fue el elaborado con sacarosa, al comparar con otros estudios sobre mermeladas se menciona que la aceptabilidad por lo regular siempre es mayor en mermeladas tradicionales elaboradas con sacarosa (**Montagnani, 2016**). Sin embargo, el dulce producido con stevia presentó una mayor puntuación en sabor viscosidad y color.

El análisis estadístico de los datos no mostró diferencia significativa entre muestras ($p > 0.05$), resultados similares fueron reportados por (**Carvalho et al., 2013**) quien menciona que no existe diferencia significativa en aspectos visuales y olfativos entre mermeladas endulzadas con sacarosa y stevia ya que poseen la misma formulación de base.

Con respecto al color las dos muestras fueron muy similares, sin embargo el dulce con stevia obtuvo una mayor puntuación por los catadores; es importante que el color debe verse reflejado en concordancia con el propio de la fruta, manteniendo una apariencia natural y brillante (**Chapoñan Casas, 2016**); para poder mantener un color agradable es importante también el tiempo de cocción, siendo el tiempo máximo de 30 min para no causar un oscurecimiento que podría ser desagradable para los evaluadores, el tiempo de cocción durante el ensayo fue de 25 min, lo que permitió bloquear este efecto sobre el producto.

El sabor en el dulce con stevia fue calificado como ácido, mientras que el dulce con sacarosa fue calificado entre semidulce y ácido, está establecido que el deseo humano por el sabor dulce siempre predomina la preferencia entre otros sabores (**Drewnowski, Mennella, Johnson, & Bellisle, 2012**), en este caso se debe tener en cuenta que el sabor característico del tamarindo es ácido, por lo tanto los panelistas esperaban sentir el sabor característico del tamarindo, es así que, los jueces prefieren el endulzado con stevia; además el sabor de la stevia es más bajo pero de mayor prolongación que el de sacarosa, por lo cual hay que tener cuidado cuando se agregan altas concentraciones de stevia ya que puede producir una sensación de sabor amargo y dulce a la vez (**Vásquez et al., 2012**)

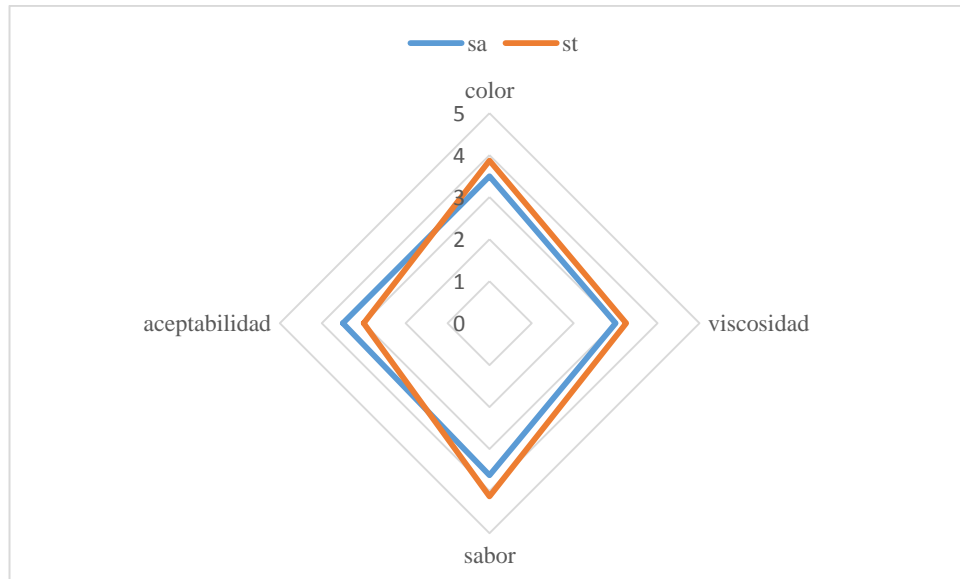


Figura 12. Perfil sensorial del dulce, sa (sacarosa), st (stevia)

3.2. Verificación de hipótesis

Hipótesis nula

La incorporación de sacarosa y stevia en la elaboración de dulce de tamarindo (*Tamarindus indica*) no influye directamente en las propiedades tecno-funcionales y fisicoquímicas.

Hipótesis alternativa

La incorporación de sacarosa y stevia en la elaboración de dulce de tamarindo (*Tamarindus indica*) influye directamente en las propiedades tecno-funcionales y fisicoquímicas.

Los resultados obtenidos en el dulce de tamarindo incorporando sacarosa y stevia permiten establecer que se acepta la hipótesis alternativa ya que la sacarosa permite obtener un gel más firme, ayuda a aumentar el contenido de sólidos solubles, reduce la actividad de agua, por lo que esto incide en el análisis proximal, fisicoquímico, textura y reología.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Las propiedades fisicoquímicas como pH, acidez y °Brix se ven afectadas al incorporar sacarosa y stevia, para el caso de la sacarosa estos parámetros se ajustan de acuerdo con las normas establecidas. El pH es un parámetro importante en el control del crecimiento microbiano, además la sacarosa aporta con sólidos solubles, lo que ayuda a que exista un menor contenido de humedad y permite que la pectina produzca la gelificación deseada del dulce. Por otro lado, el dulce elaborado con stevia al no aportar sólidos solubles da como resultado un producto de menor calidad y más propenso a la descomposición.
- Las propiedades reológicas y de textura en el dulce durante seis meses de almacenamiento presentaron cambios significativos debido a la incorporación de sacarosa y stevia, pues estas presentaron sinéresis provocando una disminución en la consistencia, siendo el más afectado el dulce con stevia ya que al no contribuir con sólidos solubles existe una mayor pérdida de agua. Además, ambas muestras presentaron un comportamiento viscoelástico.
- El dulce de tamarindo con sacarosa y stevia presentan un tiempo de vida útil mayor a seis meses ya que en ningún tratamiento hubo crecimiento microbiano debido a que el pH de ambas muestras se mantuvo por debajo de 4,6. El dulce fue sellado herméticamente al vacío para eliminar el oxígeno, la adición de sorbato de potasio, la manipulación e higiene contribuyeron a que no exista crecimiento microbiano y se prolongue el tiempo de vida útil.
- El análisis sensorial del dulce permitió establecer una mayor aceptación por el dulce elaborado con sacarosa, sin embargo, para los resultados de color, sabor y viscosidad fueron mayores para el dulce de stevia, por presentar características más semejantes a la fruta de tamarindo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarado, J. d. (1996). Principios de Ingeniería Aplicados a Alimentos. Quito - Ecuador: Radio Comunicaciones
- Acevedo, D., Tirado, D., & Guzmán, L. (2014). Deshidratación osmótica de pulpa de tamarindo (*Tamarindus indica* L.): influencia de la temperatura y la concentración. *Revista Udca Actualidad & Divulgación Científica*, 17(1), 123-130.
- Aguilar Oliveros, D. V. (2018). Análisis la estabilidad natural a tiempo real de una mermelada empleando mucílago de cacao (*Theobroma cacao* CCN-51) combinado con trozos de piña usando dos tipos de conservantes.
- Arévalo Illescas, D. A., & Vélez Zamora, F. M. (2015). *Aplicación de técnicas de repostería en siete dulces de cuchara cuencanos*.
- Arguero Aulestia, E. J. (2018). Propiedades físico-químicas y estabilidad microbiológica de mermeladas de fresa formuladas con polvo de piel mandarina empleado como ingrediente funcional y sostenible.
- Basu, S., Shivhare, U., Singh, T., & Beniwal, V. (2011). Rheological, textural and spectral characteristics of sorbitol substituted mango jam. *Journal of Food Engineering*, 105(3), 503-512.
- Buenaño Hernández, K. A. (2017). *Elaboración de jarabe de tamarindo con la utilización de edulcorantes naturales en reemplazo del azúcar convencional*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Cámara, D. (2015). Programa de apoyo y agroindustrial vicepresidencia de fortalecimiento empresarial. *Bogotá: Cámara de Comercio*.
- Carvalho, A. C. G. d., Oliveira, R. C. G. d., Navacchi, M. F. P., Costa, C. E. M. d., Mantovani, D., Dacôme, A. S., . . . Costa, S. C. d. (2013). Evaluation of the potential use of rebaudioside-A as sweetener for diet jam. *Food Science and Technology*, 33(3), 555-560.
- Conde, C. G., Alarcón, M. E. T., Pajaro, N. P., Llamas, E. G., & Méndez, G. L. (2017). Caracterización química y determinación de la actividad antioxidante de la pulpa de *Tamarindus indica* L.(tamarindo). *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 22(2).
- Chapoñan Casas, V. (2016). Proyecto para la instalación de una planta procesadora de mermelada a partir de camu camu (*Myrciaria dubia*) para exportación.

- Daza, J., & Ruth, N. (2014). Elaboración y evaluación reológica de mermelada de piña (Ananas comosus).
- De Paula, D. C., Simanca, M. M., Pastrana, Y. I., Carmona, A. M., & Lombana, G. P. (2010). Condiciones de utilización del esteviósido en la elaboración de mermelada de guayaba dulce (*Psidium guajava* L.). *Alimentos Hoy*, 19(21), 43-54.
- Dervisi, P., Lamb, J., & Zabetakis, I. (2001). High pressure processing in jam manufacture: effects on textural and colour properties. *Food chemistry*, 73(1), 85-91.
- Drewnowski, A., Mennella, J. A., Johnson, S. L., & Bellisle, F. (2012). Sweetness and food preference. *The Journal of nutrition*, 142(6), 1142S-1148S.
- Durán, S., Rodríguez, M. d. P., Cerdón, K., & Record, J. (2012). Estevia (stevia rebaudiana), edulcorante natural y no calórico. *Revista chilena de nutrición*, 39(4), 203-206.
- El-Siddig, K. (2006). *Tamarind: Tamarindus Indica L* (Vol. 1): Crops for the Future.
- Encalada Romero, W. G. (2011). *Diseño de planta para la elaboración de caramelos a base de tamarindo (tamarindus indica) con ají (capsicum Annuum) en la ciudad de Quito*. Quito: Universidad de las Américas, 2011.
- FAO. (1991). Manual de control de la calidad de los alimentos. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- FAO. (1997). Tabla de Composición de Alimentos de America Latina. Roma – Italia.
- Fraguas, C. F. (2008). *Caracterización reológica y optimización de la textura de purés de patata frescos y congelados: efectos del proceso y adición de crioprotectores*: Universidad Complutense de Madrid, Servicio de Publicaciones.
- Gao, X., Yu, T., Zhang, Z.-h., Xu, J.-c., & Fu, X.-t. (2011). Rheological and sensory properties of four kinds of jams. *Journal of Stored Products and Postharvest Research*, 2(11), 227-234.
- García, F. E. V., Cardona, L. d. J. M., & Garcés, Y. J. (2008). Estimación de la vida útil fisicoquímica, sensorial e instrumental de queso crema bajo en calorías. *Revista Lasallista de investigación*, 5(1), 28-33.

- Gomez, J., & Hernandez, E. (2014). Uso del tomate *Solanum lycopersicum* L. de calidad inferior (Clase II) en la preparación de mermelada baja en calorías.
- Grünauer, C. (2009). Influencia del secado sobre la captación de agua de pectina extraída a partir del *Citrus x Aurantifolia* Swingle. *Revista Tecnológica ESPOL*, 1(2), 12-15.
- Guevara Bravo, T. P. (2014). *elaboración y evaluación de las propiedades laxantes de mermelada de pitahaya (Hylocereus undatus) y maracuyá (Passiflora edulis)*. INEN 380. (1986). Instituto Ecuatoriano de Normalización. Conservas vegetales. Determinación de sólidos solubles. Método refractómetro.
- INEN 381. (1986). Instituto Ecuatoriano de Normalización. Conservas vegetales. Determinación de acidez titulable, Método potenciométrico de referencia
- INEN 389. (1986). Instituto Ecuatoriano de Normalización. Conservas vegetales. Determinación de la concentración del ión hidrogeno (pH).
- Jaramillo, A. V., Bravo, C. H., García, J. L., Salem, O. M., & especialización Finanzas, C. (2009). *Stevia: Produccion y procesamiento de un endulzante Alternativo. Escuela Superior Politécnica del Litoral*.
- Johnson, M. (2014). *Edulcorantes Naturales y Artificiales:¿ Una Bendición o Una Maldición. Universidad Latinoamericana deficiencia y tecnologia (ULACIT)*.
- Jorgensen, P., & León-Yáñez. (1999). *Catalogue of the Vascular Plants of northwest South America. The University Press Of Chicago*.
- Korus, A., Jaworska, G., Bernaś, E., & Juszczak, L. (2015). Characteristics of physico-chemical properties of bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) jams with added herbs. *Journal of food science and technology*, 52(5), 2815-2823.
- López, A., Torres, T., & Antolin, G. (2004). *Tecnología de envasado y conservación de alimentos. Laboratorio de Procesos Químicos de CARTIF. USMP. Perú*.
- Magaña-Barajas, E., Ramírez-Wong, B., Platt-Lucero, L., López-Ahumada, G., Torres, P., & Sánchez-Machado, D. (2009). Caracterización viscoelástica de masas de variedades de trigos suaves. *Tecnología, ciencia, educación*, 24(1), 12-22.
- Maldonado, S., & Singh, J. d. C. (2008). Efecto de gelificantes en la formulación de dulce de yacón. *Food Science and Technology*, 28(2), 429-434.

- Márquez, C., Caballero, B., & Vanegas, K. (2016). Efecto de edulcorantes no calóricos sobre el desarrollo de mermelada de mora (*Rubus glaucus* Benth). *Temas Agrarios*, 32-39.
- Martinello, F., Soares, S., Franco, J. J., Santos, A. C. d., Sugohara, A., Garcia, S. B., . . . Uyemura, S. A. (2006). Hypolipemic and antioxidant activities from *Tamarindus indica* L. pulp fruit extract in hypercholesterolemic hamsters. *Food and Chemical Toxicology*, 44(6), 810-818.
- Mitchell, H. (2008). *Sweeteners and sugar alternatives in food technology*: John Wiley & Sons.
- Montagnani, M. A. (2016). Optimización de una mermelada de tomate de reducido tenor glucídico mediante el uso de aditivos naturales.
- Naeem, M. M., Fairulnizal, M. M., Norhayati, M., Zaiton, A., Norliza, A., Syuriahti, W. W., . . . Rusidah, S. (2017). The nutritional composition of fruit jams in the Malaysian market. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 16(1), 89-96.
- Orozco-Santos, M. (2001). *El cultivo de tamarindo (Tamarindus indica L.) en el trópico seco de México*: SAGARPA/INIFAP.
- Orozco, M. L., Flores, J. M., Soto, G. M., & Angélica, C. (2010). Estudios preliminares para la optimización de mermelada a base de pulpa y cáscara de tunas variedades Reina y Xoconostle.
- Osorio Pazmiño, J. A. (2018). *Creación de una línea de productos artesanales de pastelería a base de tamarindo*. Quito: Universidad de las Américas, 2018.
- Paspuel, H., & Salomé, A. (2017). *Estudio de la incorporación de pulpa de remolacha (Beta vulgaris var) en la elaboración de dulce cortable de tomate de árbol mora (Cyphomandra betacea)*. CIENCIAS DE LA INGENIERÍA E INDUSTRIAS FACULTAD: INGENIERÍA DE ALIMENTOS.
- Paute, A., & Guamán, M. (2016). Optimización de la extracción de antioxidantes en subproducto de tamarindo (*Tamarindus indica* L.): Universidad técnica particular de Loja, Ecuador-Loja.
- Pérez Ramírez Estéfana Alvarado Bárcenas, D. (2012). Aprovechamiento integral de la vaina del tamarindo (*Tamarindus indica* L.).
- Pons, J. A. M. (2009). *La preparación de mermelada como recurso didáctico*. Paper presented at the Anales de la Real Sociedad Española de Química.

- Pozo Yépez, V. C., Abalco, I., & Miguel, S. (2013). *Elaboración de até (bocadillo) de guayaba (Pisidium guajaba L.) incorporando fréjol cargabello (Phaseolus vulgaris L.) y panela para mejorar el valor nutricional del producto.*
- Ramírez-Navas, J. S. (2006). Introducción a la reología de los alimentos. *Revista ReCiTeIA.*
- Ramos, A. M., & Ibarz, A. (2006). Comportamiento viscoelástico de pulpa de membrillo en función de la concentración de sólidos solubles. *Food Science and Technology, 26*(1), 214-219.
- Retamal, V., & Nicole, M. (2012). Elaboración de mermelada light de durazno.
- Rondón, E., Pacheco Delahaye, E., & Ortega, F. (2004). Estimación de la vida útil de un análogo comercial de mayonesa utilizando el factor de aceleración Q10. *Revista de la Facultad de Agronomía, 21*(1), 68-83.
- Saavedra Montenegro, M. L. M. (2016). Extracción y caracterización del aceite esencial de las semillas de Tamarindo (*Tamarindus indica*), Lambayeque–2014.
- Salvador-Reyes, R., Sotelo-Herrera, M., & Paucar-Menacho, L. (2014). Estudio de la Stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) como edulcorante natural y su uso en beneficio de la salud. *Scientia Agropecuaria, 5*(3), 157-163.
- Tirado, D., Acevedo, D., & Montero, P. (2014). Rheological properties of sweetened tamarind pulp. *Revista Udca Actualidad & Divulgación Científica, 17*(2), 495-501.
- Torres, M., Raymundo, A., & Sousa, I. (2013). Effect of sucrose, stevia and xylitol on rheological properties of gels from blends of chestnut and rice flours. *Carbohydrate polymers, 98*(1), 249-256.
- Valverde, F. (1998). *Plantas Útiles del Litoral Ecuatoriano.* Ministerio del Ambiente-ECORAE-EcoCiencia. Guayaquil, Ecuador. 191.
- Vásquez, V., Blas, R., Collantes, L., Echevarría, M., Gordillo, C., Guerrero, N., . . . Vásquez, J. (2012). Grado de aceptabilidad de Stevia (*Stevia rebaudiana* B.) en infusión en una bebida de manzanilla (*Matricaria chamomilla* L.). *Agroindustrial Science, 2*(2), 161-172.
- Wilbey, R. A. (1997). Estimating shelf- life. *International journal of dairy technology, 50*(2), 64-67.

