



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y
BIOTECNOLOGÍA
CARRERA INGENIERÍA EN ALIMENTOS

Tema: Caracterización de la goma obtenida de la Semilla de Tamarindo
(*Tamarindus indica* L.)

Proyecto de Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación, 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: Pumalema Miranda Mariana Raquel
Tutor: Ing. Mg. Álvarez Calvache Fernando Cayetano

AMBATO – ECUADOR

Agosto - 2020

APROBACIÓN DEL TUTOR

Ing. 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.



Ing. Mg. Fernando Cayetano Álvarez Calvache

C. I. 180104502-0

TUTOR

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Pumalema Miranda Mariana Raquel, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Proyecto de Investigación, previo la obtención del título de Ingeniera en Alimentos son absolutamente originales, auténticos y personales; a excepción de las citas.



Pumalema Miranda Mariana Raquel

C.I 0603447590

AUTORA

APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DE TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos profesores Calificadores, aprueban el presente Trabajo de Titulación modalidad Proyecto de Investigación, 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

Dr. Orestes Darío López Hernández Ph.D.

CI: 175478486-4

Dra. Mirari Yosune Arancibia Soria

CI: 1802142461

Ambato, 20 de Julio de 2020

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Proyecto de Investigación o parte de él, 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, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este Proyecto dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.



Pumalema Miranda Mariana Raquel

C.I 0603447590

AUTORA

DEDICATORIA

“ No te conformes con el qué, logra saber el porqué y el cómo.”.
Baden Powell

Esta tesis esta dedicada a:

Dios por ser mi guía espiritual, y poner en mi camino a personas maravillosas.

Mis padres Miguel y Patricia; por ser los principales promotores de mis sueños, con su apoyo y confianza, he podido alcanzar mis objetivos como persona. Gracias padres por sus consejos que me orientaron a tomar las mejores desiciones y por creer en mi.

Junto a mi pequeño Floppy mi compañero y gran amigo

A mis abuelitos quienes han estado conmigo en cada momento importante de mi vida, mis Tios por sus valisos consejos, mis padrinos Gustavo y Amparito por su cariño y constante preocupación.

A mis amigos con sus locuras y amistad incondicional se han convertido en mi segunda familia.

A Daniel y su familia quienes me apoyado en cada momento. Gracias Dany por convertirte en mi amigo, confidente y complice de aventuras.

Gracias a todos amigos y familiares por apoyarme.

Con Cariño,
Mariana

AGRADECIMIENTO

A Dios por ser mi guía a lo largo de mi carrera.

A las autoridades y personal docente de la Universidad Técnica de Ambato por haberme permitido formarme, en especial al Ing. Fernando Alvarez, Dra. Mirari Arancibia y Diego Salazar quienes con la enseñanza de sus valiosos conocimientos hicieron que pueda culminar mi trabajo, gracias a cada uno de ustedes por su paciencia, dedicación, amistad y apoyo incondicional.

Agredecida también a mis padres que siempre han estado cuando los he necesitado, el logro también es de ellos. A mi tío Gustavo por su frase de aliento y consejo.

Agradesco a mis compañeros de universidad, amigos y familiares por su apoyo y amistad. Y por últimos a todos quienes me alentaron a seguir este largo camino con sus consejos.

Muchas gracias a todos.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

A. PÁGINAS PRELIMINARES

Aprobación del tutor.....	ii
Declaración de autenticidad	iii
Aprobación de los miembros de tribunal de grado	iv
Derechos de autor.....	v
Dedicatoria	vi
Agradecimiento	vii
Índice general de contenidos.....	viii
Índice de tablas.....	x
Índice de ecuaciones.....	xi
Índice de figuras	xi
Índice de diagramas.....	xix
Resumen	xii
Abstract	xiii

CONTENIDO

CAPITULO I

MARCO TEÓRICO	1
1.1 Antecedentes Investigativos.....	1
1.1.1 Tamarindo (<i>Tamarindus indica</i> L.).....	1
1.2 Caracterización física de fruto del tamarindo (<i>Tamarindus indica</i> L.) y usos industriales.	2
1.2.1 Hidrocoloides y su aplicación en la industria alimenticia.....	3
1.2.2 Métodos de extracción de gomas	5
1.2.3 Propiedades reológicas	7
1.2.4 Propiedades Térmicas	8
1.3 Objetivos	8
1.3.1 Objetivos General.....	8
1.3.2 Objetivos Específicos	9
1.4 Hipótesis.....	9

1.4.1	Hipótesis Nula	9
1.4.2	Hipótesis Alternativa.....	9
1.5	Señalamiento De Variables	9
1.5.1	Variable Independiente	9
1.5.2	Variable Dependiente.....	9
2	METODOLOGÍA.....	10
2.1	Materiales, ingrediente y equipos.....	10
2.2	Caracterización de la Goma de la semilla de Tamarindo.....	11
2.2.1	Proceso de Obtención de la Goma	11
2.2.2	Propiedades fisicoquímicas, reológicas y térmicas de la goma	13
a)	Propiedades fisicoquímicas	13
b)	Propiedades reológicas.....	16
c)	Propiedades Térmicas	16
2.3	Aplicación Tecnología	16
2.3.1	Proceso de Elaboración de la Mermelada de Tamarindo.....	17
2.3.2	Propiedades fisicoquímicas, reológicas, textura y sensoriales de la mermelada de Tamarindo.....	19
a)	Propiedades fisicoquímicas	19
2.4	Diseño Experimental	20
3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21
3.1	Análisis y discusión de los resultados.....	21
3.1.1	Análisis Fisicoquímico de la goma de tamarindo.	21
3.1.2	Propiedad Reológicos de la goma de tamarindo y aplicación tecnológica ..	24
3.1.3	Propiedades Térmicas de la goma de tamarindo.....	28
3.1.4	Análisis Fisicoquímico de la mermelada de tamarindo.	29
3.1.5	Textura de la mermelada de tamarindo.....	29
3.1.6	Análisis Sensorial de la mermelada de tamarindo	30

3.2	Verificación de Hipótesis	31
4	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	32
4.1	Conclusiones	32
4.2	Recomendaciones.....	33
5	MATERIAL DE REFERENCIA.....	34
5.1	Referencias Bibliográficas	34
6	ANEXOS.....	39
Anexo 1	Manejo de los residuos del tamarindo (semilla).....	39
Anexo 2	Proceso de obtención de la goma	40
Anexo 3	Métodos de caracterización de la goma.....	41
Anexo 4	Caracterización de la mermelada.....	42

ÍNDICE DE TABLAS

CONTENIDO

Tabla 1.	Clasificación Taxonómica del Tamarindo	1
Tabla 2.	Caracterización física del fruto o vaina del tamarindo.....	2
Tabla 3.	Composición porcentual del fruto de Tamarindo.....	2
Tabla 4.	Composición Nutrimental de la Pulpa de Tamarindo (Por 100 g de porción comestible)	3
Tabla 5.	Hidrocoloides Naturales.....	4
Tabla 6.	Hidrocoloides que son polisacáridos, su origen y estructura repetitiva.	5
Tabla 7.	Aplicaciones tecnológicas del Polisacárido de semilla de tamarindo.	6
Tabla 8.	Dosificación de Mermelada de Tamarindo.....	18
Tabla 9.	Análisis Físicoquímico de la goma de tamarindo	22
Tabla 10.	Solubilidad de la Goma de tamarindo.....	22
Tabla 11.	Temperaturas y Entalpías de la goma de tamarindo	29
Tabla 12.	Propiedades Físicoquímicos de la mermelada de tamarindo	29
Tabla 13	Resultados de perfil de textura en la mermelada de tamarindo	30

ÍNDICE DE ECUACIONES

CONTENIDO

Esfuerzo de cizalla	Ec. 1	8
% Rendimiento	Ec. 2	13
Densidad relativa experimental	Ec. 3	14
Viscosidad Relativa	Ec. 4	14
Ecuacion de Mark Houwink	Ec. 5	15
% Acidez	Ec. 6	19

ÍNDICE DE FIGURAS

CONTENIDO

Fig. 1	Semilla y vainas de Tamarindo.....	2
Fig. 2	Fórmula estructural del polisacárido de semillas de tamarindo.....	7
Fig. 3	Relación esfuerzo cortante-velocidad de cizallamiento para líquidos Newtonianos y no-Newtonianos.	8
Fig. 4	Análisis infrarrojo de la goma de semilla de tamarindo secado (GSS)	23
Fig. 5	Análisis infrarrojo de la goma de semilla de tamarindo tostado (GST)	23
Fig. 6	Curva de fluidez (esfuerzo cortante frente a la velocidad de deformación)	25
Fig. 7	Curva de viscosidad (viscosidad frente a la velocidad de deformación)	26
Fig. 8	(a) Módulo de almacenamiento G' , (b) en función de la frecuencia angular módulo de perdida G'' , (c) en función de la frecuencia angula tangente del ángulo δ en función de la frecuencia angular.....	27
Fig. 9	Termogramas de la goma de tamarindo tratamientos GSS (a) Y GST (b).	28
Fig. 10	Evaluación sensorial de mermelada de tamarindo.....	31

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

CONTENIDO

Diagrama 1. Obtención de Goma a partir de las semillas de tamarindo empleando el método a base de agua.....	11
Diagrama 2 Elaboración de mermelada de tamarindo (<i>Tamarindus indica L.</i>).....	17

RESUMEN

La investigación, tiene como objetivo caracterizar la goma obtenida a partir de la semilla de Tamarindo (*Tamarindus indica* L.), siendo una alternativa de aprovechamiento de la pulpa y semillas. Se caracterizó la goma obtenida a partir de la semilla de Tamarindo mediante dos tratamientos previa a la obtención de la goma (GSS Y GST). Se comprobó que los tratamientos de la semilla secado y tostado intervienen en las propiedades fisicoquímicas, reológicas, térmicas y de textura de la mermelada. El tratamiento de secado fue el más óptimo, el rendimiento fue de 20,92 por ciento, el pH de 6,59, la densidad 0,98 gramos sobre ml, el peso molecular 9,698 por 10^5 gramo sobre mol y humedad 6,55 por ciento. La goma presento un comportamiento Newtoniano, la caracterización térmica sugiere que es altamente termoestable. La goma se utilizó para la elaboración de mermelada, siendo sustituto de la pectina por las características similares en la formación del gel. Se elaboró mermelada de tamarindo para comprobar la eficiencia del hidrocoloide en relación a la pectina (control), el tratamiento MGSS cumplió con los parámetros establecidos por la normativa legal vigente, el pH 2,963, la acidez de 2,533 en relación al porcentaje de ácido tartárico, Grados Brix 65,90. La mermelada presentó un comportamiento visco elástico, en función al módulo de almacenamiento (elástico) (G'), módulo de pérdida (viscoso) (G'') y tangente de pérdida ($\tan \delta$) en función de la frecuencia angular. La evaluación sensorial señalo que formulación realizada con pulpa y GSS obtuvo aceptabilidad por los panelistas.

Palabras claves: fruto tamarindo, gomas alimenticias, aditivos alimentarios, mermeladas.

ABSTRACT

The objective of the investigation is to characterize the gum obtained from the Tamarind seed (*Tamarindus indica* L.), being an alternative for the use of the pulp and seeds. The gum obtained from the Tamarindo seed was characterized by two treatments prior to obtaining the gum (GSS and GST). It was verified that the dried and roasted seed treatments intervene in the physicochemical, rheological, thermal and texture properties of the jam. The drying treatment was the most optimal, the yield was 20.92 percent, the pH 6.59, the density 0.98 grams per ml, the molecular weight 9.698 per 105 grams per mole and humidity 6.55 percent. . The rubber exhibited Newtonian behavior, specifically the thermal characterization that is highly thermostable. The gum is specified for the production of jam, being a substitute for pectin due to the similar characteristics in gel formation. Tamarind jam was made to verify the efficiency of the hydrocolloid in relation to pectin (control), the MGSS treatment complied with the parameters established by current legal regulations, pH 2.963, the acidity of 2.533 in relation to the percentage of acid tartaric, Brix degrees 65.90. The jam experienced a visco elastic behavior, as a function of the storage modulus (elastic) (G'), loss modulus (viscous) (G'') and loss tangent ($\tan \delta$) as a function of the angular frequency. Sensory evaluation indicated that formulation made with pulp and GSS obtained acceptability by the panelists.

Keywords: tamarind fruit, food gums, food additives, jams.

CAPITULO I MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes Investigativos

1.1.1 Tamarindo (*Tamarindus indica* L.)

Según su clasificación taxonómica, el tamarindo (*Tamarindus indica* L.) se encuentra dentro de la división Tracheophyta y es Dicotiledónea (tabla 1).

Tabla 1 Clasificación Taxonómica del Tamarindo

Reino	Vegetal
División	Tracheophyta
Subdivisión	Spermatophytina
Clase	Angiospermae
Sub clase	Dicotiledónea
Orden	Fabales
Familia	Fabaceae o Leguminosas.
Subfamilia	Caesalpinioideas
Género	Tamarindus
Especie	Indica
Nombre Común	Tamarindo, tamarindero, mandarín, Tamarindo de la India.
Nombre científico	<i>Tamarindus indica</i> L.

Fuente: (Shrikant, 2015).

Su nombre común, se deriva del árabe "tamari hindi", que significa "fruto de la India". (Shrikant , 2015). Actualmente, se cultiva en las provincias de: El Oro, Manabí, Loja y Guayas, plantándose en: linderos de propiedades, parques, avenidas y huertos caseros. Zonas como Rio Chico (provincia de Manabí) poseen una plantación de 150 a 450 árboles (El Universo, 2014).

La cosecha se efectúa entre febrero y abril, cuando los frutos alcanzan su madurez fisiológica, presentando un cambio de color en su vaina y, tornándose a un color café claro. La cosecha de los frutos, se presenta en los meses de: febrero y marzo (Cedeño & Galarza, 2007). Además, se considera una fruta tropical con niveles bajos de agua y como consecuencia, presenta niveles altos de: proteína, carbohidratos y minerales (Hasan & Ijaz, 1972).

1.2 Caracterización física de fruto del tamarindo (*Tamarindus indica* L.) y usos industriales.

Las características físicas principales de los frutos (vainas) del tamarindo, correspondientes a peso, diámetro, largo, espesor y color, se describen a continuación, en la Tabla 2.

Tabla 2. Caracterización física del fruto o vaina del tamarindo

Peso (g)	Diámetro (cm)	Largo (cm)	Espesor (cm)	Color
15,00 – 20,00	2,00 – 2,50	8,00 - 20,00	1,00 – 1,50	color marrón o marrón rojizo

Fuente: (Saavedra Montenegro, 2016).

El fruto o vaina del tamarindo presenta tres partes principales constitutivas, que son la cáscara externa o pericarpio, la pulpa y las semillas, como se puede apreciar en la Figura 1.



Fig. 1 Semilla y vainas de Tamarindo.

En la Tabla 3 se reportan los valores porcentuales de las partes que conforman los frutos o vainas del tamarindo.

Tabla 3. Composición porcentual del fruto de Tamarindo

Fruto		
Semillas (%)	Pulpa (%)	Fibra-cascara (%)
35,00	55,00	11,10

Fuente: (Carasek, E; Pawliszyn, J., 2006).

Las semillas de tamarindo representan el 35 % de toda la fruta, la cual está compuesta: 30 % de testa, que constituye sólidos solubles, mezcla de taninos y materiales colorantes. Además, el endospermo representa el 70 %. Los valores correspondientes al análisis químico expresado en porcentaje de semilla son: proteínas 18 %, grasas 7

%, carbohidratos 69 %, fibra 3 % y 3 % de otros compuestos (Siddhuraju, P., Vijayakumari, K., Janardhanan, K., 1995).

Además, la pulpa de tamarindo representa el valor porcentual más alto del peso del fruto. Tiene un sabor ácido, por la presencia del ácido tartárico, característica que la convierte en una fuente de vitaminas A, C y complejo B (Tiamina, Riboflavina y Ácido Fólico). (Aengwanich, W., Suttajit, M., Srikhun, T. y , 2009).

Los valores correspondientes al análisis químico, expresados en 100 g de porción comestible de la pulpa de tamarindo se ve reflejada en la tabla 4.

Tabla 4 Composición Nutricional de la Pulpa de Tamarindo (Por 100 g de porción comestible)

Nutriente	Contenido
Agua	31,40 (g)
Proteínas	2,80 (g)
Grasas	0,60 (g)
Cenizas	2,50 (g)
Carbohidratos	62,70 (g)
Ácidos grasos saturados	0,30 (g)
Sodio	28,00 (mg)
Potasio	628,00 (mg)
Calcio	74,00 (mg)
Fósforo	113,00 (mg)
Hierro	2,80 (mg)
Vitamina A	45,00 U.I.
Vitamina C	4,00 (mg)

Fuente: (Méndez, H., 2007)

Al triturar la semilla de tamarindo, se logra obtener el polvo de “kernel” (TKP por sus siglas en ingles) el cual es de gran utilidad en las industrias textil y alimenticia (K. V. Peter, 2012).

Así, como la goma obtenida de los núcleos de las semillas, puede ser empleado como aditivo en bebidas, panificación, películas y geles (K. V. Peter, 2012). Además, la pulpa es utilizada en confitería, mermeladas, jugos y condimentos. (Páez, 2014).

1.2.1 Hidrocoloides y su aplicación en la industria alimenticia.

Los hidrocoloides, denominados también como gomas proceden de fuentes naturales, pertenecen al grupo de estabilizantes, espesantes y gelificantes. Se sintetizan en

laboratorio o se obtienen por fermentación a través de técnicas biotecnológicas. Las gomas son sustancias poliméricas solubles o dispersables en agua, por lo general se utiliza como aditivo alimentario (**Fennema, 2000**).

Tabla 5 Hidrocoloides Naturales

Hidrocoloides Naturales	
Clasificación	Compuesto
Exudado de plantas	Goma arábica Goma Tragacanto Goma Karaya Goma Ghatti Goma Zapote
Extracto de Algas	Agar Alginatos
De semillas	Guar Locust vean Lino Membrillo Tamarindo Algarrobo
Goma de fermentación	Xanthan Dextrinas
Otras fuentes	Almidón Pectina Caseinatos

Fuente: (Salvat Edit, 2006)

La fabricación de aditivos alimenticios está regulada por una comisión de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización para la Agricultura y Alimentación (FAO), esta última es la encargada de emitir la autorización oficial para el uso de un aditivo específico, tras comprobar que su consumo es inofensivo para la salud y es técnicamente necesario (**Matissek, Schnepel, & Steiner , 1998**).

Existen dos tipos de gomas: Las solubles en agua, que, científicamente se denominan coloides hidrofílicos, o hidrocoloides; y las gomas insolubles en agua conocidas como “resinas” (**Penna, 2002**).

Los galactomananos, se consideran hidrocoloides altamente solubles en agua, que proporcionan soluciones acuosas altamente viscosas y estables; además, su solubilidad depende de la composición y de la distribución de unidades de galactosa a lo largo de la cadena principal de manano: “cuanto mayor sea el contenido de galactosa, mayor será la solubilidad en agua”.

Tabla 6 Hidrocoloides que son polisacáridos, su origen y estructura repetitiva.

Polisacárido	Origen	Unidad repetitiva del polímero
Semillas de tamarindo (xiloglucano)	Cotiledones de semillas	cadena de (1→4)-β-D glucosa sustituida con (1→6)-α-xilosa, parcialmente sustituida con (1→2)-β-D-galactosa en proporción 3:2:1
Pectinas	Pared celular de frutas	ácido (1→4)- α-D-galacturónico

Fuente: (Milani, J., & Maleki, G, 2012)

La pectina es una sustancia natural que se forma principalmente en la pared primaria y en los tejidos mesenquimáticos y parenquimáticos de frutos y vegetales, y tiene la función de actuar como cemento intercelular. (Nwanekezi, E.; Alawuba, O y C. Mkpolulu, 1994)

La pectina forma coloides por excelencia, ya que tiene la propiedad de absorber una gran cantidad de agua. Pertenecen a la familia de los oligosacáridos y polisacáridos. Tiene alto peso molecular y está constituida por largas cadenas formadas por unidades de 1,4-α-D-ácido galacturónico (Willats, Knox, & Dalgaard, 2006)

1.2.2 Métodos de extracción de gomas

Las gomas alimenticias son obtenidas a partir de diversas fuentes: exudados y semillas de plantas terrestres, algas, productos de la biosíntesis de microorganismos y la modificación química de polisacáridos naturales (Pasquel, 2001).

Debido al origen de las gomas, existen numerosas técnicas de obtención de las mismas, que incluyen: extracción ácida o alcalina, filtración, precipitación, molienda, tamizado y secado, entre otras. Los procesos de extracción de las principales gomas, relacionadas con el tamarindo, se describen a continuación:

a) Goma Guar

La extracción de esta goma de las semillas de guar, se realiza mediante un tratamiento mecánico para la separación del tegumento, eliminación del germen y molienda del endospermo, hasta reducirlo a harina, la cual contiene 95 % de galactomananos.

Algunos fabricantes producen también gomas de gran pureza, para lo que se solubiliza la semilla en agua caliente y las partículas insolubles se separan por filtración con tierra de diatomeas. (ALNICOLSA, 2001).

b) La Goma de Tamarindo, Características y Aplicaciones

La goma de tamarindo aparece como (CAS No. 39386-78-2) está clasificada dentro del Comité Mixto FAO / OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA), 84ª reunión en el 2017. El polisacárido de semilla de tamarindo ha estado disponible como aditivo alimentario durante más de 50 años en Japón. Su empleo está permitido por el Ministerio de Salud, Trabajo y Bienestar (MHLW) para usarse como estabilizador y gelificante. (Muller, F. Manet, S., Jean, B., Chambat, G., Boue, 2011)

Tabla 7 Aplicaciones tecnológicas del Polisacárido de semilla de tamarindo.

Función	Ejemplo	Tipo o fracción de la semilla de tamarindo	Citado por
Estabilizador	Leche descremada, mantequilla, café instantáneo, glucosa fructosa jarabe, mayonesa, queso, emulsiones, estabilizar.	Polisacárido de semillas	Morton (1987); Kawaguchi et al. (1989); Susumu (2003).
Agente gelificante	Pudines, postres, confitería, gel de leche agria, Gel liberador de bajo contenido de agua, yogur. Gelatina, agentes gelificantes reversibles al calor.	Goma de semilla	Gliksman (1986); Yasuhiro (2004); Takao y Katsumi (2004); Ichiro (2004); Kazuo (2000); Junichi y Tatsuo (1999),

Fuente: (Chandini, Kumar, & Sila, 2008).

Al igual que la goma guar la goma de tamarindo es un galactomanano de elevado peso molecular. El polisacárido de semilla de tamarindo es un xiloglucano, compuesto de una cadena lineal de D-glucosa unida a β (1-4). Alrededor del 75 % de las unidades de D-glucosa del esqueleto están unidas a las unidades de D-xilosa a través de α (1-6). Algunas de las unidades de xilosa están unidas a las unidades de D-galactosa a través de enlaces β (1-2) que constituye la estructura final de xiloglucano. La relación molar de glucosa: xilosa: galactosa es aproximadamente 4:3:1, calculado en base a la relación

molar de 2.8: 2.25: 1 según lo informado por (Gidley, Lillford, Rowlands, Fanutti, & Reid, 1991)

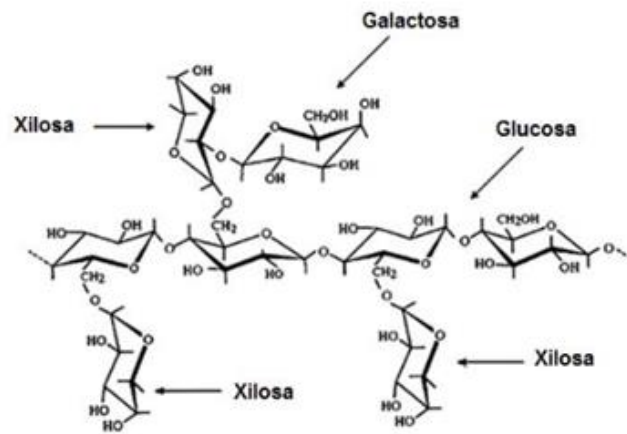


Fig. 2 Fórmula estructural del polisacárido de semillas de tamarindo
Fuente: (Muller, F. Manet, S., Jean, B., Chambat, G., Boue, 2011)

El perfil de análisis nutricional típico del polisacárido de semilla de tamarindo muestra que contiene el 85 % de fibra dietética, 10 % de carbohidratos disponibles, ≤ 3 % de proteínas y <1 % de grasas. (Muller, F. Manet, S., Jean, B., Chambat, G., Boue, 2011)

1.2.3 Propiedades reológicas

Las propiedades reológicas de un fluido son uno de los criterios esenciales en el desarrollo de productos, ya que son parámetros determinantes en el dimensionamiento de equipos. Además, al conocer el comportamiento reológico de los productos se puede analizar la calidad durante los procesos aplicados a nivel industrial e incluso en el momento del consumo (Ramirez, 2006).

a) Reología

Parte de la mecánica que estudia la elasticidad, plasticidad y viscosidad de la materia (Ramirez, 2006)

b) Tipo de Fluidos

La relación del esfuerzo de corte requerido para provocar una determinada velocidad de deformación en cizalla es la que define el comportamiento reológico de un fluido (Alvarado, 1996). En base a su comportamiento cuando son sometidos a tensión (Rao, V., Hamann, D., & Humphries, E., 1975), clasifica a los fluidos de la siguiente manera:

c) Fluidos newtonianos

Según **Toledo (2007)**, los fluidos newtonianos son aquellos en los que el esfuerzo de cizalla (σ) es directamente proporcional a la velocidad de cizalla (γ) (Ecuación 2), por lo que fluyen rápidamente sin necesidad de aplicarles un esfuerzo.

$$\sigma = \mu (\gamma) \quad \text{Ec. 1}$$

Dónde:

μ = viscosidad

γ = Velocidad de cizalla

d) Fluidos no newtonianos

Los fluidos que no presentan comportamiento newtoniano se conocen como no newtonianos. En este tipo de fluidos el cociente entre esfuerzo cortante y la velocidad de corte no es lineal; por ende, la viscosidad está en función de la velocidad de corte y el término que se caracteriza es el índice de consistencia (**Alvarado, 1996**).

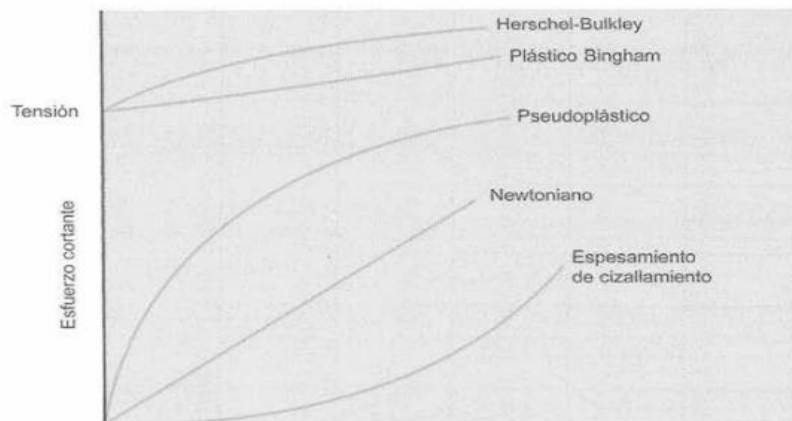


Fig. 3. Relación esfuerzo cortante-velocidad de cizallamiento para líquidos Newtonianos y no-Newtonianos.
Fuente: (Singh & Heldman, 1997)

1.2.4 Propiedades Térmicas

La caracterización térmica indica que la goma de la semilla de tamarindo, es termoestable y podría utilizarse en la formación de biomateriales, con fines industriales en la preparación de: suspensiones, emulsiones, estabilizantes y micro encapsulación. (**Peña, 2017**).

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivos General

Caracterizar la goma obtenida a partir de la semilla de Tamarindo (*Tamarindus indica* L.).

1.3.2 Objetivos Específicos

- Establecer las propiedades fisicoquímicas de la goma extraída de la semilla de tamarindo.
- Determinar las propiedades reológicas de la goma.
- Evaluar las propiedades térmicas de la goma.
- Desarrollar una aplicación tecnológica de la goma en la industria alimenticia.

1.4 Hipótesis

1.4.1 Hipótesis Nula

El método de secado (Aire caliente y tostado) de las semillas de tamarindo (*Tamarindus indica* L.) no influye directamente en las propiedades fisicoquímicas, reológicas y térmicas de la goma de tamarindo

1.4.2 Hipótesis Alternativa

El método de secado (Aire caliente y tostado) de las semillas de tamarindo (*Tamarindus indica* L.) influye directamente en las propiedades fisicoquímicas, reológicas y térmicas de la goma de tamarindo

1.5 Señalamiento De Variables

1.5.1 Variable Independiente

Método de secado (Aire caliente y tostado) de las semillas de tamarindo (*Tamarindus indica* L.)

1.5.2 Variable Dependiente

Propiedades fisicoquímicas, reológicas y térmicas de la goma de tamarindo

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA.

El presente estudio recogerá información de carácter cuantitativo y cualitativo, de las metodologías analíticas planteadas, para la caracterización de la goma de tamarindo. Tal es así que el análisis de las propiedades fisicoquímicas, reológicas y térmicas de la goma convirtiéndole en un sustituto de la pectina en la industria alimenticia.

2.1 Materiales, ingrediente y equipos

Materia prima

- Tamarindo (*Tamarindus indica* L.) (Pulpa, semilla)
- Sacarosa
- Agua
- Pectina
- Ácido cítrico
- Sorbato de potasio
- Alcohol 95 %
- Agua Destilada

Equipos

- Secador de aire caliente (Gander MTH)
- Reómetro Anton Paar (modelo MCR 302)
- Balanza analítica (Citizen CX 220)
- Balanza de humedad (Citizen)
- Equipo de calorimetría diferencial de barrido DSC 3 Mettler-Toledo
- Balanza analítica marca Citizon
- Balanza electrónica analítica Mettler-Toledo Columbus XPE204
- Computadora marca DELL Core i5
- Viscosímetro de Cannon – Fenske
- Material de vidrio: vasos de precipitación y probetas

2.2 Caracterización de la Goma de la semilla de Tamarindo

2.2.1 Proceso de Obtención de la Goma

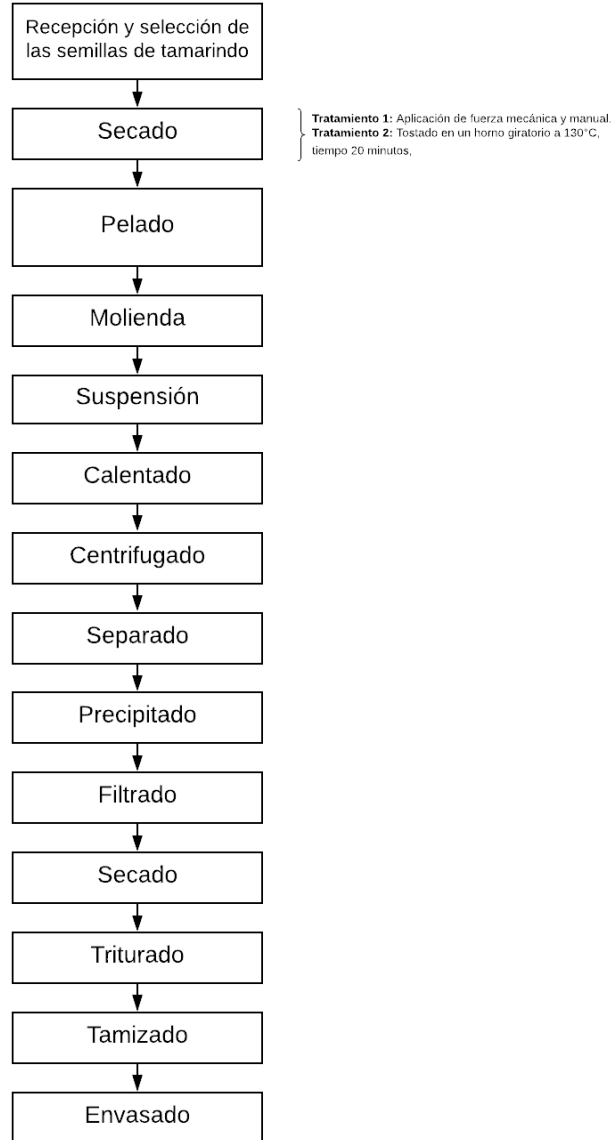


Diagrama 1. Obtención de Goma a partir de las semillas de tamarindo empleando el método a base de agua.

a) Obtención de la materia prima

El presente trabajo se realizó con la fruta del tamarindo de la variedad (*Tamarindus indica* L.) cultivado en Ecuador y fue recopilada en diversos mercados del cantón Ambato.

b) Recepción y Selección de Semilla

las semillas luego de recolectar en la ciudad de Ambato se procedió a la selección y clasificación, desechando todas las semillas en mal estado y cuerpos extraños.

c) Secado

El secado de las semillas se realizó mediante dos tratamientos:

- **Tratamiento 1:** Secador de bandejas con aire caliente durante 48 horas a una temperatura de 60 °C.
- **Tratamiento 2:** Tostado en un horno giratorio de llama directa a 130 °C durante un tiempo de media hora

d) Pelado

Se eliminó la corteza o testa que cubre la semilla aplicando fuerza mecánica y manual.

e) Molido

Las semillas de tamarindo se trituraron en un molino para obtener un polvo fino

f) Suspensión

Se pesó 50 g del polvo de la semilla de tamarindo, se colocó en un matraz Erlenmeyer, conjuntamente con 500 ml. de agua destilada; manteniendo en agitación constante durante una hora, a una temperatura de 90 °C.

g) Calentado

La suspensión se vertió en un biorreactor, con 1500 ml de agua destilada a una temperatura constante de 100 °C durante 3 horas

Durante este proceso, es necesaria la utilización de un agitador vertical “Thomas” para evitar la formación de una capa en la superficie.

h) Centrifugado

Las partículas no disueltas presentes en la solución, se eliminaron mediante centrifugación de la solución en tubos tipo Falcón de fondo cónico, con capacidad de 50 ml. a velocidad de 4500 rpm durante 15 minutos.

i) Separado

Se separó el sobrenadante del precipitado para posteriores estudios con la ayuda de una probeta para determinar el volumen.

j) Precipitado

Se precipitó el sobrenadante con alcohol de 95°, en una proporción del 60 % del volumen total del sobrenadante. Con la ayuda de un agitador magnético se homogenizó la solución durante 10 minutos. Se dejó reposar la solución durante 12 horas en refrigeración.

k) Filtrado

El coágulo obtenido se filtró, de forma manual, utilizando un lienzo fino.

l) Secado

Se colocó una muestra de 100 g en una bandeja de plástico a 50 °C durante 17 horas en una estufa de convección para el secado.

m) Triturado

Para reducir el tamaño de partícula del producto obtenido se trituró con un molino eléctrico, para obtener un producto homogéneo

n) Tamizado

En esta operación se utilizó un tamiz de 25 mesh

• Obtención de la Goma de Tamarindo

La tecnología empleada para la obtención de goma de tamarindo (*Tamarindus indica* L.) fue desarrollada en base a los métodos reportados por (Gupta , Puri , Gupta , Jain , & Rao GK2, 2010) y (Malo , Moreno , & Vasconez, 1998) de los cuales se realizó una adaptación según las condiciones del lugar de desarrollo. El proceso de obtención es resumido en el Diagrama 1.

o) Envasado

La goma se envasó herméticamente hasta posterior utilización

2.2.2 Propiedades fisicoquímicas, reológicas y térmicas de la goma

a) Propiedades fisicoquímicas

• Determinación de rendimiento

$$\% \text{ rendimiento} = \frac{\text{g. polisacarido de semilla de tamarindo}}{\text{g. de materia prima}} * 100 \quad \text{Ec. 2}$$

El rendimiento de los tratamientos de la muestra de goma de tamarindo fue calculado mediante el porcentaje de polisacárido tomando como base 50 g de polvo de semilla de tamarindo, bajo la siguiente relación:

• Determinación de iones de hidrógeno (pH)

El pH se determinó según la metodología propuesta por la norma técnica ecuatoriana (INEN, 1985). Se prepararon soluciones al 1 %, 2 % y 3 % de goma de tamarindo en

agua destilada. Se midió el pH con la ayuda de un potenciómetro (OAKTON, modelo WD-35610-10) previamente calibrado con soluciones buffer 4.0 y buffer 7.0. El ensayo se realizó por triplicado.

- **Método para determinar peso molecular viscosimétrico**

En la determinación de peso molecular se empleó un viscosímetro de CANNON 100-282B N° 51 L donde se dejó caer el líquido desde la marca superior hasta la inferior y se registró el tiempo de caída del menisco a 30 °C, esta operación se repitió 3 veces en cada factor de dilución para cada tratamiento, con el objetivo de reducir el error experimental.

En la determinación de la densidad de las muestras en estudio, se empleó un picnómetro de botella.

Para calcular el peso molecular se utilizó la ecuación de Mark-Houwink Cuyas constantes dependen de la naturaleza del polímero y del solvente. Las muestras de goma de tamarindo fueron diluidas en una solución de agua destilada.

A continuación, se reportan las ecuaciones empleadas para la determinación de peso molecular:

- **Densidad relativa experimental**

$$\delta = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \quad \text{Ec. 3}$$

Dónde:

- δ : Densidad relativa
- m_1 : Masa del picnómetro vacío (g).
- m_2 : Masa del picnómetro con agua (g).
- m_3 : Masa del picnómetro con la muestra (g).

- **Viscosidad Relativa**

$$\mu = \frac{\delta_2 * t_2}{\delta_1 * t_1} \quad \text{Ec. 4}$$

Dónde:

- μ : Viscosidad relativa.
- δ_1 : Densidad relativa del solvente (Agua a 30 °C).
- t_1 : Tiempo de escurrido del solvente (Agua a 30 °C).
- δ_2 : Densidad relativa de la muestra.
- t_2 : Tiempo de escurrido de la muestra.

Se realizó un gráfico de viscosidad reducida $(\mu-1) / C$ en función de la concentración C, dando como resultado una recta, cuyo corte en eje de las ordenadas corresponde a

la viscosidad intrínseca η , la cual permitió el cálculo del peso molecular viscosimétrico.

- **Peso Molecular Viscosimétrico - Ecuación de Mark Houwink.**

$$M = e^{\frac{\ln \eta - \ln k}{\alpha}} \quad \text{Ec. 5}$$

Dónde:

M: Peso molecular

k: 0,3 (constante) (**Khounvilay & Sittikijyothin, 2013**)

α : 0,55 (constante) (**Patel , y otros, 2008**)

- **Determinación de humedad**

Se utilizará una balanza de humedad. Se pesará 3 g de goma de semilla de tamarindo a 130 °C por 5 minutos. El ensayo se realizará por triplicado para cada tratamiento (GST y GSS)

- **Determinación de solubilidad**

Se prepararán soluciones de goma al 1 % y 2 % de concentración con diferentes disolventes sometiéndola a agitación por un tiempo de 10 minutos y se determinará su solubilidad. La solubilidad del polisacárido de semilla de tamarindo se determinará en disolventes básicos, es decir, agua (30, 60 y 90) °C, alcohol a 95°.

- **Análisis de espectrometría infrarroja por Transformadas de Fourier (FTIR)**

Con la colaboración de de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Facultad de Ciencias, Laboratorio de Química Instrumental, se analizó la goma de tamarindo por medio de Espectrofotometría Infrarroja FT – IR con la utilización del programa SpectraManager.

Los análisis espectroscópicos, se realizaron en una suspensión al 1 % de goma de tamarindo para cada tratamiento (GSS Y GST), con el equipo previamente calibrado para la muestra. El barrido espectral se realizó con la muestra líquida (1 ml) en un rango de longitud de onda entre (4000 a 700) cm^{-1} . Se efectuó las correcciones de escala con el programa Epectra Anlysis para la identificación de los picos más importantes.

b) Propiedades reológicas

La viscosidad es el criterio de calidad más importante para los elementos de espesamiento. Las mediciones de viscosidad se realizarán en soluciones de goma de las semillas de tamarindo (**Chandini , Kumar , & Sila , 2008**).

Para la preparación de las soluciones de goma de tamarindo, se utilizará 100 ml de agua destilada y concentraciones establecidas: (0,1, 0,2 y 0,3) % (Peso de goma de tamarindo sobre Volumen de agua destilada). Las soluciones se homogenizaron con un agitador magnético en la plancha de calentamiento a 50 °C durante 60 minutos. Para lo cual se utilizará un reómetro (Anton Paar MCR 302. Australia), con un sistema de cilindros concéntricos son comunes para las pruebas en líquidos de baja viscosidad, pero en general son adecuadas para líquidos viscosos hasta líquidos viscoelásticos. La medición se realizarán pruebas con velocidades de corte, que van desde (0,1 a 1000) s⁻¹ a 30 °C. Las experimentaciones se realizarán por duplicado.

c) Propiedades Térmicas

Calorimetría diferencial de barrido (DSC)

Se utilizó la metodología descrita por Espinoza (2012). Se pesará 12 mg de goma de tamarindo, en crisoles de aluminio, utilizando una balanza analítica Mettler-Toledo Columbus XPE204. Los crisoles se sellaron herméticamente y se colocó dentro del equipo de calorimetría diferencial de barrido DSC 3 Mettler-Toledo. Para el ensayo se utilizó un crisol vacío, como referencia, y tanto la referencia como las muestras fueron sometidas a un barrido de temperatura desde (50 a 400) °C. La velocidad de la rampa de calentamiento fue 10 °C/min y se utilizó el nitrógeno como gas de purga a una tasa de 20 ml/min. El análisis se realizo por duplicado para cada tratamiento (GSS yGST)

2.3 Aplicación Tecnología

La producción de mermeladas, debe contar con condiciones sanitarias adecuadas de acuerdo con lo establecido en la normatividad nacional vigente. Los procesos que se realizan para la elaboración de la mermelada son los siguientes (**Coronado Trinidad, M., & Hilario Rosales, R., 2001**)

2.3.1 Proceso de Elaboración de la Mermelada de Tamarindo

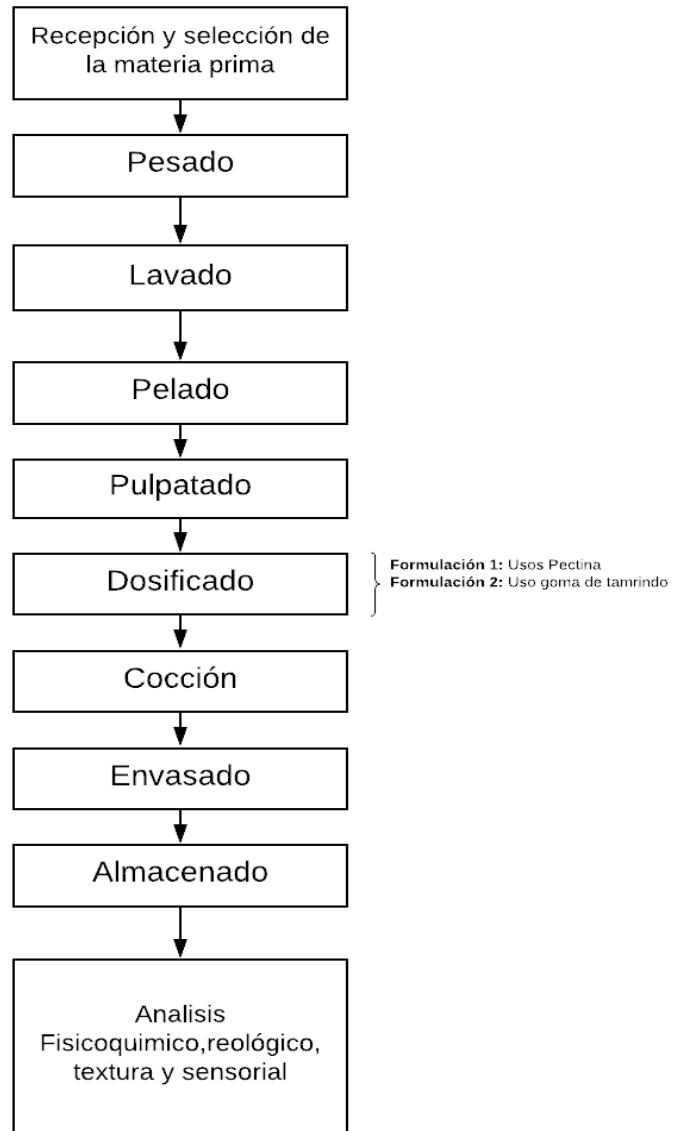


Diagrama 2 Elaboración de mermelada de tamarindo (*Tamarindus indica L.*)

a) Selección:

La fruta de tamarindo que se utilizó en la elaboración de la mermelada fue seleccionada extrayendo las impurezas y frutos en mal estado o contaminados.

b) Pesado:

Se realizó el control de peso con el fin de determinar los rendimientos.

c) Lavado:

Se eliminó partículas extrañas presentes en la fruta.

d) Pelado:

Se retiró la cáscara con cuchillos de manera manual.

e) Pulpatado:

Se realizó el pulpatado para obtener pulpa libre de semillas y otros residuos; se empleó un pulpatador industrial.

f) Dosificación:

Para la elaboración de Mermelada se aplicará las siguientes dosificaciones en base a la tabla 8.

Tabla 8 Dosificación de Mermelada de Tamarindo

Formulación 1 Tratamiento Pectina			Formulación 2 Tratamiento goma de tamarindo (GSS y GST)		
Descripción	kg	%	Descripción	kg	%
Fruta	45,00	40,64	fruta	45,00	40,24
Azúcar	55,00	49,67	Azúcar	55,00	49,18
Pectina	0,55	0,50	Goma de tamarindo Secada o Tostada	1,65	1,48
Agua	10,00	9,03	agua	10,00	8,94
Sorbato	0,05	0,04	sorbato	0,05	0,04
Ácido cítrico	0,14	0,12	Ácido cítrico	0,14	0,12
Total	110,73	100,00	Total	111,83	100,00

g) Cocción de la fruta:

Se realizó una cocción lenta de la fruta antes de agregar el azúcar, el propósito de esta operación es romper las membranas celulares de la fruta y extraer toda la pectina; dependiendo de la jugosidad de la fruta, se añadió agua para que no se queme la pulpa.

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 la pectina para la formulación 1 y goma de tamarindo en la formulación 2 para evitar la presencia de grumos en la mermelada. Se combinó con el resto de ingredientes, adicionado el conservante diluido en agua tibia. Hervir hasta llegar a 65 °Brix.

h) Envasado:

A una temperatura no menor de 85 °C, la mermelada es envasada en recipientes de 250 ml, favoreciendo la formación de vacío adecuado dentro del envase por efecto del enfriamiento del producto.

i) Almacenado:

El almacenado se realizó en un lugar fresco, limpio y seco para garantizar la conservación del producto.

2.3.2 Propiedades fisicoquímicas, reológicas, textura y sensoriales de la mermelada de Tamarindo

a) Propiedades fisicoquímicas

- **Determinación de iones del hidrógeno (pH)**

El pH se determinará según la metodología propuesta por la norma técnica ecuatoriana 389 (INEN, 1986), Se pesó 10 g de muestra y se midió en el pH-metro de brazo METTLER TOLEDO pH 10 NS 220, el cual debe estar calibrado con soluciones de buffer 4 y 7. Las mediciones se realizaron por triplicado en la materia prima y en el producto final.

- **Determinación de acidez titulable**

La acidez titulable se determinará según la metodología propuesta por la norma técnica ecuatoriana 0381 (INEN, 1986). Se pesó 10 g de muestra y se combinó con 40 ml de agua destilada. Las mediciones se realizaron por triplicado tanto en la materia prima como en el producto final, mediante el uso del Titulador potenciómetro METTLER TOLEDO G20 Compact. Finalmente se calculará el porcentaje de acidez mediante la ecuación 1:

$$\% \text{ Acidez} = \frac{V_{NaOH} * N_{NaOH} * 0.075}{P_m} * 100 \quad \text{Ec. 6}$$

Dónde:

V_{NaOH} = volumen gastado de hidróxido de sodio
 N_{NaOH} = concentración de la solución de hidróxido de sodio
 P_m = peso de la muestra
Factor = 0,075 peso equivalente de ácido tartárico

- **Determinación de los sólidos solubles (°Brix)**

Los sólidos solubles se determinarán según la metodología propuesta por la norma técnica ecuatoriana 0380 (INEN, 1987) se colocó dos gotas de la muestra en el medidor

digital de mano ATAGO PAL α H427751, A 20 °C el equipo procede a leer la cantidad de sólidos solubles totales. Las mediciones se realizaron por triplicado en la materia prima y en el producto final.

b) Textura

Se usó el Texturómetro PRO CT3 BROOKFIELD, EE. UU, los parámetros generales del test fueron deformación 25 %, velocidad de cabezal 5 mm/s, con la sonda TA3/00, elemento TA-BT-KIT, rango de carga instrumento 5 N y se ajustó la base a 63 mm. Los parámetros a medir fueron, dureza, elasticidad, y firmeza. Las mediciones se realizaron por triplicado para cada tratamiento.

c) Reología

Se utilizó un reómetro Anton Paar modelo MCR 302 y una geometría 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.

d) Análisis sensorial

Para el análisis sensorial de las mermeladas se contó con la colaboración de quince catadores semi entrenados estudiantes de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Los atributos evaluados fueron: color, olor, sabor y aceptabilidad mediante una escala hedónica de cinco puntuaciones.

2.4 Diseño Experimental

Se aplicará 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 llevará a cabo mediante la prueba de Tukey, con un nivel de significación de $P \leq 0,05$. El único factor del diseño será el tipo de secado de las semillas que tendrá 2 niveles: secado y tostado. Para el manejo y tabulación de los datos experimentales se utilizará el programa Microsoft Excel 2017 (EE.UU.).

CAPÍTULO III.-

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis y discusión de los resultados.

3.1.1 Análisis Físicoquímico de la goma de tamarindo.

En la tabla 9 se presentan los valores de rendimiento, pH, densidad, Peso molecular viscosimétrico y humedad de la goma de semilla de tamarindo. El rendimiento del proceso de extracción se evaluó considerando el secado (GSS) y tostado (GST) de la semilla, antes del proceso de extracción de la goma, el resultado fue un promedio de GSS (20,927 %) y GST (19,768 %), este valor es similar a los valores reportados por **FAO (2018)**, en la goma de (*Opuntia malva*) cuyo valor de rendimiento fue 20 % y de la extracción del mucilago de la semilla de tamarindo con un valor de 18,140 % (**Peña, 2017**). Los resultados muestran diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos GSS y GST. Por lo tanto, los valores de rendimiento permiten establecer que el proceso de extracción del tratamiento GSS es una opción factible para el aprovechamiento parcial de la semilla de tamarindo, como un subproducto de la industria de pulpas que se considera una fuente nueva de hidrocoloides de alimentos.

Los valores reportados de pH para los tratamientos GSS Y GST se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la FAO (6 a 7), los resultados muestran que no existe diferencias significativas ($p > 0,05$). Este parámetro influye en la propiedad de formar geles en altas concentraciones de azúcar en condiciones de pH (7), que caracteriza al polisacárido de semilla de tamarindo (**Srinivasan, 2017**).

El peso molecular viscosimétrico de la goma de tamarindo se determinó utilizando la ecuación Mark-Houwink, para los tratamientos GSS Y GST obteniendo el valor de $9,685 \times 10^5$ g/mol (968,5 kDa), encontrándose en concordancia con los parámetros establecidos por la **FAO/WHO (2017)**, para el polisacárido de semilla de tamarindo en el rango de (400-6000) kDa

La humedad es importante ya que permite la conservación del producto, los valores de humedad reportados presentan diferencias significativas ($p < 0,05$), entre los tratamientos GSS Y GST; posiblemente atribuido a los tratamientos previos de las semillas antes del proceso de extracción de la goma.

Tabla 9 Análisis Fisicoquímico de la goma de tamarindo

Tratamiento	Propiedades fisicoquímicas de la goma de tamarindo				
	Rendimiento (%)	pH	densidad (g/ml)	Peso molecular (g/mol)	Humedad (%)
Goma de Semilla Secada (GSS)	20,927 ± 0,053 ^a	6,598 ± 0,056 ^a	0,982 ± 0,006 ^a	9,698*10 ⁵ ^a	6,557 ± 0,032 ^a
Goma de Semilla Tostada (GST)	19,768 ± 0,059 ^b	6,327 ± 0,012 ^a	1,227 ± 0,003 ^b	9,685*10 ⁵ ^a	7,713 ± 0,064 ^b

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

En la tabla 10 se muestran los resultados de solubilidad de la goma de tamarindo. Los resultados a diferentes temperaturas permitió establecer que las muestras de goma fueron solubles, además, se evidenció que en agua a temperatura inferior a 30 °C la solubilidad es menor, y a temperatura mayor a 30 °C se forma una solución coloidal viscosa en menor tiempo, lo que demuestra que la solubilidad aumentó con la temperatura, esto se atribuye a la interacción de los hidrocoloides con las moléculas de agua, que reduce la difusión y estabiliza la presencia de hidrocoloides en el agua, (Alpizar, 2019). Mientras que en alcohol y acetona la goma es totalmente insoluble.

Tabla 10 Solubilidad de la Goma de tamarindo

Solvente	Solubilidad
Agua a 30 °C	+
Agua a 50 °C	+
Acetona	-
Alcohol 95°	-

De acuerdo a las pruebas de solubilidad el signo (+) indica que la muestra es soluble en el solvente y el signo (-) insoluble

Análisis de espectrometría infrarroja por Transformadas de Fourier (FTIR) de la goma de tamarindo.

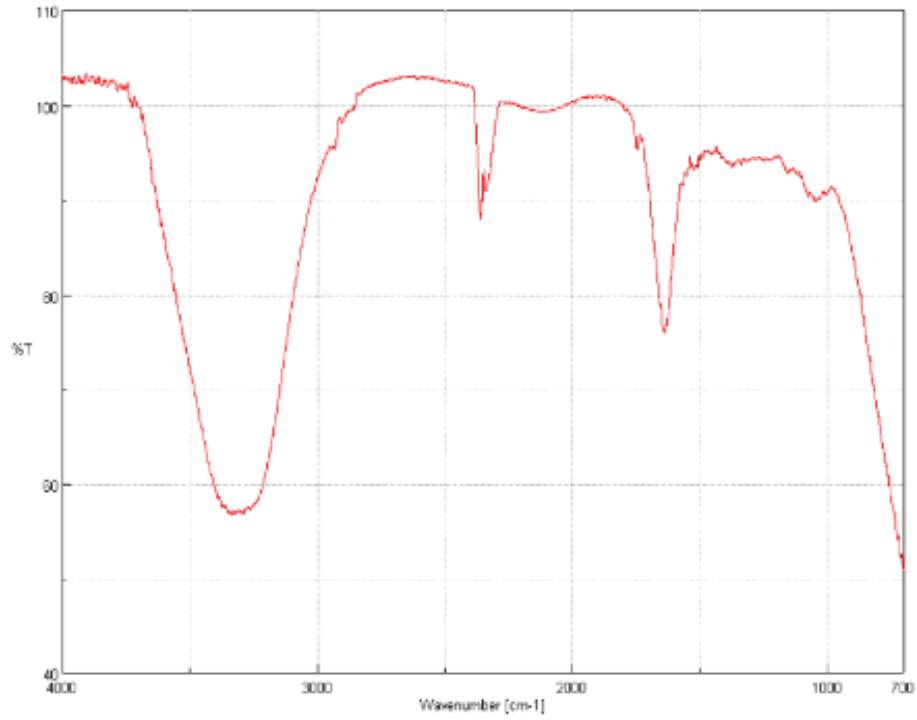


Fig. 4 Análisis infrarrojo de la goma de semilla de tamarindo secado (GSS)

Fuente: Escuela Politécnica de Chimborazo, Laboratorio de química instrumental, Facultad de Ciencias

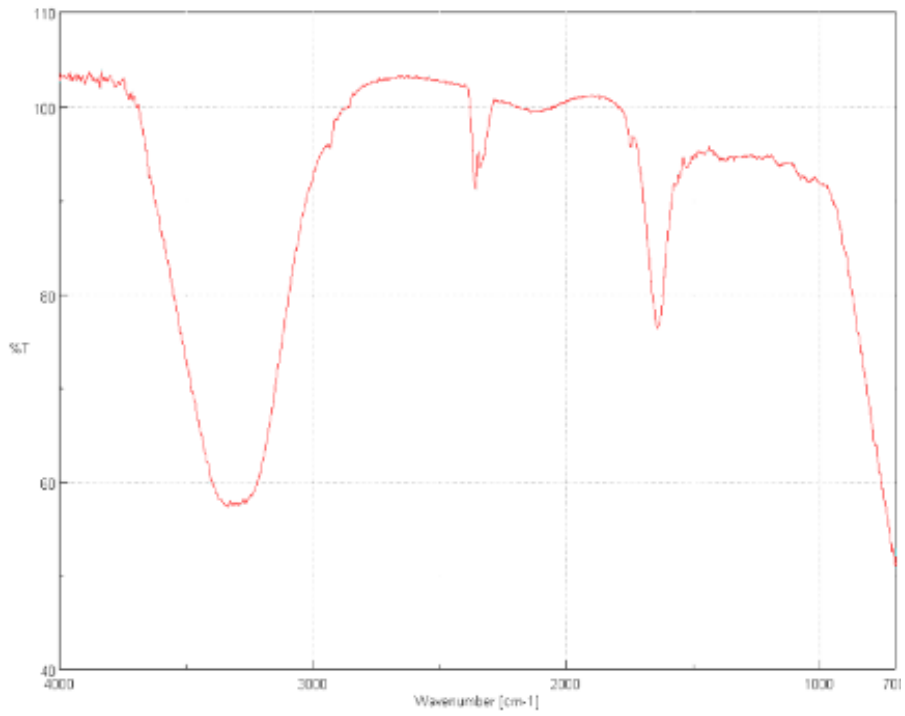


Fig. 5 Análisis infrarrojo de la goma de semilla de tamarindo tostado (GST)

Fuente: Escuela Politécnica de Chimborazo, Laboratorio de química instrumental, Facultad de Ciencias

Los espectros del análisis infrarrojo de los tratamientos GSS Y GST se muestran en la Fig. 4 y 5. Existe el mismo patrón en los espectros de ambos tratamientos, de acuerdo con **Thygesen, Løkke, Micklander, & Engel (2013)**, asocian dos regiones notables correspondientes a números de ondas de $3600 - 2700 \text{ cm}^{-1}$ que puede ser asignada a la sección de lípidos y de $1800 \text{ a } 800 \text{ cm}^{-1}$ corresponde a la cantidad de proteínas y carbohidratos presentes en la goma. Bandas similares fueron encontradas por **Gauri S. Shaw, K. Uvanesh, S.N. Gautham, Vinay Sin (2015)**, a $3312 \text{ y } 3336 \text{ cm}^{-1}$ indica la vibración de estiramiento de OH. Además, **Alpizar (2019)**, indica que las bandas afiladas encontradas a 2900 cm^{-1} muestran la vibración de estiramiento alifático CH asociada a la fracción lipídica, lo que indica la presencia de grasa en la goma.

Dos bandas intensas atribuidas a la amida I a 1641 cm^{-1} y la amida II a 1531 cm^{-1} **Trujillo, y otros, (2018)**, mostraron que los tratamientos contenían moléculas de proteína después de la extracción. El esqueleto del xiloglucano mostró tres picos característicos: un pico agudo a 1373 cm^{-1} debido a la flexión de CH_2 , un pico suave a 1162 y un pico intenso a 1015 cm^{-1} correspondiente al estiramiento del enlace CO del anillo del xiloglucano (**Alpizar, 2019**). El pico a 1473 cm^{-1} se debe a la vibración esquelética de C-C (**Chandra Mohan C., Lalitha priya U., & Sukumar, 2018**). Los tres picos aparecieron sin ningún cambio significativo para los tratamientos GST Y GSS, lo que sugiere que la estructura química de la goma no fue alterada durante el secado y tostado de la semilla.

3.1.2 Propiedad Reológicos de la goma de tamarindo

En la Figura 6 y 7 se diferencia la curva de fluidez de los tratamientos GSS Y GST, se observa una tendencia lineal con R^2 de 0,99 para cada concentración. El comportamiento se asocia al de un fluido newtoniano, se observa que existe proporcionalidad entre el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación, posiblemente atribuido a que las muestras se comportan según la ley de Newton siendo la viscosidad constante. Estudios realizados en la goma guar por **Glicksman, (2000)**, evidencian que el comportamiento reológico de una suspensión a concentraciones inferiores al 3 % (p/v) de goma presenta un comportamiento Newtoniano.

Las variaciones de la viscosidad en soluciones de goma de tamarindo en función a la concentración se muestran en las figuras 6 y 7. Se observó que en los dos tratamientos

existió un incremento de viscosidad en relación a la concentración, el tratamiento GSS presentó una viscosidad superior a 100 Pa*s para la concentración de 3 %, lo que indicó que el tratamiento GSS presentó mayor viscosidad frente al tratamiento GST. Debido a que el tratamiento térmico (tostado) aplicado a las semillas de tamarindo para eliminar la testa, a temperaturas superiores 100 °C, afectó las propiedades de viscosidad de la goma, como indica **Sanabria Pérez (2011)**, en estudios realizados en la goma tara, el tratamiento tostado afectó a la viscosidad de la goma.

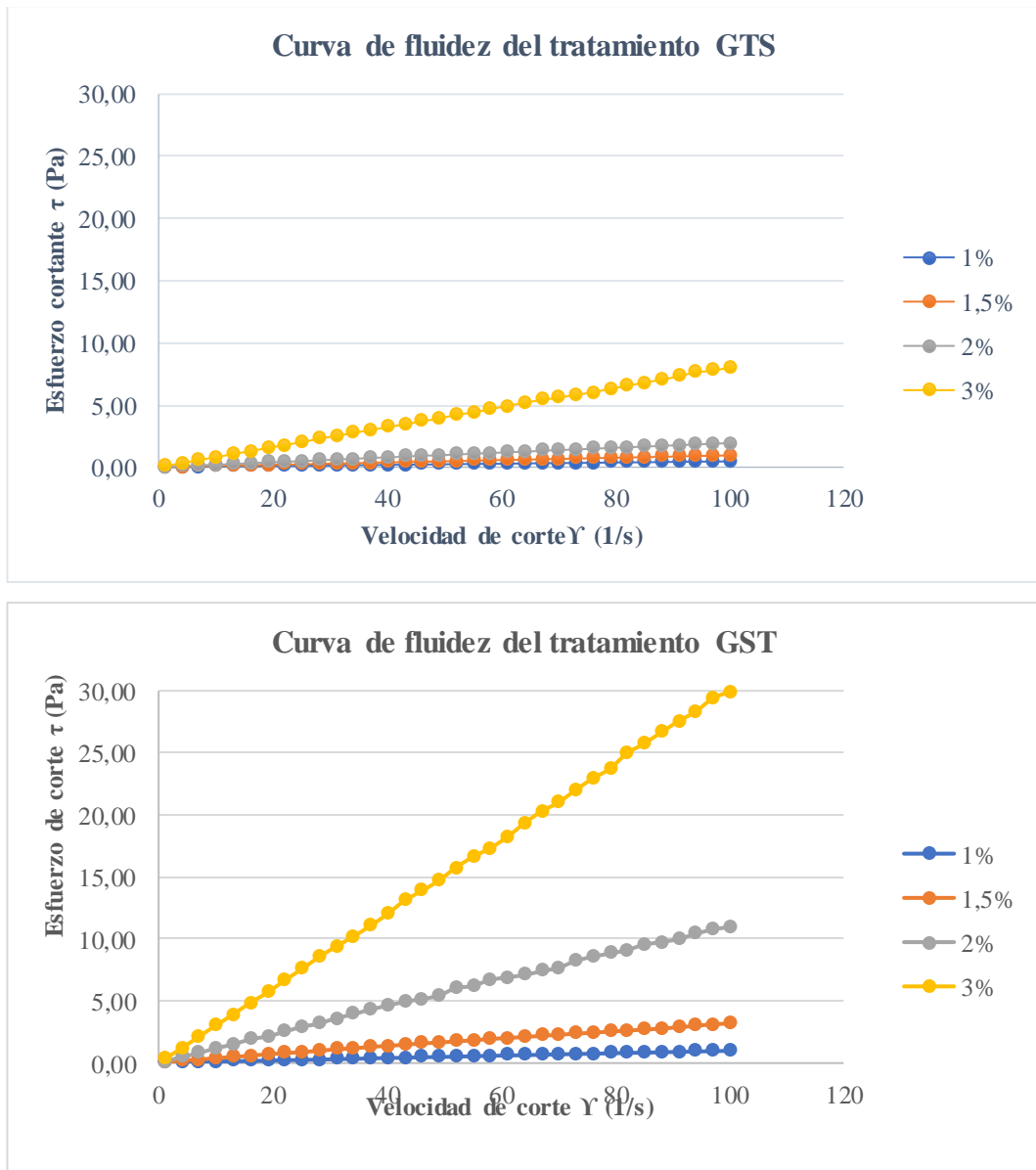


Fig. 6 Curva de fluidez (esfuerzo cortante frente a la velocidad de deformación).

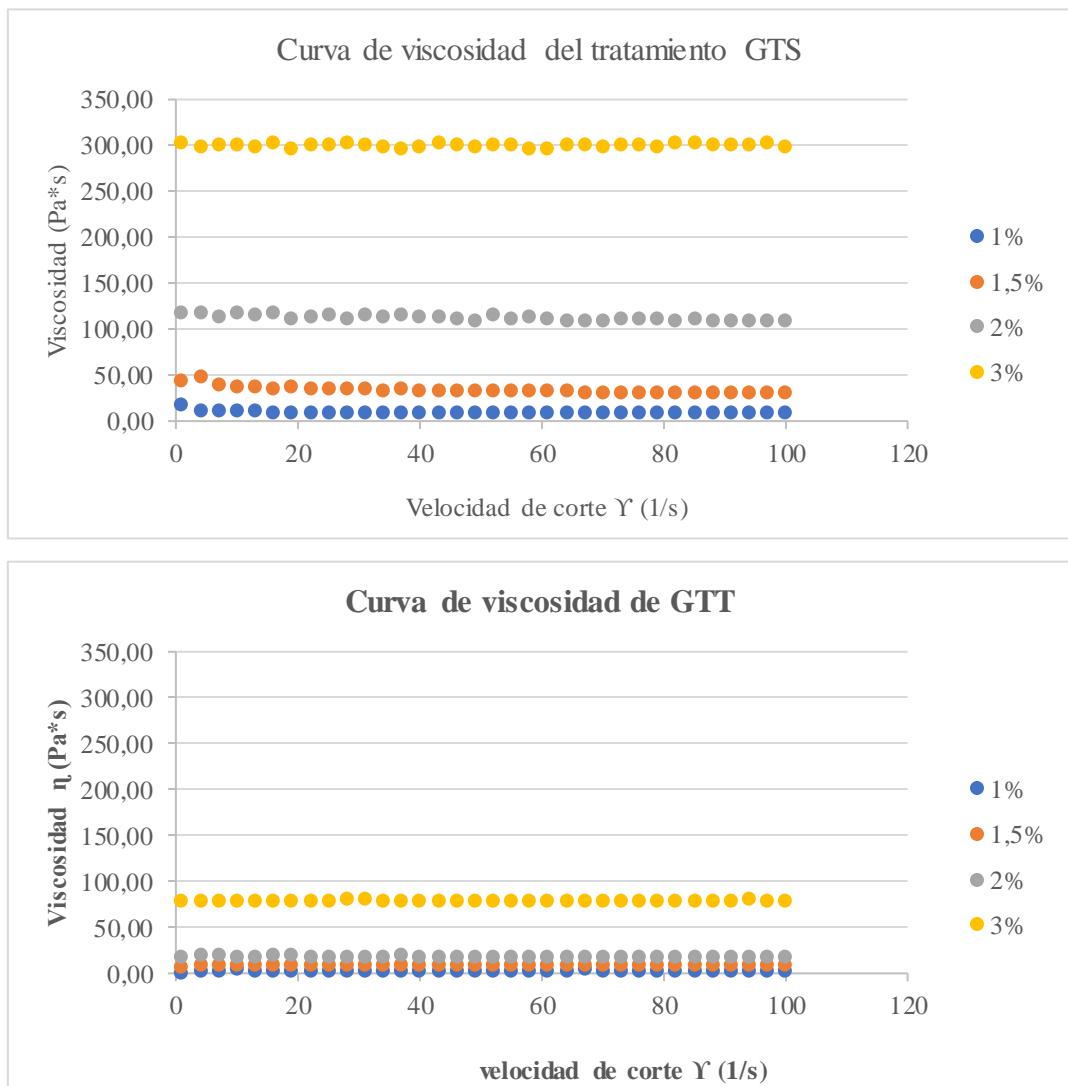


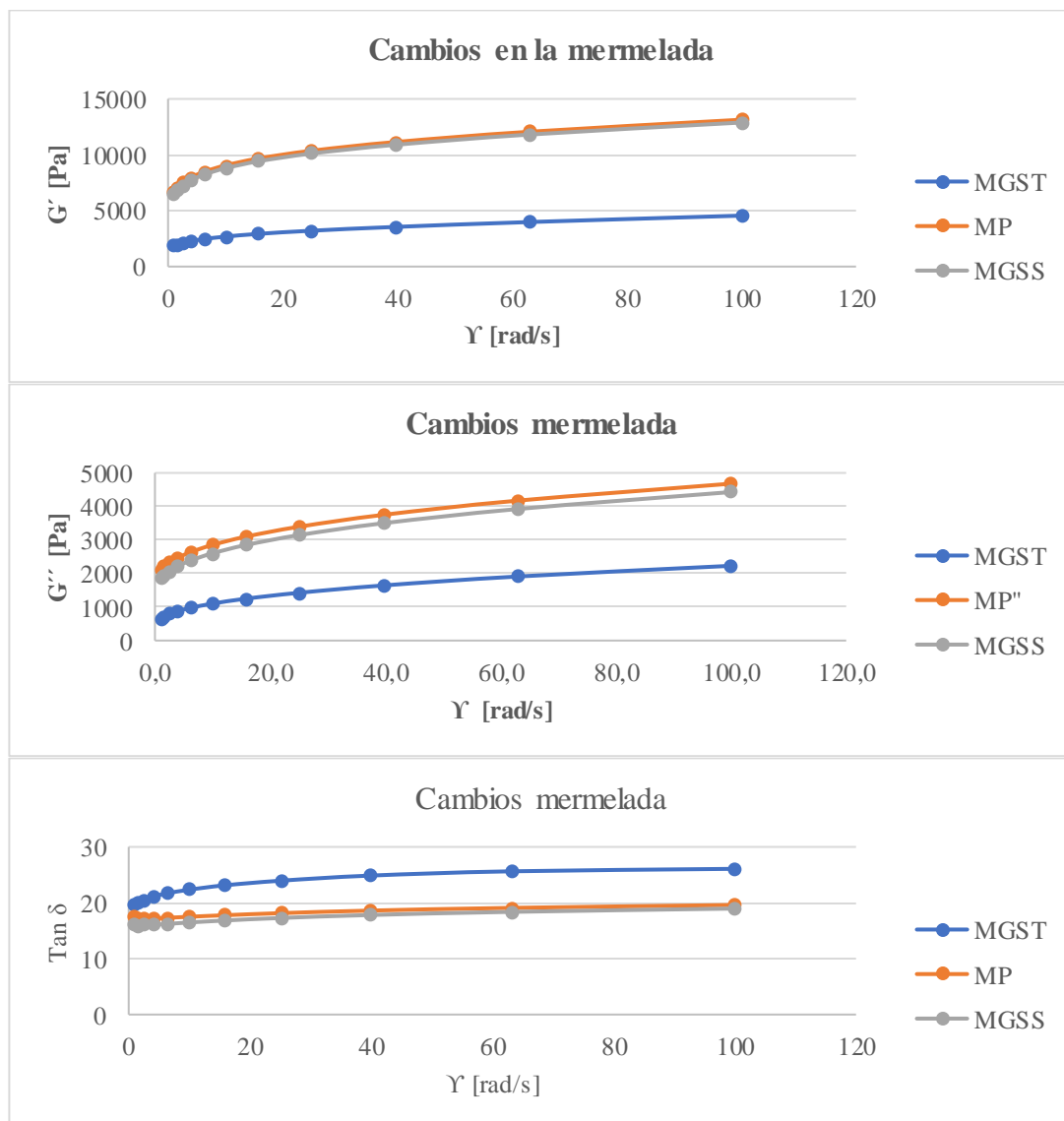
Fig. 7 Curva de viscosidad (viscosidad frente a la velocidad de deformación)

En los ensayos reológicos oscilatorios en la aplicación tecnológica de la goma de tamarindo el comportamiento del módulo de almacenamiento es (elástico) (G'), módulo de pérdida es (viscoso) (G'') y tangente de pérdida ($\tan \delta$) en función de la frecuencia angular (rad/s) se muestra en la Fig. 8.

Se observó que los tratamientos GSS y GST en relación al tratamiento control mermelada de tamarindo con pectina. En los tratamientos GSS y GST el valor de desfase entre el esfuerzo y la deformación están en el rango de 0 a 90°, lo que indica predominio de las propiedades elásticas sobre las viscosas, clasificando a la mermelada un fluido viscoelástico.

Así mismo, los tratamientos presentan valores superiores en el módulo de almacenamiento (G') con respecto al módulo de pérdida (G''), presentando mayor contribución del componente elástico ante el componente viscoso.

Además, se observa que G' y G'' ascendían acorde al aumento de la frecuencia angular. Se determinó que existen diferencias significativas ($P < 0,05$) en el módulo G' y módulo G'' , con comportamientos similares a los valores de $\tan \delta$, esto podría responder al reemplazo de la goma de tamarindo por la pectina debido a que la goma vegetal actúa como agente gelificante (Khounvilay & Sittikijyothin, 2013).



MGSS (Mermelada con goma de semilla seca) MGST (Mermelada con goma de semilla tostada) MP (Mermelada con pectina)
Fig. 8 (a) Módulo de almacenamiento G' , (b) en función de la frecuencia angular módulo de pérdida G'' , (c) en función de la frecuencia angular tangente del ángulo δ en función de la frecuencia angular

3.1.3 Propiedades Térmicas de la goma de tamarindo

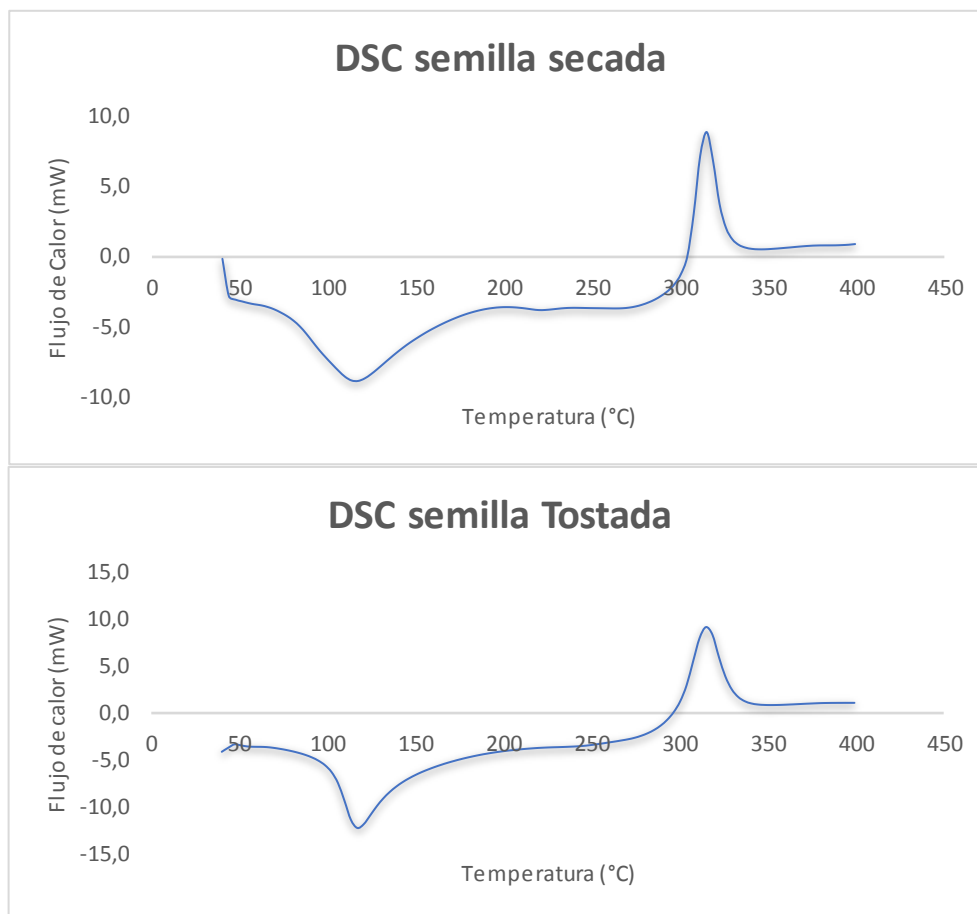


Fig. 9 Termogramas de la goma de tamarindo tratamientos GSS (a) Y GST (b)

Los termogramas de la goma de tamarindo se muestran en la Fig. 9. En la primera región se observó un pico endotérmico alrededor de 100 °C para ambos tratamientos, lo que se puede atribuir a la evaporación de las moléculas de agua presente en la goma, como lo menciona **Trideep , Jonab , & Biswajit (2017)**, en caracterización del polisacarido de la semilla de tamarindo.

El segundo pico exotérmico de los tratamientos GSS y GST se localizó a 315 °C, posiblemente se debe a la degradación de la estructura polimérica de la goma a elevadas temperaturas (**Ji, Shengjun , Zhaoli, & Ke, 2011**).

Las características térmicas descritas en la tabla 11, sugieren que la goma de tamarindo es altamente termoestable, por lo que pueden usarse para la formación de biomateriales con fines industriales, como estabilizador de suspensiones o emulsiones y micro encapsulaciones.

Tabla 11 Temperaturas y Entalpías de la goma de tamarindo

Muestra	Pico	T. inicial (°C)	T. pico (°C)	T. final (°C)	Entalpia (mJ/mg)
Goma semilla tamarindo secada (GSS)	1	78,240	116,660	166,933	-4824,436
	2	303,686	315,253	326,543	2501,430
Goma semilla tamarindo tostada (GST)	1	99,745	116,950	149,165	-5142,943
	2	298,635	315,720	330,940	3492,368

3.1.4 Análisis Físicoquímico de la mermelada de tamarindo.

En la Tabla 12 se muestran los valores de pH, acidez y sólidos solubles de la mermelada de tamarindo. En los valores de pH se observa que existen diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos GSS y GST. Además, se evidenció que el tratamiento GSS presentó el valor más alto de pH (2,963), este valor se asemeja al pH de mermeladas elaboradas con pectina que va de 2,8 a 3,5 como lo indica la norma INEN 419.

Los valores de acidez expresados en porcentaje de ácido tartárico mostraron diferencia significativa ($p < 0,05$). Los tratamientos presentaron porcentajes de ácido tartárico para GSS (2,533 %) y GST (2,181 %) siendo el tratamiento GSS el que presentó un valor próximo al referencial reportado por la normativa INEN 0419 (1988) en mermelada con pectina, es importante considerar que una acidez baja provoca la cristalización de la glucosa como le menciona **González, (2009)** en la fabricación de mermeladas orgánicas.

De acuerdo a los datos reportados en la tabla 12, se colige que el tratamiento con GSS cumple con los rangos establecidos por la normativa legal vigente para la elaboración de mermeladas con pectina.

Tabla 12 Propiedades Físicoquímicas de la mermelada de tamarindo

Tratamiento	pH	Acidez (% ácido tartárico)	° Brix
Mermelada con goma de semilla secada (GSS)	2,963 ± 0,015 ^a	2,533 ± 0,045 ^a	65,90 ± 0,20 ^a
Mermelada con goma de semilla tostada (GST)	2,633 ± 0,035 ^b	2,181 ± 0,105 ^b	64,20 ± 0,05 ^b
Mermelada con pectina (MP)	2,977 ± 0,025 ^a	2,579 ± 0,033 ^a	66,08 ± 0,54 ^a

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

3.1.5 Textura

Los parámetros valorados de dureza, elasticidad y firmeza, se muestran en la Tabla 13, los tratamientos con GSS Y GST presentaron diferencia significativa ($P < 0,05$). Los

valores para mermelada con GSS de dureza (3,133 N), elasticidad (13,101 mm) y firmeza (2,995 N), se encuentran relacionados a los reportados por **Ana Barrantes Salas (2009)**, en el perfil de textura realizado en mermeladas de guayaba sin adición de azúcar empleando gomas vegetales, con valores de: elasticidad 14,8 mm y dureza 3,2 N.

En el proceso de elaboración de mermeladas, se sugiere que la goma de tamarindo actúa como agente gelificante para dar consistencia y textura al producto, al igual que la pectina (**Guichard , Issanchou , Descourvieres , & Etievant, 2000**).

Tabla 13 Resultados de perfil de textura en la mermelada de tamarindo

Tratamiento	Dureza (N)	Elasticidad (mm)	Firmeza (N)
Mermelada con goma de semilla secada (MGSS)	3,133 ± 0,834 ^a	13,101 ± 0,967 ^a	2,295 ± 0,178 ^a
Mermelada con goma de semilla tostada (MGST)	1,897 ± 0,411 ^b	9,792 ± 0,835 ^b	1,511 ± 0,359 ^b
Mermelada con pectina (MP)	3,340 ± 0,210 ^a	13,040 ± 2,160 ^a	2,400 ± 0,430 ^a

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

3.1.6 Análisis Sensorial

Se evaluó la aplicación de la goma de tamarindo con los tratamientos GSS, GST y pectina como control, para la elaboración de mermeladas. Los resultados del análisis sensorial se muestran en la figura 10. El análisis sensorial de color presentó los niveles altos de agrado para los tratamientos GSS, GST y control; como bien señala **Morales (2010)**, el color es característico de la fruta para agrado del consumidor, ya que un ligero cambio nos indica un proceso de oxidación de la fruta.

La evaluación estadística de los atributos sabor, olor y aceptabilidad entre los tratamientos indican que existen diferencias significativas ($p < 0.05$). No obstante se observó que la mermelada que contenía GSS en su formulación, mostró medias superiores en relación al tratamiento GST; este efecto, concuerda con lo mencionado por **Hidrobo (2011)**, quien reporta que el tostado de la semilla intensifica el aroma y provoca un sabor amargo en la goma, lo que afectó las características de sabor y olor en la mermelada, Por lo tanto el tratamiento GSS no difiere significativamente con el control.

En los resultados del análisis sensorial de mermeladas con goma de tamarindo secada, el 70 % de los participantes muestran agrado en los parámetros olor, color, sabor y aceptabilidad. En base a esto se advierte una aceptabilidad del producto, por lo que la goma de tamarindo puede ser utilizada como sustituto de la pectina en la elaboración de mermeladas.

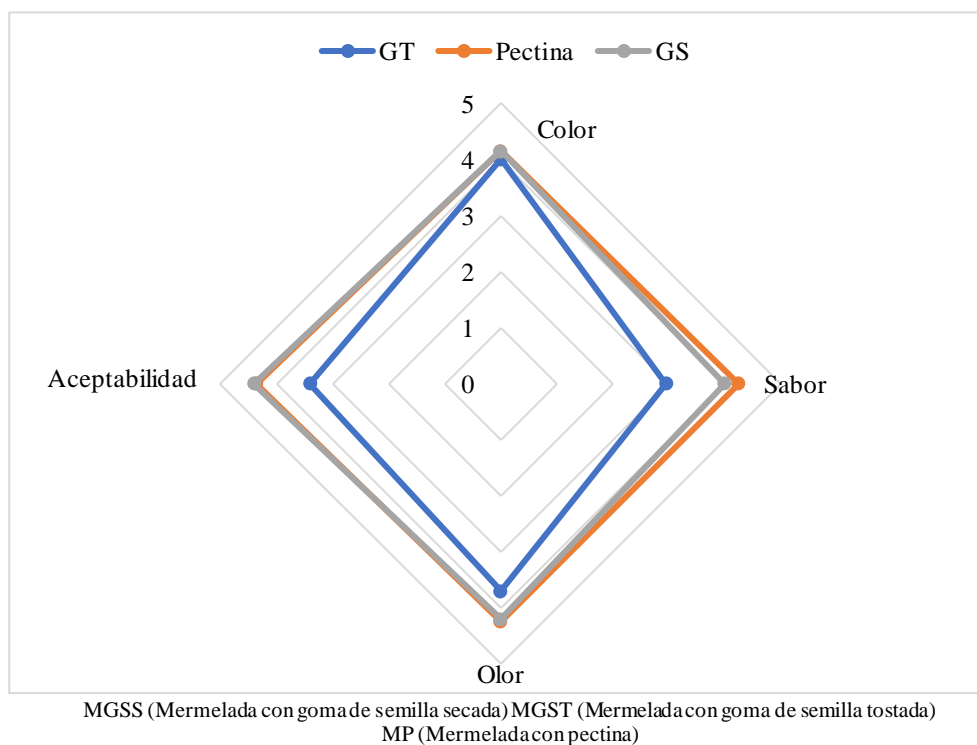


Fig. 10 Evaluación sensorial de mermelada de tamarindo

3.2 Verificación de Hipótesis

Hipótesis Nula (H₀):

El método de secado (Aire caliente y tostado) de las semillas de tamarindo (*Tamarindus indica*) no influye directamente en las propiedades fisicoquímicas, reológicas y térmicas de la goma de tamarindo

Hipótesis Alternativa (H_i)

El método de secado (Aire caliente y tostado) de las semillas de tamarindo (*Tamarindus indica*) influye directamente en las propiedades fisicoquímicas, reológicas y térmicas de la goma de tamarindo

La Hipótesis alternativa es aceptada debido a que las evaluaciones de la goma de tamarindo elaboradas a partir del método de secado influyen directamente en las propiedades fisicoquímicas, sensoriales, reológicas y de textura.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Las propiedades fisicoquímicas de la goma extraída de la semilla de tamarindo (*Tamarindus indica* L.) depende del tratamiento térmico utilizado para separar la semilla de la testa, la proporción de semilla en polvo fue procesada obteniendo diferentes resultados en las propiedades fisicoquímicas, el rendimiento del 20,9 % que indica que es una opción factible para procesar las semillas en la industria de la pulpa de tamarindo convirtiéndose en una importante goma comercial como una fuente nueva de hidrocoloide de alimentos así como la densidad 0,982 g/ml y humedad 6,55 % son óptimos en el GSS. Mientras que el pH de 6 a 7 y peso molecular $9,698 \times 10^5$ g/mol se encuentran en los rangos establecidos por la FAO en los dos tratamientos.
- Las propiedades reológicas de la goma extraída de la semilla de tamarindo (*Tamarindus indica* L.) presentan un comportamiento Newtoniano, considerando los dos tratamientos se evidenció que la viscosidad es mayor para la GSS, existieron diferencias significativas entre las concentraciones de los dos tratamientos GSS Y GST a 30 °C, concluyendo que a mayor concentración mejor viscosidad.
- Las propiedades térmicas de la goma extraída de la semilla de tamarindo (*Tamarindus indica* L.) mostraron picos considerables. El primer pico endotérmico (70-150) °C se atribuye a la pérdida de humedad debido a la naturaleza hidrófila del polisacárido y el segundo pico exotérmico (290-330) °C se debe a la descomposición térmica de la goma. La caracterización térmica sugiere que la goma de la semilla de tamarindo es altamente termoestable y podría utilizarse para fines industriales en productos tales como mermeladas.
- La aplicación tecnológica de la goma de las semillas de tamarindo (*Tamarindus indica* L.) se elaboró una mermelada con la pulpa de tamarindo utilizando tres tratamientos. La goma de semilla secada y pectina presentaron similares en las

propiedades fisicoquímica como pH, acidez y Brix de acuerdo a la normativa INEN para mermeladas con pectina además la goma de semilla tostada no cumplió con los rangos establecidos. El comportamiento reológico de la mermelada se caracterizó por ser un fluido visco elástico. De acuerdo a análisis sensorial existe una aceptabilidad por parte del consumidor en uso de gomas vegetales como la goma de tamarindo, ya que presenta características similares a la mermelada procesada con pectina.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda utilizar agua en la extracción de la goma a partir de semillas, ya que es un método ecológico, siendo un proceso no agresivo para la semilla en lugar de ácidos.
- Se recomienda emplear concentraciones superiores al 5 % de gomas vegetales para la caracterización reológica

MATERIAL DE REFERENCIA

5.1 Referencias Bibliográficas

- Aengwanich, W., Suttajit, M., Srikhun, T. y . (2009). Antibiotic effect of polyphenolic compound extracted from amarind (*Tamarindus indica* L.) seed coat on productive performance of broilers. *International Journal of Poultry Science*.
- ALNICOLSA. (2001). ALNICOLSA productos agroindustriales . Obtenido de Goma guar y garrofín: <http://alnicolsa.tripod.com/guargarrofin.htm>
- Alvarado, J. d. D. . (1996). Principios de ingeniería aplicados a alimentos. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Proyecto Multinacional de Biotecnología y Tecnología de Alimentos.
- Alzamora, S. M., Guerrero, S. N., Nieto, A. B., & Vidales, S. L. (2004). FAO. Obtenido de organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación: <http://www.fao.org/3/a-y5771s.pdf>
- Belitz, H. D., & Grosch, W. (2012). *Química de los alimentos*. Munich: ACRIBIA.
- Carasek, E; Pawliszyn, J. (2006). Screening of tropical fruit volatile compounds using solid-phase microextraction (SPME) . bers and internally cooled SPME . ber. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*.
- Cedeño, H., & Galarza, A. (2007). *Producción y Tecnificación del Tamarindo para la exportación* . Manta: Universidad Laica "Eloy Alfaro de Manabí".
- Chandini , S., Kumar , & Sila , B. (2008). Tamarind Seed: Properties, Processing and Utilization,. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 13-14.
- Ciro, H. J. (2016). *Reología de fluidos y su aplicación en el área de los alimentos*. Medellin: Universidad Nacional de Colombia.
- Costell, E., Durán, E., & Peryrolón , M. (2000). Influence of texture and type of hydrocolloid on perception of basic tastes in carrageenan and gellan gels. *Food Science Technology International*.

- El Universo. (2014). Producción de Tamarindo en Ecuador.
- FAO. (2018). Ecología del cultivo, manejo y usos del nopal. Roma: Centro Internacional de Investigaciones Agrícolas en zonas áridas.
- FAO/WHO. (2017). Tamarind Seed Polysaccharide. Compendium of Food Additive Specifications.
- Fennema, O. R. (2000). [sceqa.files.wordpress.com](https://sceqa.files.wordpress.com/2014/05/quc3admica-de-los-alimentos-fennema.pdf). Obtenido de química-de-los-alimentos: <https://sceqa.files.wordpress.com/2014/05/quc3admica-de-los-alimentos-fennema.pdf>
- Formoso, A. (2000). Procedimientos industriales al alcance de todos. Madrid.
- Fundamentos de Reología de Alimentos. (2006). Cali: JSR e-books.
- Gidley, M.J., Lillford, P.J., Rowlands, D.W., & Fanutti, C. & Reid, J.S.G. (1991). Structure and solution properties of tamarind-seed polysaccharid. Carbohydr. Res.
- Guichard , E., Issanchou , S., Descourvieres , A., & Etievant. (2000). Pectin concentration, molecular weight and degree of esterification influence on volatile composition and sensory characteristics of strawberry jam. Food Sci.
- Gupta , V., Puri , R., Gupta , S., Jain , S., & Rao GK2. (2010). Tamarind Kernel Gum: An Upcoming Natural Polysaccharide. Departments of Pharmaceutical Sciences.
- Hasan, S., & Ijaz, S. (1972). Tamarind. India: Karachi.
- Hidrobo, G. (2011). Obtenido de Desarrollo de un método de extracción, escala de laboratorio, de gomas provenientes de las semillas de guarango, para aplicación en la industria alimenticia : <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4067/1/CD-3796.pdf>
- Hora, D. (2019). Busque zonas de poca lluvia para su cultivo de tamarindo - La Hora. Recuperado el 6 de 7 de 2019, de La Hora Noticias de Ecuador, sus provincias y el mundo.: <https://lahora.com.ec/noticia/1101872474/busque-zonas-depoca-lluvia-para-su-cultivo-de-tama>

- Ji, Z., Shengjun, X., Zhaoli, D., & Ke, R. (2011). Preparation and Characterization of Montmorillonite/Tamarind Gum/Sodium Alginate Composite Gel Beads. *Journal of Composite Materials* .
- K. V. Peter. (2012). *Handbook of Herbs and Spices*. Philadelphia: WP.
- Khounvilay, k., & Sittikijyothin, w. (2013). Rheological behaviour of tamarind seed gum in aqueous solutions. Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Burapha University.
- Malo, L., Moreno, C., & Vasconez, C. (1998). Obtención de Goma de la Semilla de Tamarindo como sustituto de la pectina. *Alimentos, Ciencia e Ingeniería Vol 6*.
- Matissek, R., Schnepel, F., & Steiner, G. (1998). *Análisis de los Alimentos, Fundamentos, Métodos y Aplicaciones*. Zaragoza - España: Acribia .
- Méndez, H. (2007). *Tabla de Composición de Alimentos de Centroamérica*. Guatemala:: NCAP/OPS.
- Milani, J., & Maleki, G. (2012). /bibliotecadigital.exactas.uba.ar. Obtenido de *Hydrocolloids in Food Industry, Food Industrial Processes – Methods and Equipment*:
https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis_n5963_Busch.pdf
- Muller, F. Manet, S., Jean, B., Chambat, G., Boue,. (2011). measurements of semiflexible xyloglucan polysaccharide chains in water reveal their self-avoiding statistic. *Biomacromolecules*.
- Nwanekesi, E.; Alawuba, O y C. Mkpolulu. (1994). Characterization of pectic substances from select tropical fruits. *J. Sci. Technol.* .
- Páez-Peñuñuri, M. E. (2014). Compuestos Bioactivos y Propiedades Saludables del Tamarindo (*Tamarindus indica* L). *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*, XVIII, 11.
- Pasquel, A. (2001). Gomas: Una aproximación a la Industria de alimentos . *Revista Amazónica de Investigación Alimentaria*, 1, 2.

- Patel , T. R., Morris, G. A., Ebringerova, A., Vodenicarova , M., Velabny, V., & Ortega, A. (2008). Global conformation analysis of irradiated xyloglucans. *Carbohydrate*.
- Penna, A. L. B. (2002). Hidrocolóides. Usos em Alimentos. *Food Ingredients: Cuaderno de Tecnología de Alimentos y Bebidas*, 17, 58-61.
- Peña, D. (Abril de 2017). *ri.uaemex.mx*. Obtenido de Estudio de las propiedades emulsionantes del mucílago de la semilla de tamarindo”: <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/67587/Tesis%20Daniel%20Enrique%202017-split-merge.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Ramirez, J. S. (2006). *Introducción a la reología de los alimentos*. Cali: ReCiTeLa.
- Rao, V., Hamann, D., & Humphries, E. (1975). Flow behavior of sweet potato puree and its relation to mouthfeel quality. *Journal of Texture Studies*.
- Saavedra Montenegro, M. (Agosto de 2016). Extracción y caracterización del aceite esencial de las semillas de Tamarindo (*Tamarindus indica*), Lambayeque – 2014. Pimentel.
- Salvat Edit. (2006). *Enciclopedia Salvat de la Ciencia y la Tecnología*. España: Salvat. Editorial.
- Shrikant , H. (2015). *Sustainable Horticulture*. India: Springer.
- Siddhuraju, P., Vijayakumari, K., Janardhanan, K. (1995). Nutritional and Antinutritional Properties of the Underexploited Legumes *Cassia laevigata* Willd. and *Tamarindus Indica* L. . *Journal of Food Composition and Analysis*.
- Singh , P., & Heldman , D. (1997). *Introducción a la ingeniería de los alimentos* . España: Acribia.
- Srinivasan, J. (2017). Tamarind Seed Polysaccharide. *Chemical and Technical Assessment*.
- Thygesen, L., Løkke, M., Micklander, E., & Engel. (2013). Vibrational microspectroscopy of food. *Trends Food Sci. Technol.*

Toledo, R. (2007). *Fundamentals of food process engineering*. Springer Science & Business Media.

Trideep , S., Jonab , A., & Biswajit , D. (2017). Isolation and charecterization of tamarind seed polysaccharides–a natural release retardant. *International Journal of Current Pharmaceutical Research*.

Willats, W. G. T.; Knox, I. P. y M. J. Dalgaard. . (2006). Pectin: new insights into and old polymer are starting to gel. *J.Sci. Technol*.

Zohuriaan, M., & Shokrolahi, F. (2004). Thermal studies on natural and modified gums. *Polym. Test.* 23 (5), 575e579. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.1016/>

ANEXOS

Anexo 1 Manejo de los residuos del tamarindo (semilla)



Recepción y manejo de residuos agroindustriales (semillas de tamarindo)



Secado de semillas de Tamarindo (Secador de bandejas y Tostado)

Anexo 2 Proceso de obtención de la goma



Anexo 3 Métodos de caracterización de la goma



Peso molecular
viscosímetro



Humedad



Densidad
(método Pícnómetro)



Determinación de pH



Pruebas de solubilidad



Análisis FTIR

Anexo 4 Caracterización de la mermelada



Reología de la mermelada de tamarindo



Determinación de acidez de la mermelada de tamarindo