

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
E.A.P. INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**



TITULO:

**“CARACTERIZACIÓN REOLOGICA DE JALEA ELABORADA
A BASE DE SÁBILA (Aloe vera), MEMBRILLO (Cydonia
oblonga) Y MANGO (Mangífera índica L.)”**

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

TESISTAS:

Bach. AMARANTO LEIVA IRVIN ANGEL

Bach. LOPEZ BADA GONZALO

ASESOR:

Ms. Jorge Dominguez Castañeda

Nvo. CHIMBOTE – PERU



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

HOJA DE CONFORMIDAD DE ASESOR

El presente trabajo de tesis titulado: “**CARACTERIZACIÓN REOLÓGICA DE JALEA ELABORADA A BASE DE SABILA (Aloe Vera) MEMBRILLO (Cydonia Oblonga) Y MANGO (Mangifera Indica L.)**” ha contado con el asesoramiento de quien deja constancia de su aprobación. Por tal motivo, firmo el presente trabajo en calidad de asesor, designado por RESOLUCIÓN DECANATURAL N° 921-2015-UNS-FI.

Ms. JORGE DOMINGUEZ CASTAÑEDA
ASESOR



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AGROINDUSTRIAL

INFORME DE TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL

DE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

**“CARACTERIZACIÓN REOLOGIA DE JALEA ELABORADA
A BASE DE SÁBILA (Aloe vera), MEMBRILLO (Cydonia
oblonga) Y MANGO (Mangífera indica L)”**

TESISTAS:

Bach. AMARANTO LEIVA IRVIN ANGEL

Bach. LOPEZ BADA GONZALO

**Revisado y Aprobado el día 21 de Junio del 2016. Por el Siguiete Jurado
Evaluador, designado mediante Resolución N° 122-2016-UNS-CFI**

Ms. JENARO PAREDES ZAVALA

Presidente

Ms. JORGE DOMINGUEZ CASTAÑEDA
Secretario

MSc. SAUL EUSEBIO LARA
Integrante

DEDICATORIA

A Dios quien guía mi camino y es la luz de mi vida,
y me ha demostrado su presencia todos los días.

Esta tesis y toda mi carrera, se la dedico a las
personas más importantes de mi vida,
mis Padres, que son mi ejemplo de trabajo
y constancia, que con entero sacrificio
y abnegación han dado todo de sí para
darme la posibilidad de ser una profesional.

A mis hijos y esposa por el apoyo incondicional
para la culminación de este proyecto

Irvin Amaranto Leiva

DEDICATORIA

A mis padres, Agustina Bada y Antonio Lopez por su comprensión y apoyo durante mis estudios por sus críticas y muchas veces acertados comentarios, son lo mejor que tengo, a mis hermanos por los consejos y ayuda. A mi tesoro, lo máspreciado mi Hijo Lian y mi pareja Maria por estar incentivándome a ser mejor y cumplir mis metas.

Gonzalo López Bada

AGRADECIMIENTOS

Los más sinceros agradecimientos, por su colaboración y apoyo durante todo el desarrollo de este proyecto a:

A DIOS

Nuestro más profundo agradecimiento a Dios por darnos la sabiduría y la responsabilidad para cumplir con esta etapa de nuestras vidas, y tener nuevas metas que nos llenaran de mucha satisfacción.

A LOS PROFESORES E INGENIEROS

Gracias por su tiempo, por su apoyo así como por la sabiduría que nos transmitieron en el desarrollo de nuestra formación profesional, en especial: al Ms. Jorge Dominguez Castañeda y Ms. Williams Castilla Martínez por haber guiado el desarrollo de este trabajo y permitirnos la culminación del mismo, a los Ing. John Gonzales Capcha y Lenin Palacios Ambrosio, por todas sus enseñanzas y motivación para la culminación de nuestros estudios profesionales.

A MIS AMIGOS

Amigos con los cuales compartimos 5 años de nuestras vidas, la etapa más bonita de la Universidad que ahora queda como un excelente recuerdo grabado en nuestros corazones.

A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

Con gratitud y respeto a los docentes y compañeros que hemos conocido en nuestra universidad, quienes con amabilidad, exigencia, ánimos y colaboración permitieron lograr el desarrollo de esta tesis.

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1.	Reología.....	4
2.1.1.	Historia de la Reología	4
2.1.2.	La Reología.....	8
2.1.3.	Propiedades Reológicas de los Alimentos	17
2.1.4.	Importancia de la Reología en la Investigación y en el Procesamiento de Alimentos	19
2.1.5.	Factores que Influyen en el Comportamiento Reológico.....	20
2.2.	Materia prima	23
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	41
3.1.	Lugar de Ejecución:.....	41
3.2.	Materiales:	41
3.2.1.	Materia Prima.....	41
3.2.2.	Materiales metálicos y plásticos.....	41
3.2.3.	Materiales de Vidrio.....	41
3.2.4.	EQUIPOS E INSTRUMENTOS:.....	42
3.3.	MÉTODOS:	43
3.3.1.	PROCESO DE ELABORACIÓN DE JALEA:	43
3.3.2.	ANÁLISIS EN VISCOSÍMETRO DE CILINDROS COAXIALES BROOKFIELD DV II.....	46
3.3.3.	EFEECTO DE LA TEMPERATURA:.....	47
3.3.4.	DISEÑO EXPERIMENTAL:	47
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	49
4.1.	CARACTERIZACIÓN DE MATERIA PRIMA	49
4.1.1.	Membrillo.....	49
4.1.2.	Mango.....	50
4.2.	CARACTERIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO REOLOGICA JALEA ELABORADA A BASE DE SÁBILA (Aloe vera), MEMBRILLO (Cydoniaoblonga) Y MANGO (Mangífera índica L).....	51
4.3.	EVALUACIÓN DE LA ACEPTABILIDAD DE LA JALEA ELABORADA A BASE DE SÁBILA (Aloe vera), MEMBRILLO (Cydoniaoblonga) Y MANGO (Mangífera índica L).....	64

4.4. OPTIMIZACIÓN DE LA FORMULACIÓN DE LA JALEA A BASE DE SÁBILA; MEMBRILLO Y MANGO	70
4.5. EFECTO DE LA TEMPERATURA EL COMPORTAMIENTO REOLOGICO DE JALEA A BASE DE SÁBILA; MEMBRILLO Y MANGO.....	71
V. CONCLUSIONES.....	74
VI. RECOMENDACIONES.....	76
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: Composición Química de la Sábila.....	26
TABLA 2: Composición nutricional del Membrillo	31
TABLA 3: Valor Nutritivo del mango por 100 gr.	36
TABLA 4: matriz experimental según el diseño de mezcla	48
TABLA 5: Características fisicoquímica del fruto de membrillo	49
TABLA 6: Características fisicoquímicas del fruto de mango	50
TABLA 7: Valores de Índice de Consistencia e índice de comportamiento al flujo según la Matriz experimental.....	52
TABLA 8: Análisis de varianza para la variable dependiente índice de consistencia “K”	53
TABLA 9: Análisis de varianza para la variable dependiente índice de comportamiento al flujo “n”	59
TABLA 10: Valores de aceptabilidad de la jalea según la Matriz experimental.	64
TABLA 11: Análisis de varianza para los resultados de aceptabilidad de la Jalea formulada a base de Sábila, Membrillo y Mango	65
Tabla 12: Resultados de la optimización múltiple aplicando la metodología de función deseada	71
13. Tabla 13: Valores de las constantes de la ley de la potencia para la jalea a una formulación 35% de Sábila, 40% de Membrillo y 25% de Mango	71
14. Tabla 14: Efecto de la temperatura sobre el índice de consistencia de la de la Jalea optima. Parámetros de la ecuación de Arrhenius.....	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: El comportamiento reológico, en estado estacionario.....	5
FIGURA 2: Reogramas de fluidos alimentarios:.....	12
FIGURA 3: Campos de Aloe vera.....	27
FIGURA 4: Membrillo.....	30
FIGURA 5: Mango.....	35
FIGURA 6: Pectina (ácido poligalacturónico).	39
FIGURA 07: pH-metro THERMO CIENTIFIC	42
FIGURA 8: Balanza Analítica	42
FIGURA 9. Refractómetro.....	43
FIGURA 10: Procedimiento elaboración de jalea de sábila y membrillo	45
FIGURA 11: Efecto del porcentaje de Sábila y membrillo en el índice de consistencia.	54
FIGURA 12: Efecto del porcentaje de Sábila y mango en el índice de consistencia. ...	55
FIGURA 13: Efecto del porcentaje de membrillo y mango en el índice de consistencia.	56
FIGURA 14: Grafico de contorno y superficie de respuesta para la variable dependiente índice de consistencia “K” (Pas.s ⁿ).....	57
FIGURA 15: Efecto del porcentaje de sábila y membrillo en el índice de comportamiento al flujo.	60
FIGURA 16: Efecto del porcentaje de sábila y mango en el índice de comportamiento al flujo.	61
FIGURA 17: Efecto del porcentaje de membrillo y mango en el índice de comportamiento al flujo.	62
FIGURA 18: Grafico de contorno y superficie de respuesta para la variable dependiente índice de comportamiento al flujo “n”.	63
FIGURA 19: Efecto del porcentaje de sábila y membrillo en la aceptabilidad de la Jalea.	66
FIGURA 20: Efecto del porcentaje de sábila y mango en la aceptabilidad de la Jalea.	67
Figura 21: Efecto del porcentaje de membrillo y mango en la aceptabilidad de la Jalea.	68
Figura 22: Grafico de contorno y superficie de respuesta para la jalea formulada a base de sábila, membrillo y mango.	69

RESUMEN

En este trabajo se ha determinado el comportamiento reológico de jalea elaborada a base de sábila (*Aloe vera*), membrillo (*Cydonia oblonga*) Y mango (*Mangífera indica* L) mediante un reometro de cilindros concéntricos. Se han estudiado muestras de pulpa con un contenido en sólidos solubles de 17°Brix, en el intervalo de temperaturas de 10 a 80°C. La ley de la potencia ha descrito adecuadamente el comportamiento reológico la pulpa de manzana ($R^2 > 0.89$). Los bajos valores obtenidos para el índice de comportamiento al flujo confirman el comportamiento pseudoplástico. La viscosidad aparente disminuye conforme se va incrementando la temperatura y aumenta con la concentración de sólidos. El efecto de la temperatura en el comportamiento ha sido descrito por una ecuación de tipo Arrhenius para la formulación óptima, obteniéndose una energía de activación de 8.943 kJ/mol, el cual es un indicador de la energía necesaria para la reordenación de la moléculas. (Ramos A, Ibarz a, 2009)

ABSTRACT

The rheological behavior of JELLY produced from ALOE (Aloe vera), quince (Cydonia oblonga) Y MANGO (Mangifera indica L) rheometer with concentric cylinders. Samples have been studied pulp with a soluble solids content of 17 ° Brix in the temperature range of 10 to 80 ° C. The power law has adequately described the rheological behavior apple pulp ($R^2 > 0.89$).

The low values obtained for the flow behavior index confirm the pseudoplastic behavior. Apparent viscosity decreases with increasing temperature increases al experiment and increase sample concentration.

The effect of the temperature behavior described by an equation of Arrhenius type for optimal formulation, obtaining an activation energy of 8943 kJ / mol, which is indicative of the energy required for rearranging the molecules. (Ramos A, Ibarz a, 2009)

I. INTRODUCCIÓN

La jalea es un producto que se obtiene de la concentración de jugos y/o extractos de una o varias frutas, mezclado con productos alimenticios que aportan dulzura al mismo, con o sin la adición de agua y elaborado hasta conseguir una consistencia gelatinosa semisólida (Codex Alimentarius 2009).

El estudio de mercado sobre mermeladas y jaleas, mostró la existencia de una gran variedad de marcas tanto nacionales como de otros países vecinos que se dedican a la fabricación de mermeladas y jaleas, así como pequeñas empresas que se dedican a la elaboración y comercialización de productos caseros. La elaboración de este tipo de productos es relativamente fácil y no se necesita de mucho conocimiento. En el mercado existe una gran competitividad para este tipo de productos, situación que ha llevado a toda la industria a segmentar el mercado en tipos de sabores, textura y tipo de envase.

Ante la gran cantidad productiva de materia primas como mango, aloe vera y membrillo, se optó por esto para darle un valor agregado a estos y sobre todo aprovechar el valor nutricional del aloe vera y el poder de gelificación del membrillo además del poder edulcorante del mango y de su sabor característico

Se han realizado algunos esfuerzos o investigaciones para crear nuevos productos y diferenciarse de la competencia. Un esfuerzo muy importante fue el desarrollo de un prototipo de mermelada de mango "Light" (Morales 2009). Otro esfuerzo fue la elaboración de una mermelada de mango utilizando Stevia rebaudiana (Aguilar 2003), ambas con el fin de aprovechar las tendencias actuales de consumir la menor cantidad de calorías por parte de los

consumidores, pero sin sacrificar el consumo de algunos productos dulces como la mermelada.

El mercado se encuentra focalizado por ese tipo de producto "Light" o bajo en calorías en el país. Otro segmento de consumidores muy importante está creciendo y demandando nuevos productos que sean saludables o aporten beneficios a su salud, como la disminución de azúcar en la sangre al consumir miel (Chepulis 2007).

Lo cual representa una oportunidad para introducir al mercado una jalea de sábila, mango y membrillo, integrando así los beneficios de la sábila a la jalea.

Los alimentos reaccionan de forma muy diferente ante la aplicación de un esfuerzo; unos son sólidos y se rompen bruscamente ante un esfuerzo elevado, como los helados; otros, sólidos, se deforman para acabar rompiéndose, como la gelatina; otros fluyen en diversas formas, como la leche, la mayonesa, el puré o la masa de pan, requiriendo o no superar un nivel de esfuerzo inicial frente al que pueden o no deformarse antes de fluir.

Desde hace algunos años, la reología de los productos alimentarios sigue una clara tendencia a desarrollarse, dado que el conocimiento adecuado de las propiedades reológicas de los alimentos se aplica en numerosas etapas durante el procesamiento de diversas materias primas, tanto en el diseño de procesos y equipos, y en la evaluación sensorial, como para el control de calidad, además de brindar información acerca de la estructura del alimento.

Sin embargo, esta ciencia, aún muy joven, todavía es bastante experimental y estudiada por unos pocos; a pesar de esto, el impacto de los métodos reológicos es ya bien visible en la industria agroalimentaria, probando así la

necesidad urgente de datos reológicos de diferentes materias primas de la región para este sector.

El objetivo del proyecto fue caracterizar reológicamente la jalea elaborada a base de sábila (aloe vera), membrillo (cydonia oblonga) y mango (mangífera indica l), haciendo uso de un reómetro de cilindros concéntricos.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Reología.

2.1.1. Historia de la Reología

En 1678 Robert Hooke fue el primero que habló de la reología en su libro “Verdadera teoría de la Elasticidad”. Dicha teoría se resumía en lo siguiente: “Si se dobla la tensión, se dobla deformación”. (Ahmed, y colaboradores, 2007)

Nueve años después, Isaac Newton publicó en “Philosophiae Naturalis Principia Mathematica” una hipótesis asociada al estado simple de cizalladura (o corte): “La resistencia derivada de la falta de deslizamiento de las partes de un líquido es proporcional a la velocidad con que se separan unas de otras dentro de él”. Esta necesidad de deslizamiento es lo que ahora se denomina “Viscosidad”, sinónimo de fricción interna. Dicha viscosidad es una medida de la resistencia a fluir.

La fuerza por unidad de área que se requiere para el movimiento de un fluido se define como F/A y se denota como “ σ ” (tensión o esfuerzo de cizalla). Según Newton la tensión de cizalla o esfuerzo cortante es proporcional al gradiente de velocidad (dv/dy), o también denominado $\dot{\gamma}$. Si se duplica la fuerza, se duplica el gradiente de velocidad:

$$t = \mu \frac{dv}{dy} = \mu * \dot{\gamma} \dots \dots \dots (ec. 1)$$

Esta fórmula se denomina Ley de Newton, que es aplicable actualmente aún para unos fluidos determinados (Newtonianos). La glicerina y el agua son ejemplos muy comunes que obedecen la Ley de Newton. Para

la glicerina, p. ej., la viscosidad vale 1000 mPa·s, en cambio para el agua la viscosidad vale 1 mPa·s, es decir, es mil veces menos viscosa que la glicerina. (Ahmed, y colaboradores, 2007)

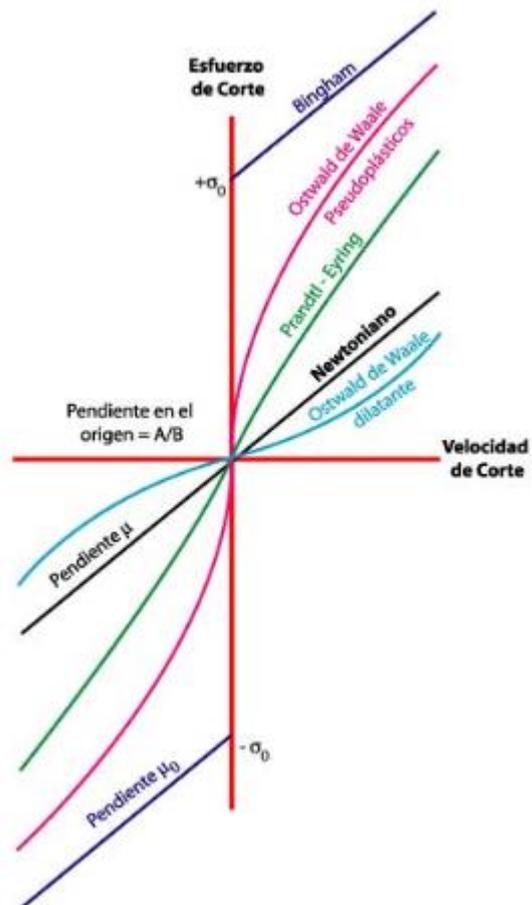


Figura 1: El comportamiento reológico, en estado estacionario.

Fuente: STEFFE, James F., Ph.D., (1992)

En esta época apareció la Ley de Hooke que fue de aplicación para el estudio de la reología de sustancias sólidas:

$$\sigma = G * \gamma \dots \dots \dots (ec. 2)$$

Donde:

σ : Esfuerzo cortante (Pa)

G: Módulo de rigidez (Pa)

γ : Deformación (%)

La fórmula nos dice que si se aplica una carga σ sobre un cuerpo sólido, éste va a sufrir una cierta deformación γ . El valor de dicha deformación se mantendrá hasta que cese el esfuerzo aplicado. (LEVENSPIEL, O. 1993)

Hace 300 años los estudios relacionados con la Reología se reducían a aplicar la Ley de Newton para líquidos y la Ley de Hooke para sólidos. Fue a partir del siglo XIX cuando los científicos comenzaron a tener dudas acerca de la validez universal de estas leyes lineales.

En 1835 W. Weber llevó a cabo una serie de experimentos con gusanos de seda y vio que no eran perfectamente elásticos. Lo que observó fue que una carga longitudinal producía una extensión inmediata, seguida de un posterior alargamiento conforme transcurría el tiempo. Al eliminar la carga se producía una contracción inmediata, seguida de una contracción gradual de la longitud hasta llegar a la inicial. Estas características se asocian a la respuesta de un líquido. (LEVENSPIEL, O. 1993)

En 1867 J.C. Maxwell, en su artículo “Sobre la teoría dinámica de los gases”, incluido en la Enciclopedia Británica, propuso un modelo matemático para describir los fluidos que poseen propiedades elásticas, es decir, elementos asociados a la respuesta de un sólido:

$$\sigma = \beta * \gamma \dots \dots \dots (ec. 3)$$

Donde β es un parámetro semejante al módulo de rigidez (Parámetro no-nulo). Tanto la conducta que observó Weber en sólidos como Maxwell en líquidos se denominó posteriormente “Viscoelasticidad”.

Después de Maxwell no se profundizó más en el estudio hasta la segunda década del siglo XX, apareciendo una serie de modelos lineales (flujo plástico y punto de fluidez) y no lineales de comportamiento.

A partir de la Segunda Guerra Mundial, la Reología cobró mucha fuerza con la búsqueda de materiales viscoelásticos para lanzallamas. Aparecieron poco a poco modelos que asumieron que tanto el módulo de rigidez podían variar con la tensión aplicada. Además se observó que la viscosidad también dependía del tiempo (Tixotropía y Reopexia) y se profundizó en que los materiales reales pueden presentar comportamiento viscoso, elástico, o una combinación de ambos.

En 1945 M. Reiner definió el número de Deborah, De cómo:

$$D_e = \frac{\tau}{T} \dots \dots \dots (ec. 4)$$

En donde “ τ ” es el tiempo característico del material y “T” el tiempo característico del proceso de deformación. Si D_e era muy alto se

consideraba al material como un sólido elástico, y si D_e era muy bajo se le consideraba como un líquido viscoso. (Ahmed, y colaboradores, 2007)

A partir de ese año, el interés por la reología fue aumentando con la aparición de las fibras sintéticas, plásticos, detergentes, aceites multigrados, pinturas y adhesivos entre otros, estudiándose para ello suspensiones newtonianas tanto diluidas como concentradas.

La reología ha sido muy importante y lo seguirá siendo para el desarrollo de múltiples industrias, como por ejemplo la industria farmacéutica y alimentaria, así que es de gran relevancia un estudio minucioso de ésta. (Alvarado, J. de D. 1996)

2.1.2. La Reología

Los alimentos, además de ofrecer olor, color y sabor característico; exhiben determinado comportamiento mecánico y reaccionan de un cierto modo cuando se intenta deformarlos. Pueden ser duros o blandos, correosos o deleznable, gomosos o quebradizos, de textura fibrosa o uniforme, unos fluyen fácilmente, otros con dificultad (Muller, 1973).

El término Reología fue sugerido en 1929 por Eugene Cook Bingham para definir la rama de la Física que tiene como propósito el conocimiento de la deformación o flujo de la materia. Desde el punto de vista histórico el origen de la Reología se fija en la segunda mitad del siglo XVII, época en la que Robert Hooke e Isaac Newton dieron a conocer sus ideas acerca del sólido elástico y del fluido viscoso ideales, respectivamente (Bregni, 1998).

Muller (1973), indica que Reología es la ciencia de la deformación de la materia, se ocupa preferentemente de la deformación de los cuerpos aparentemente continuos y coherentes, pero con frecuencia trata también de la fricción entre sólidos, del flujo de polvos, e incluso de la reducción a partículas o molturaciones. La Reología moderna, además de los comportamientos elástico y viscoso, estudia también sistemas complejos que presentan simultáneamente propiedades elásticas y viscosas, es decir, sustancias viscoelásticas. La Reología es una ciencia disciplinaria cuyo desarrollo realizan no solamente físicos, sino también ingenieros de diversas especialidades, matemáticos, químicos, biológicos y farmacéuticos; lo cual da lugar a diferentes métodos, así como un amplio abanico de posibilidades prácticas de aplicación (Bregni, 1998).

Reología, es la ciencia de la deformación y flujo de materia, el comportamiento reológico de un fluido es caracterizado por la relación entre el esfuerzo de cizalla requerido para inducir una determinada velocidad de deformación de cizalla (Alvarado, 1996).

Rao (1999) considera que un modelo de flujo es una ecuación matemática que describe datos reológicos semejantes en relación al esfuerzo de cizallamiento y a la velocidad de deformación de cizallamiento. Es importante cuantificar cómo los modelos de los parámetros reológicos son afectados por temperatura y concentración.

➤ Clasificación reológica de los alimentos

Los alimentos, desde los sólidos, semisólidos hasta los líquidos, cambian su comportamiento reológico en cada etapa del proceso, se

clasifican en la reología según propiedades físicas, tales como viscosidad, elasticidad o fluidez, los cuales pueden ser descritos con una amplia gama de modelos matemáticos.

Dada la complejidad y la amplitud del tema, los investigadores han hecho una primera clasificación entre los alimentos newtonianos y no newtonianos según su comportamiento reológico, siga o no la ley de Newton de la viscosidad. Existen además alimentos en que el comportamiento reológico depende del tiempo de esfuerzo de corte que se ejerce sobre ellos.

Finalmente, existen otros grupos de alimentos que se comportan como fluidos viscosos y sólidos elásticos a la vez, los llamados fluidos visco elásticos.

La clasificación de los fluidos alimentarios según su comportamiento reológico puede establecerse de la siguiente forma:

- ❖ Fluidos newtonianos
- ❖ Fluidos no newtonianos
 - ✓ Independientes del tiempo
 - Plásticos de Bingham
 - pseudoplásticos
 - Dilatantes
 - ✓ Dependientes del tiempo
 - Fluidos tixotrópicos
 - Fluidos reopéticos
 - ✓ Viscoelásticos

Para la visualización gráfica del comportamiento reológico de los fluidos, es frecuente la utilización de reogramas, que son gráficos de esfuerzo cortante versus relación de deformación, que tienen una gran utilidad para identificar los diferentes tipos de comportamiento reológico, y que permiten mejorar el desarrollo de muchos productos alimenticios.

a. Fluidos newtonianos. Son líquidos cuyos coeficientes de viscosidad son constantes para una temperatura dada. Es decir, cuando el fluido es sometido a esfuerzos de corte (σ) se desarrollan relaciones de deformación ($\dot{\gamma}$) directamente proporcionales a la velocidad de deformación (KYEREME et al., 1999). Donde η es el coeficiente de viscosidad, aunque generalmente se le denomina simplemente viscosidad.

$$\sigma = \eta \dot{\gamma} \dots \dots \dots (1)$$

Los fluidos newtonianos, por definición, presentan una línea recta que relaciona $\sigma - \dot{\gamma}$, con intercepto cero y pendiente igual a η . Todos los fluidos que no exhiben este comportamiento pueden ser llamados no – newtonianos (STEFFE, 1996). Algunos ejemplos de fluidos newtonianos son el agua, té, café, cerveza, bebidas carbonatadas, jugos filtrados, leche, aceite comestible, almíbar de azúcar y mayoría de mieles (BOURNE, 1982).

b. Fluidos no newtonianos independientes del tiempo.

En la figura 1a se muestra el reograma de cada uno de estos comportamientos. Los fluidos viscosos no newtonianos no presentan proporcionalidad entre la relación de deformación y el esfuerzo de corte, la viscosidad recibe el nombre de viscosidad aparente y es función de la relación de deformación (IBARZ y BARBOSA-CÁNOVAS, 1999); son fluidos plásticos, que pueden presentar cierta elasticidad por debajo de un determinado umbral de presión de corte. Estos fluidos tienen una estructura compleja, en la cual intervienen, generalmente, dos fases como ocurre en emulsiones y suspensiones (CHEFTEL et al., 1983).

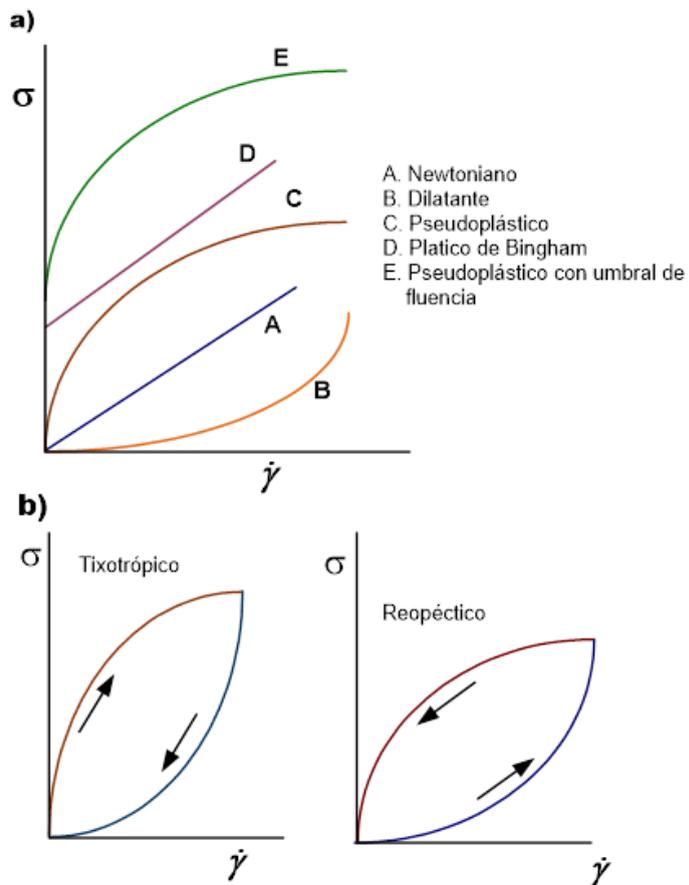


FIGURA 2: Reogramas de fluidos alimentarios:
 a) Newtonianos y no newtonianos independientes del tiempo, b)
 No newtonianos dependientes del tiempo
 Fuente: Operaciones Unitarias En La Ingeniería De Alimentos
 (Ibarz y Barbosa-Cánovas, 2005).

b.1. Ley de potencia: fluidos pseudoplásticos y dilatantes.

Muchos fluidos alimenticios describen comportamiento pseudoplástico y son caracterizados utilizando un modelo de ley de potencia (Steffe; Oldsworth citados por MUKPRASIRT et al., 2000):

$$\sigma = k(\dot{\gamma})^n \dots \dots \dots (2)$$

Donde:

K = coeficiente de consistencia (Pa sn)

n = índice de comportamiento reológico (adimensional), con $0 < n < 1$

A continuación se citan ejemplos de fluidos pseudoplásticos: pasta de avellana (ERCAN y DERVISOGLU, 1998); puré de plátano, vinagreta, jarabe de chocolate, salsa para enchilada, y jarabe para panqueque (BRIGGS y STEFFE, 1997); jugos concentrados de frutas o vegetales, pastas, compota de manzana, pasta de almidón y proteínas (RHA, 1978). En general, los purés de frutas y vegetales son fluidos pseudoplásticos. La consistencia de estos productos es un parámetro importante de calidad (IBARZ y BARBOSA-CÁNOVAS, 1999).

Si en la ec. 2 el índice de comportamiento reológico n es mayor que la unidad el fluido es dilatante, lo cual corresponde al fenómeno inverso de la pseudoplasticidad porque el fluido aumenta su viscosidad al aumentar la tasa de corte. Este tipo de flujo sólo se encuentra en líquidos que contienen una alta proporción de partículas rígidas insolubles en suspensión (BOURNE, 1982). El comportamiento dilatante también es el resultado de factores similares a los listados anteriormente para un fluido pseudoplástico, sin embargo, la concentración y la variación en las formas del material juegan un papel aún más determinante en la dilatancia. Este fenómeno puede ser el resultado de partículas de variados tamaños y formas, estrechamente ajustadas y firmemente empaquetadas, de manera que el flujo llega a ser relativamente más difícil al incrementar la presión. Se citan como ejemplo algunos tipos de miel y soluciones de 40% de almidón de maíz crudo (STEFFE, 1996).

b.2. Cuerpo plástico de Bingham: Estos cuerpos no se derraman bajo el efecto de su peso; necesitan que la presión sobrepase un umbral para que comience el flujo. Una vez que se ha sobrepasado este valor crítico, el fluido se comporta como newtoniano (CHEFTEL et al., 1983). Esto se expresa por:

$$\sigma = \sigma_0 + n\dot{\gamma} \dots \dots \dots (3)$$

donde σ_0 es el esfuerzo cortante límite, por encima del cual se produce el derramamiento newtoniano.

Algunos ejemplos de fluidos alimentarios que presentan este comportamiento son: salsa de tomate, mayonesa, crema batida, clara de huevo batida y margarina (BOURNE, 1982); condimentos tipo mostaza, mantequilla, salsa de chocolate y puré de patatas (CHEFTEL et al., 1983).

b.3. Herschel-Bulkley: Este modelo es una relación general para describir el comportamiento de fluidos no-newtonianos:

$$\sigma = \sigma_0 + n(\dot{\gamma})^n \dots \dots \dots (4)$$

Pueden ser considerados como casos especiales de esta ecuación, los comportamientos newtoniano, ley de potencia (pseudoplástico o dilatante), y plástico de Bingham, citados anteriormente.

Ciertos alimentos que se ajustan al modelo de Herschel- Bulkley son pasta de pescado desmenuzado, pasta de pasas (STEFFE, 1996); pastas basadas en harina de arroz (MUKPRASIRT et al., 2000); pasta de maní (Kokini y Dickie citados por SINGH et al., 2000); puré de banana, durazno, papaya y mango (Guerrero y Alzamora, citado por AKDOGAN y McHUGH, 2000).

c. Fluidos no newtonianos dependientes del tiempo. En este caso, la viscosidad aparente varía no sólo con el esfuerzo de corte, sino que también, para un esfuerzo de corte constante, varían con el tiempo de duración de la relación de deformación (Ver FIGURA 1b).

Estos fluidos se clasifican en:

c.1. Fluidos Tixotrópicos: Son aquellos cuya viscosidad disminuye con el tiempo manteniendo el esfuerzo de corte constante, por lo tanto, la viscosidad aparente depende no sólo de la relación de deformación, sino también de la duración (tiempo) de la deformación. La estructura de estos fluidos es destruida debido al esfuerzo de corte aplicado, regenerándose dicha estructura cuando deja de actuar el esfuerzo de corte. Cuando se recupera el valor de la viscosidad inicial se habla de tixotropía reversible, y si no se alcanza de nuevo el valor original, de tixotropía irreversible (ej. jugo concentrado de naranjas) llamada también reomalaxia o reodestrucción. Este fenómeno puede explicarse por la presencia entre las cadenas lineales de coloides hidrófilos, de enlaces hidrógeno que se rompen por la agitación y se reagrupan en el reposo (STEFFE, 1996; CHEFTEL et al., 1983). Ejemplos típicos son los alimentos para niños basados en carne, vegetales, pescado, y postre de frutas (ALONSO et al., 1995).

c.2. Fluidos Reopécticos: En estos fluidos la viscosidad aumenta con el tiempo, cuando el esfuerzo de corte permanece constante. Antitixotropía y tixotropía negativa son sinónimos de reopexia. (STEFFE,1996). Este comportamiento implica la elaboración o reorganización de estructura, que trae consigo un aumento de la resistencia al flujo (IBARZ y BARBOSA-CÁNOVAS, 1999).

2.1.3. Propiedades Reológicas de los Alimentos

Los fluidos constituyen la mayor parte de los alimentos que ingiere el hombre; los adultos consumen más productos líquidos y pastosos que alimentos sólidos por la facilidad de ingestión y digestión; en los niños y recién nacidos la importancia de los alimentos fluidos y particularmente líquidos es fundamental.

Cuando un alimento se procesa, el mismo está sujeto a un movimiento constante; en la práctica es muy difícil pensar en un producto que no requiera movilización.

Se atribuye el uso de la palabra Reología al Profesor Crawford, quien la utilizó para definir a la ciencia del flujo. En el momento actual se acepta que la Reología es la ciencia dedicada al estudio de la deformación y el flujo; su desarrollo, en especial durante los últimos años, es notorio. Merece destacarse el trabajo del Profesor Prentice, relacionado con la reología de productos alimentarios y su medida. (ALVARADO, J. 1996)

Varias son las razones para determinar las propiedades reológicas de alimentos. Son básicas en la ingeniería de procesos para el diseño de plantas, en el cálculo de requerimientos de bombeo; para establecer las dimensiones de tuberías y válvulas; para realizar mezclas; además, se utilizan en el cálculo de operaciones básicas con transferencia de calor, masa y cantidad de movimiento. También se aprovechan para control instrumental de calidad del material crudo previo al procesamiento, de productos intermedios durante la manufactura, y de los productos finales después de la producción. Sirven para evaluar la calidad preferida por el consumidor por medio de correlaciones entre las medidas reológicas y

pruebas sensoriales. Permiten elucidar la estructura o composición de alimentos y analizar los cambios estructurales que ocurren durante un proceso. (ALVARADO, J. 1996)

Se definen a los fluidos como las sustancias que fluyen sin desintegrarse cuando se aplica una presión, lo cual incluye a gases, líquidos y ciertos sólidos. En especial, para el caso de los líquidos se requieren diferentes esfuerzos de cizalla, para permitir que las moléculas de una capa pasen a otra a cierta velocidad. La relación entre el esfuerzo de cizalla requerido para inducir una determinada velocidad de deformación en cizalla, caracteriza el comportamiento reológico de un fluido. (STEFFE, James F 1992)

En los fluidos llamados newtonianos, el esfuerzo de cizalla es directamente proporcional a la velocidad de deformación en cizalla o, abreviadamente, velocidad de cizalla y la constante de proporcionalidad corresponde a la viscosidad. Muchos fluidos alimentarios se desvían de este comportamiento; pertenecen al grupo de los fluidos no-newtonianos, en los cuales el término índice de consistencia es equivalente a una viscosidad nonewtoniana. Pero para definir el flujo se requiere de otros términos: el índice de comportamiento al flujo y, en ciertos casos, el esfuerzo de fluencia (tensión mínima de deformación o umbral de fluencia). (STEFFE, James F 1992)

2.1.4. Importancia de la Reología en la Investigación y en el Procesamiento de Alimentos

Según STEFFE, James F (1992). Existen varios campos en los que se observa la importante participación del conocimiento reológico:

- Cálculos en Ingeniería de procesos en donde se involucren diversos equipos. P. ej.: Bombas, extrusores, mezcladores, homogenizadores, intercambiadores de calor, tuberías, etc.
- Formulación para el desarrollo de productos.
- Control de calidad en productos intermedios y finales: este control se realiza en la propia línea de producción. Es determinante para la aceptación de productos como patatas fritas, cereales, quesos, aperitivos, yogures, dulces, chocolates, cremas, etc.
- Estudio de vida en anaquel.
- Evaluación de la textura del alimento mediante la correlación con datos sensoriales.
- Estudio de la textura y consistencia de productos alimenticios: dichas propiedades son muy importantes a la hora de que un producto sea del agrado del consumidor.
- Producción de pegamentos: el estudio de su plasticidad, de la forma de fluir dentro del recipiente que lo contiene, etc.
- Producción de pinturas: una pintura debe ser esparcida de forma fácil pero sin que escurra.
- Producción de productos cosméticos y de higiene corporal: la duración de una laca sobre el pelo, la distribución de la pasta de dientes por toda la boca, la forma de cómo se esparce una crema, etc. Todas

estas características se estudian con la reología para obtener la mayor eficacia del producto.

- Producción de medicamentos: se estudia su estabilidad química, su tiempo de caducidad y su facilidad de extrusión, entre otras.
- Caracterización de elastómeros y de polímeros tipo PVC.
- Estabilidad de emulsiones y suspensiones.
- Caracterización de gasolinas y otros tipos de hidrocarburos.
- Caracterización de metales (en situaciones de elevada temperatura), y de cristales líquidos.
- Control de sustancias que sean transportadas a lo largo de un recipiente cilíndrico (para evitar la reopexia).
- Estudio del magma en vulcanología: cuanto más fluido sea el magma más tendencia va a tener el volcán a que provoque una erupción.

2.1.5. Factores que Influyen en el Comportamiento Reológico

Existen muchos factores que influyen en el comportamiento reológico de los alimentos como son la presión, la estructura del alimento, el gradiente de velocidad o velocidad de deformación y el tiempo de tratamiento de la muestra. Pero son, quizás, la temperatura de tratamiento y la concentración del alimento los más importantes y los que más se han estudiado. El modelo de Ostwald también conocida como la ley de potencia, es uno de los más utilizados para describir el comportamiento reológico de zumos de fruta (Rao et al., 1984). Citado por (Gratão A et al., 2005)

a. Efecto de la temperatura

Hasta el momento en que son consumidos, los alimentos están sometidos continuamente a cambios de temperatura. Empezando por el proceso de elaboración y pasando por los periodos de transporte y almacenamiento las condiciones de temperatura a que son sometidos pueden variar notablemente. Por este motivo es muy importante conocer sus propiedades reológicas en función de la temperatura (Ibarz A. et al., 2005).

Para estudiar el efecto que produce la temperatura sobre el comportamiento reológico de los fluidos, se utiliza una ecuación tipo

Arrhenius:

$$n = n_0 \exp\left(\frac{E_a}{RT}\right) \dots \dots \dots (5)$$

Expresión en la que η_0 es un parámetro, R la constante de los gases, E_a la energía de activación al flujo y T la temperatura absoluta.

En el caso de fluidos newtonianos η es la viscosidad, mientras que para fluidos no newtonianos se utiliza el índice de consistencia, K, en lugar de la viscosidad. Sin embargo, cuando se trata de fluidos pseudoplásticos suele usarse la viscosidad aparente, η_a , a una velocidad de deformación fijada. (Ibarz A. et al., 1992).

En el caso de fluidos que obedecen el modelo de la ley de la potencia y de Herschel-Bulkley, el efecto de la temperatura

puede correlacionarse mediante un modelo combinado de la ecuación de Arrhenius para el índice de consistencia (Harper y El-Sahrigi, 1965; Vitali y Rao, 1984) citado por (Ibarz A. et al., 2005).

b. Efecto de la concentración

Se han descrito dos tipos de correlaciones o modelos matemáticos para considerar el efecto de la concentración en la viscosidad (Harper y El-Sahrigi, 1965; Saravacos, 1970; Rao et al., 1984) citado por (Ibarz A. et al., 2005), una según un modelo potencial, y otra según un modelo exponencial:

$$n = n_1(c)^a \dots \dots \dots (6)$$

$$n = n_2 \exp(bC) \dots \dots \dots (7)$$

En las que C es el contenido de sólidos de fluidos y a y b son parámetros a determinar, a partir de los datos de variación de la viscosidad con la concentración, a una determinada temperatura. El modelo potencial da resultados satisfactorios en purés de frutas y hortalizas altamente viscosos (Rao et al., 1981; Vitali y Rao, 1982). Sin embargo, los mismos autores encontraron que para zumos de fruta concentrados el modelo exponencial proporcionaba mejores ajustes. Esto último ha sido confirmado por otros autores que han estudiado la reología de zumos clarificados de diversas frutas, citado por (Ibarz et al., 2005).

Normalmente, un aumento de la concentración comporta un incremento de la viscosidad o del índice de consistencia. También puede afectar a otros parámetros como el umbral de fluencia, que

si bien tiende a aumentar con la concentración a veces se ha descrito el efecto contrario (Ibarz et al., 1992). Por lo que respecta al índice de comportamiento al flujo, un aumento de la concentración o bien no le afecta (Sáenz y Costell, 1986) o bien hace que disminuya (Mizrahi y Berk, 1972) citado por (Ibarz et al., 2005).

c. Efecto combinado temperatura-concentración

Desde el punto de vista ingenieril es interesante poder encontrar una sola expresión que correlacione el efecto que la temperatura y concentración ejercen sobre la viscosidad.

Generalmente, este tipo de ecuaciones son válidas en el intervalo de las variables para el cual han sido determinadas (Rao y Rizvi, 1986; Vitali y Rao, 1984). Estas ecuaciones se han aplicado para describir el efecto combinado de concentración y temperatura en diferentes productos alimentarios (Rao et al., 1984; Vitali y Rao, 1984a; Ibarz y Sintés, 1989; Ibarz et al. 1989; Castaldo et al., 1990; Ibarz et al,1992a y 1992b).

2.2. Materia prima

A. Generalidades de la Sabila (Aloe vera)

La sábila ha sido conservada y atesorada desde tiempos de Aristóteles, una planta con propiedades curativas asombrosas (Renault, 2004; Sperone, 2005).

Las principales características de la sábila o género Aloe, que Reynolds fuera el primero en describir, aceptaba la existencia de 314 especies, actualmente se sabe de 360. La mayor parte del género son dañinas, sin embargo hay 4 especies que cuentan con propiedades medicinales; *A. barbadensis* Miller, *A. peruvianum* Baker, *A. ferox* and

A. arborescens. Aunque se ha generado un interés más particular en la especie *barbadensis* Miller, al ser la más conocida de mejor efecto medicinal y más potente, que recibe otros nombres como, *A. vulgaris*, *A. indica*, *A. lanzae* y *A. vera*.

Nativa de Sudáfrica el Aloe vera es una especie arbustiva, perenne de condición xerófila presenta una morfología con hojas delgadas suculentas en disposición espiral. Las plantas maduras 4-12 años presentan hojas de color verde grisáceo de 60 a 90 cm. de largo y de 5-10 cm. de ancho, observándose una curvatura cóncava en su base (CONAZA 2, 1994). El mesófilo presenta una cutícula muy delgada, que se diferencia en células del clorenquima y células parenquimatosas de la pared, que se presentan como un gel claro, llamado mucílago. Los conductos vasculares portan un exudado de látex amarillo (savia) con propiedades laxantes debido al contenido de antraquinonas presentes entre las dos capas celulares (Judd et al., 2002).

Descripción de la planta

El Aloe vera pertenece al reino Plantae

División: Magnoliophyta;

Clase: Liliopsida orden: Liliales familia: Liliaceae género: Aloe

Especie: Aloe Barbadensis (Miller);

Nombre común: Aloe vera.

Dentro de esta familia también se encuentran el ajo, la cebolla y los espárragos, todos son conocidos por presentar ciertas propiedades medicinales.

La planta Aloe vera o Aloe Barbadensis Miller es la variedad más utilizada en todo el mundo para la medicina curativa, de hojas elongadas, carnosas y ricas en agua, alcanza una altura de 50 a 70 cm; con tallos de 30 a 40 cm de longitud, poseen el borde espinoso dentado; las flores son tubulares, colgantes, amarillas. Esta planta es xerófila, o sea, se adapta

A vivir en áreas de poca disponibilidad de agua y se caracteriza por poseer tejidos para el almacenamiento de agua. Lo más utilizado son las hojas, cada una está compuesta por tres capas: una interna que es un gel transparente que contiene 99% de agua y el resto está hecho de glucomananos, aminoácidos, lípidos, esteroides y vitaminas; la capa intermedia o látex que es la savia amarillo amarga contiene antraquinonas y glucósidos y la capa externa gruesa llamada corteza, que tiene la función de protección y síntesis de carbohidratos y proteínas. Dentro de la corteza los haces vasculares son responsables del transporte de sustancias como el agua (xilema) y almidón (floema).

Principios Activos y sus Propiedades

Se reconocen aproximadamente 75 principios activos potenciales, alguno de los cuales se pueden observar en la Tabla I.

TABLA 1: Composición Química de la Sábila

SACÁRIDOS	VITAMINAS	AMINOÁCIDOS NO ESENCIALES	INORGÁNICOS	ENZIMAS	AMINOÁCIDOS ESENCIALES
Celulosa	B1 Tiamina	Histidina	Calcio	Ciclooxigenasa	Lisina
Glucosa	B2 Riboflavina	Arginina	Sodio	Oxidasa	Treonina
Manosa	B6 Piridoxina	Hidroxiprolina	Cloro	Amilasa	Valina
L ramosa	Ácido Fólico	Acido Aspártico	Magnesio	Catalasa	Leucina
Aldopentos	Vit C	Ácido Glutámico	Zinc	Lipasa	Isoleucina
	Vit A	Prolina	Cromo	Fosfatasa Alcalina	Fenilalanina
	Vit E	Glicina	Cobre	Carboxipepti-dasa	Metionina
	Colina	Alanina	Magnesio		
		Tirosina	Iodo		

Fuente: G M Ferraro 2009; 90: 218-223.

La composición química del Aloe vera presenta constituyentes fenólicos; son generalmente clasificados en dos principales grupos: cromonas como la aloesina y antraquinonas como la barbaloína, la isobarbaloína y la aloemodina de la capa interna de las células epidermales de la hoja, siendo responsables de la actividad de laxante drástico del Aloe. La presencia de polisacáridos es lo más destacado de la composición del gel o mucílago de Aloe vera y son ellos los que ostentan las propiedades por las que se conoce.



FIGURA 3: Campos de Aloe vera.

Fuente: Las plantas medicinales. Buenos Aires. Editorial Vergara. 2006.

B. Membrillo

El membrillo o membrillero (*Cydonia vulgaris*), único miembro del género *Cydonia*, pertenece a la familia de las rosáceas. Es un árbol frutal de tamaño pequeño a mediano. Su fruto, también llamado membrillo, es de color amarillo dorado brillante cuando está maduro, periforme, de 7 a 12 cm de largo y de 6 a 9 cm de ancho; su pulpa es dura y muy aromática. Los frutos inmaduros son verdes, con una densa pilosidad de color gris claro, que van perdiendo antes de madurar. Sus hojas están dispuestas alternativamente; son simples, de 6 a 11 cm de largo, con una superficie densamente poblada de finos pelos blancos. Las flores, muy vistosas, surgen en la primavera, son blancas con matices en rojos, y con cinco pétalos. (FAO (Food and Agriculture Organization). 2002)

Es nativo de la región del Cáucaso, en el sudoeste cálido de Asia. Los griegos conocían una variedad común de membrillero que obtuvieron en la ciudad de Cydon, en Creta; de ahí su nombre científico. En Grecia los membrilleros estaban consagrados a Afrodita, la diosa del amor.

Las variedades mejor definidas son:

- ✓ Común: frutos de tamaño medio, piel de color amarillo oro y carne aromática.
- ✓ Esferoidal: de gran tamaño, piel amarilla y pulpa fragante.
- ✓ De Fontenay: frutos grandes, con piel amarilla verdosa y pulpa perfumada.
 - ✓ Otras variedades bien definidas son: De Portugal, Vau de Mau y la variedad más comercializada en España es Gigante de Wranja, con frutos de buen calibre, redondeados, de piel lisa y áspera y pulpa compacta de color crema y sabor ácido. Son muy aromáticos de intenso color y perfume. (FAO (Food and Agriculture Organization). 2002)

Estacionalidad

La época de recolección de los primeros membrillos comienza a finales del mes de septiembre y perdura por lo general hasta el mes de febrero.

Porción comestible

61 gramos por cada 100 gramos de producto fresco.

Fuente de nutrientes y sustancias no nutritivas

Fibra (pectinas y mucílagos) y taninos.

Valoración nutricional

El membrillo es una fruta con un bajo aporte calórico. El inconveniente que presenta es que en la mayoría de las ocasiones se consume en forma de dulce de membrillo, que lleva adicionado azúcar, por lo que el valor calórico de este producto se dispara.

De su contenido nutritivo apenas destacan vitaminas y minerales, salvo el potasio y cantidades discretas de vitamina C. No obstante, al consumirse habitualmente cocinado, el aprovechamiento de esta vitamina es irrelevante. Las propiedades saludables del membrillo se deben a su abundancia en fibra (pectina y mucílagos) y taninos, sustancias que le confieren la propiedad astringente, que suaviza la digestión y previene los trastornos gastrointestinales. Por lo tanto, su consumo ayuda a cortar la diarrea, a evitar la deshidratación provocada por vómitos (ya que los mucílagos retienen agua), y a fortalecer los estómagos delicados. Las pectinas y mucílagos también reducen la absorción intestinal del colesterol y potencian la acción depurativa del hígado. También contiene ácido málico, ácido orgánico que forma parte del pigmento vegetal que proporciona sabor a la fruta, con propiedad desinfectante y favorecedora de la eliminación de ácido úrico. (FAO (Food and Agriculture Organization). 2002)



FIGURA 4: Membrillo

Fuente: <http://www.botanical-online.com/membrillo.html>. 2016

TABLA 2: Composición nutricional del Membrillo

	por 100 gr de porción	por unidad (200 gr)	recomendación por día (hombre)	recomendación por día (mujer)
Energía (Kcal)	42	51	3.000	2.300
Proteínas (g)	0,4	0,5	54	41
Lípidos totales (g)	Tr	Tr	100-117	77-89
AG saturados (g)	—	—	23-27	18-20
AG monoinsaturados (g)	—	—	67	51
AG poliinsaturados (g)	—	—	17	13
w-3 (g)*	—	—	3,3-6,6	2,6-5,1
C18:2 Linoleico (v-6) (g)	—	—	10	8
Colesterol (mg/1000 kcal)	0	0	<300	<230
Hidratos de carbono (g)	6,8	8,3	375-413	288-316
Fibra (g)	6,4	7,8	>35	>25
Agua (g)	86,4	105	^^2.500	2.000
Calcio (mg)	14	17,1	1.000	1.000
Hierro (mg)	0,4	0,5	10	18
Yodo (Mg)	—	—	140	110
Magnesio (mg)	6	7,3	350	330
Zinc (mg)	—	—	15	15
Sodio (mg)	3	3,7	<2.000	<2.000
Potasio (mg)	200	244	3.500	3.500
Fósforo (mg)	19	23,2	700	700
Selenio (Mg)	0,6	0,7	70	55
Tiamina (mg)	0,02	0,02	1,2	0,9
Riboflavina (mg)	0,02	0,02	1,8	1,4
Equivalentes niacina (mg)	0,2	0,2	20	15
Vitamina B ₆ (mg)	—	—	1,8	1,6
Folatos (Mg)	—	—	400	400
Vitamina B ₁₂ (Mg)	0	0	2	2
Vitamina C (mg)	13	15,9	60	60
Vitamina A: Eq. Retinol (Mg)	Tr	Tr	1.000	800
Vitamina D (Mg)	0	0	15	15
Vitamina E (mg)	—	—	12	12

Fuente: Tablas de Composición de Alimentos. Moreiras y col., 2013. (MEMBRILLO).
 Recomendaciones: Ingestas Recomendadas/día para hombres y mujeres de 20 a 39 años
 con una actividad física moderada. Recomendaciones: Objetivos nutricionales/día.
 Consenso de la Sociedad Española de Nutrición Comunitaria, 2011.

C. MANGO (*Mangífera indica* L).

El mango (*Mangífera indica* L) es una planta tropical siempre – verde, nativa del sureste de Asia. Ha sido cultivada desde hace aproximadamente 4.000 años y durante ese tiempo se ha esparcido del sureste de Asia a los países tropicales y subtropicales. La expansión del mango desde sus lugares de distribución, se inició después de la época de las exploraciones y descubrimientos ocurridos a principio del siglo XVI. Los portugueses trajeron hasta sus provincias de Mozambique, Angola y Guinea en África, por lo que es probable que fuera llevado a Brasil durante el período en que se trasladaron esclavos africanos para impulsar la industria azucarera en San Vicente y Recife (1549-1850). Por otra parte, es posible que los españoles trajeran el mango vía puerto de Veracruz (México) a través del cual se realizaba el comercio con las Filipinas (Avilan 1990) (Popenoe 1920)

Los frutos se caracterizan por presentar un contenido elevado de vitaminas y minerales, razón por la cual, su consumo es esencial para que el organismo humano funcione en forma adecuada.

El valor nutritivo del mango es variable en función de las condiciones climáticas, las prácticas culturales y el material vegetal (variedad / patrón) utilizado. En el siguiente cuadro, se presenta la composición del mango, según las determinaciones realizadas en diferentes países con distintos materiales o variedades.

En todos los resultados es común el alto porcentaje de contenido de vitamina A que caracteriza a este frutal. (Avilan 1990).

Entre los principales países productores del mundo, se encuentra la India con 64% del total mundial (FAO 1986); le siguen en orden de importancia decreciente México con 4,8%, Pakistán con 4,7%, Indonesia con 3,3% y Brasil con 3%.

Aspecto Botánico

Raíz.

La raíz principal penetra de seis a ocho metros, mientras que las superficiales se extienden en un radio de hasta 10 metros del tronco. Esta distribución le permite resistir condiciones de baja humedad. (FAO (Food and Agriculture Organization). 2002)

Tallo

La forma de ramificación del árbol depende, si es reproducido por semilla ó por injerto, y del tipo de poda que se le aplique.

En árboles reproducidos por semillas la ramificación es abundante, y la altura puede llegar a más de 40 metros.

En árboles injertados y podados, en cambio, la ramificación es menor llevando al final las ramillas floríferas y su forma es simétrica, con la copa más o menos esférica. (FAO (Food and Agriculture Organization). 2002)

Hojas

Las hojas aparecen al final de las ramillas. Su distanciamiento es muy irregular y lo determinan los períodos de crecimiento; al iniciarse éstos, las hojas aparecen muy juntas, al final más espaciado. Los pecíolos hinchados en la base, tienen un canal en el lado superior y miden de 5 a 25 mm de largo.

La lámina es por lo general oblonga o lanceolada, con la base y el ápice agudo rara vez elípticos. Su tamaño varía de 5 a 35 cm de largo y de 2 a 10 cm de ancho; los bordes son por lo común ondulados. El nervio central y los 15 a 30 nervios laterales son muy prominentes, y el haz es duro y brillante, de color verde oscuro, mientras que el envés es amarillo verdoso. (FAO (Food and Agriculture Organization). 2002)

Flor

La inflorescencia es una panícula que brota normalmente al final de una ramilla; en ciertos casos pueden aparecer inflorescencias laterales. En un árbol de mango hay un gran número de ramas floríferas y cada una de estas lleva miles de flores. La antesis ocurre en la noche o en las primeras horas de la mañana. Las anteras se abren poco después del perianto y se tornan azuladas por el polen; para su apertura se requiere tiempo brillante y caluroso. El estigma puede ser receptivo aún antes de abrirse la flor y continúa haciéndolo por dos días. La polinización se hace en forma exclusiva por insectos, que son atraídos por el néctar que exuda el disco y trasladan los granos de polen a otras flores.

La autoincompatibilidad es predominante pero se conocen variedades autocompatibles. (FAO (Food and Agriculture Organization). 2002)

Fruto

La forma, tamaño y color del fruto varían mucho según el cultivar. El matiz básico es amarillo en la fruta madura, uniforme o con áreas rojas o verdes.



FIGURA 5: Mango

Fuente: <http://www.botanical-online.com/mango.html>. 2016

TABLA 3: Valor Nutritivo del mango por 100 gr.

ELEMENTOS	1	2	3	4	5	6
Humedad %	81.7	84.1	81.7	-	-	-
Prótidos ‰	0.6	0.39	0.70	-	-	-
Lípidos g	0.1	0.02	0.40	-	-	-
Glúcidos g	15.8	15.0	16.8	-	-	-
Calorías	60	56	66	-	-	-
Calcio mg	12	8.1	10	-	-	-
Fósforo mg	13	10.4	13	-	-	-
Hierro mg	0.3	0.16	0.40	-	1.5	0.77
Vitamina A UI	1.900	3.813	4.800	1000-6000	-	-
Vitamina B1 mg	0.04	0.04	0.05	35-60	-	-
Vitamina B2 mg	0.06	0.06	0.05	45-55	0.08	0.06
Vitamina B3 mg	0.4	0.30	1.10	-	0.6	0.8
Vitamina C mg	38	-	-	13-178	65	76

Fuente: 1. Revista Sociedad de Química,. 2. Wenkan and Miller 3. Watt, B. and Merrill, 4. Hulme, A. Biochemistry of fruit and their products London, Academy Press. 2001 5. Comisión Nacional de Fruticultura (México) 2006.

D. JALEA

Es el producto preparado con fruta entera, pulpa, puré, zumo (jugo), extracto acuoso o cáscara de frutos cítricos, mezclados con azúcares y/o edulcorantes carbohidratos como la miel, con o sin la adición de agua, elaborados hasta adquirir una consistencia gelatinosa adecuada, y del que se han extraído todos los sólidos insolubles. Puede o no contener una pequeña proporción de cáscara de frutos cítricos finamente cortada (FAO, 2004).

Sólidos solubles:

La jalea sólida no debe de tener menos al 65% de ácidos solubles en su composición, ya que estos elementos capturan o amarran lo suficiente para bajar la actividad de agua.

(UNL, 2007). Los sólidos solubles de una jalea están constituidos por azúcares añadidos y azúcares propias de la fruta. Los grados Brix (símbolo °Bx) miden el cociente total de sacarosa disuelta en un líquido. Una solución de 25 °Bx tiene 25 g de azúcar (sacarosa) por 100 g de líquido o, dicho de otro modo, hay 25 g de sacarosa y 75 g de agua en los 100 g de la solución (Wikipedia, 2008).

Sólidos Insolubles:

Los sólidos insolubles son muy importantes en la elaboración de jaleas, son necesarios para que la jalea solidifique, si sólo se le incluye pectina se produce una sinéresis y la jalea es muy pegajosa, mientras que con la adición de sólidos insolubles podemos tener una consistencia ideal.

El rol del ácido en la producción de jaleas

La firmeza del gel depende del pH de la jalea. La firmeza óptima se obtiene dentro de rangos de pH definidos para la pectina particular utilizada. Las pectinas son identificadas cada vez con más frecuencia por su grado de metilación (GM), aunque los términos

gelificación lenta y gelificación rápida todavía son ampliamente utilizados en la industria.

Gelificación lenta se refiere a una pectina cuyo GM se encuentra dentro de un rango de 60 a 65, mientras que gelificación rápida se refiere a pectinas dentro de un rango de GM de 68 a 75. Las pectinas de gelificación lenta se usan comúnmente para la producción comercial de jaleas y alcanzan la máxima firmeza a un pH de 3,0 a 3,15. Los límites superiores para una gelificación exitosa son pH 3,4 y pH 3,6 para pectinas de gelificación lenta y gelificación rápida respectivamente (UNL, 2007).

Pectina

Según Food info (2007), la pectina es el principal componente enlazante de la pared celular de los vegetales y frutas. Químicamente, es un polisacárido compuesto de una cadena linear de moléculas de ácido D-galacturónico, las que unidas constituyen el ácido poligalacturónico. La cadena principal que conforma la pectina puede contener regiones con muchas ramificaciones o cadenas laterales, denominadas “regiones densas”, y regiones con pocas cadenas laterales llamadas “regiones lisas”.

La estructura de la pectina

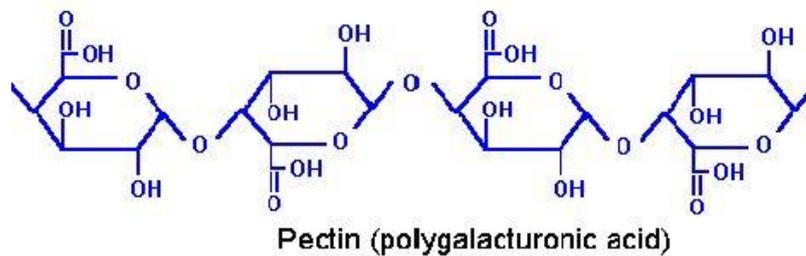


FIGURA 6: Pectina (ácido poligalacturónico).
Fuente: (Food info, 2007).

La pectina tiene la propiedad de formar geles en medio ácido y en presencia de azúcares.

Por este motivo, es utilizada en la industria alimentaria en combinación con los azúcares como un agente espesante, por ejemplo en la fabricación de mermeladas y confituras. La mayor parte de las frutas contienen pectina, pero no en la cantidad suficiente para formar un gel cuando la mermelada es fabricada, por lo que una cierta cantidad de pectina se añade para mejorar la calidad de la misma, brindándole la consistencia deseada. Cuando la pectina es calentada junto con el azúcar se forma una red, que se endurecerá durante el enfriado. El grupo de frutas que contienen la suficiente cantidad de pectina para formar un gel es reducido; un ejemplo de ellas es el membrillo. Comercialmente, la pectina es fabricada a partir de la pulpa de la manzana y la naranja (Food info, 2007).

El grado de esterificación de las pectinas de alto metoxilo influye mucho sobre sus propiedades. En particular, a mayor grado de

esterificación, mayor es la temperatura de gelificación. Por ejemplo, una pectina con un grado de esterificación del 75% es capaz de gelificar ya a temperaturas de 95°, y lo hace en muy pocos minutos a temperaturas por debajo de 85°C. Por esto se llaman "pectinas rápidas". Son, por ejemplo, las que se utilizan en la fabricación de gominolas, que con una concentración muy elevada de azúcar, hasta el 80% de sólidos, forman geles que pueden desmoldearse al poco tiempo (Calvo, 2005).

Ebullición

La ebullición es uno de los pasos más importantes en la elaboración de jaleas. Su propósito principal es aumentar la concentración de azúcar hasta un punto en donde se de la gelificación. El proceso de ebullición no debe prolongarse debido a la pérdida de sabor y color del producto resultante. Durante la ebullición el jugo deberá ser desnatado de ser necesario para remover cualquier material coagulado y deberá ser agitado para asegurar una buena mezcla y calentamiento uniforme. La ebullición se continúa hasta que el producto forme una jalea con la consistencia adecuada al enfriarse. El producto terminado debe tener la consistencia descrita en la definición de la jalea (RHA, CH. 1978).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de Ejecución:

La investigación se realizó en los ambientes de la Universidad Nacional de la Santa, el Laboratorio de Análisis y Composición de los Productos Agroindustriales y el laboratorio de Operaciones Unitarias.

3.2. Materiales:

3.2.1. Materia Prima

La muestra estuvo constituida por sábila (Aloe vera), membrillo (Cydonia oblonga) y mango (Mangifera indica L) de una madurez apropiada y con un buen índice de calidad, con una forma característica de la variedad, bien formada, lisa, firme y libres de daños ocasionados durante el cultivo o la cosecha, además libre de pudriciones, enfermedades e insectos. Muestras adquiridas del mercado local, provenientes de los valles de Casma y la sierra de Ancash.

3.2.2. Materiales metálicos y plásticos

- Probetas (100 y 500ml)
- Placas Petri
- Vasos precipitados (500 y 1000ml)
- Matraces Erlenmeyer (500 ml)

3.2.3. Materiales de Vidrio

- Colorímetro Chroma Meter CR-400/Konica Minolta
- Termómetro de 0-100°C

3.2.4. EQUIPOS E INSTRUMENTOS:

- pH-metro mod. P4-506.



FIGURA 07: pH-metro THERMO CIENTIFIC

- Balanza analítica. MARCA PRECISA.



FIGURA 8: Balanza Analítica

- Refractómetro Digital Marca Rudolph



FIGURA 9. Refractómetro

3.3. MÉTODOS:

3.3.1. PROCESO DE ELABORACIÓN DE JALEA:

El proceso de elaboración de la Jalea fue la siguiente:

LAVADO: se lavó el membrillo y la sábila para quitar rastros de polvo o partículas indeseables.

PULPEADO: El membrillo se picó y se pulpeó, en el caso de la sábila se tuvo que remojar para eliminar parte del mucilago. **Cocción cáscaras:** La cáscara de la maracuyá cocida con 50 % de su peso en agua, hasta ablandarse y pasarlas por el molino colador.

PESADO: Se pesaron todos los ingredientes de la formulación.

MEZCLADO: Se procedió a mezclar la pectina con el 10 % del azúcar.

DILUCIÓN: Se hizo hervir suficiente agua para tres porciones y medir según la formulación. En la porción correspondiente se agregaron lentamente la pectina mientras se agitaba, en otra porción se diluyó el ácido cítrico y en otra el benzoato de sodio en la cantidad de agua indicada en la formulación.

MEZCLADO: Se mezcló el jugo con la pulpa

CONCENTRACIÓN: Se Dejó concentrar la mezcla hasta 20° Brix y mover continuamente.

Se Agregó lentamente azúcar, la solución de ácido cítrico y se mantuvo el hervor por 10 minutos para propiciar el desdoblamiento de sacarosa a fructuosa y evitar que exista cristalización de azúcares en el producto final.

CONCENTRACIÓN: Se concentró la mezcla hasta 70° Brix.

ENFRIADO: Se dejó enfriar en un lugar limpio, fresco y sin corriente de aire.

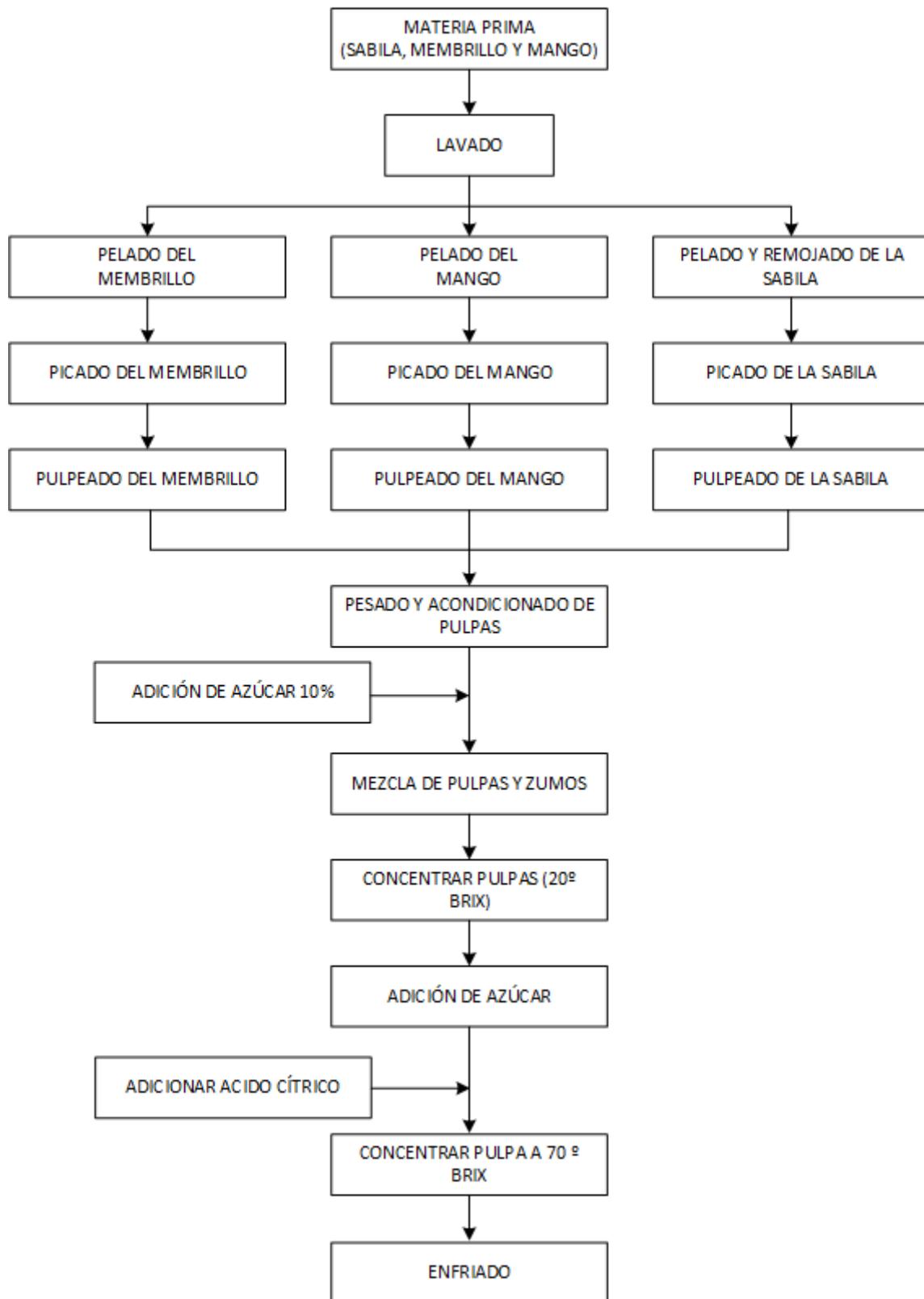


FIGURA 10: Procedimiento elaboración de jalea de sábila y membrillo

3.3.2. ANÁLISIS EN VISCOSÍMETRO DE CILINDROS COAXIALES BROOKFIELD DV II

Se fijó la temperatura del baño a la que se deseen realizar las medidas reológicas. La muestra es colocada en el sistema de medición, haciendo circular el agua del baño por el sistema de temperación.

Inserte el huso en el fluido de prueba hasta, que lo tape por completo.

Escoja la velocidad deseada del huso con la perilla de control de velocidad, debe.

Se calcule la constante del multiplicador del huso (SMC) y la constante de la velocidad de corte (SRC) a partir de las siguientes ecuaciones y utilizando los datos de la constante de torque (TK) del viscosímetro para cada modelo particular:

$$SMC = \frac{\textit{Viscosidad de toda la escala} \times rpm}{TK \times 10000}$$

$$SRC = \frac{\textit{Viscosidad de corte}}{rpm}$$

Las velocidades del rotor pueden seleccionarse de 0,01 a 512 min⁻¹, lo que permite obtener pares de valores del esfuerzo cortante y gradiente de velocidad.

Las mediciones se realizan por duplicado, tomándose además las lecturas a velocidades crecientes del rotor, y una vez alcanzado el máximo, disminuyendo gradualmente la velocidad hasta el valor inicial.

3.3.3. EFECTO DE LA TEMPERATURA:

Para determinar el efecto de la temperatura en el parámetro reológico de la muestra, obtenga los datos de esfuerzo cortante y velocidad de corte a dos temperaturas más, como 40°C y 55°C, utilizando el viscosímetro cilindros coaxiales. Se sigue el mismo procedimiento anterior para completar el experimento.

3.3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL:

Se consolidará la información en un paquete informático statgraphics y Statistica v. 8.0 para su respectivo análisis estadístico e interpretación de resultados. Se aplicara un diseño de mezclas, en que las variables o factores a estudiar serán

- Sabila (Aloe vera): 30-40%
- Membrillo (Cydonia oblonga): 30-40%
- Mango (Mangífera índica L): 20 – 30%

TABLA 4: matriz experimental según el diseño de mezcla

		A:Sabila	B:Membrillo	C:Mango
4	1	40	40	20
3	2	30	40	30
8	3	33	38	28
2	4	40	30	30
11	5	36	36	28
13	6	37	37	27
1	7	35	40	25
6	8	40	35	25
9	9	37	37	27
12	10	37	37	27
7	11	38	38	23
10	12	38	33	28
5	13	35	35	30
14	14	37	37	27

Se realizara un análisis de varianza para ver la significacia de las variables, y se justaran los resultados a modelos de segundo orden.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. CARACTERIZACIÓN DE MATERIA PRIMA

4.1.1. Membrillo

En la tabla 5, se presenta los resultados de la caracterización fisicoquímica del fruto fresco de membrillo. Valores similares obtuvieron Hernández E., et al. (1995) y Ibarz A. et al. (1993).

TABLA 5: Características fisicoquímica del fruto de membrillo

Característica Fisicoquímica	Valor
Solidos Solubles	13.5±0.23
Actividad de Agua	0.982±0.023
pH	3.45±0.101
Acidez (g de ácido málico/100ml)	0.40±0.031
Humedad inicial (%)	88 ± 1.2

Como se observa, la materia prima ingresó al proceso de elaboración de jalea con 13.5±0.23 grados Brix, según Kuzucu F., et al (2008), los grados Brix del fruto fresco de membrillo puede oscilar entre 12.25 y 14.5 dependiendo del tiempo de cosecha. Además, la acidez titulable de la materia prima, fue de 0.40±0.031 (ácido málico), según menciona Kuzucu F., et al (2008) puede estar entre 0.379 y 0.405 (g de ácido málico/100ml) dependiendo del tiempo de dependiendo del tiempo de cosecha. Ibarz A., et al (2005), determinaron un pH de 3.59 para la pulpa de membrillo, el cual se diferencia con el pH mostrado en nuestros resultados del membrillo utilizada en la presente investigación. Esta

diferencia se debe a las distintas variedades; y condiciones geográficas y ecológicas distintas de cultivo.

4.1.2. Mango

La tabla 6 presenta los valores promedios y desviaciones estándar de la caracterización fisicoquímica del mango fresco. Los resultados en la mayoría de los parámetros están en el rango mostrado en la literatura (Mujica–Paz et al. 2003; Salvatori, 1997). Sin embargo, los valores de °Brix reportados en este estudio son inferiores debido posiblemente al criterio de selección en cuanto al estado de madurez.

TABLA 6: Características fisicoquímicas del fruto de mango

Característica Fisicoquímica	Valor
Solidos Solubles	12.41 ± 0.46
pH	3.97 ± 1.00
Acidez (g de ácido cítrico/100ml)	0.6 ± 0.04
Humedad inicial (%)	87 ± 1.03

Los resultados en la mayoría de los parámetros están en el rango mostrado en la literatura (Mujica–Paz H.et al. 2003; Salvatori D., 1997). Sin embargo, los valores de °Brix reportados en este estudio son inferiores debido posiblemente al criterio de selección en cuanto al estado de madurez.

4.2. CARACTERIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO REOLOGICA JALEA ELABORADA A BASE DE SÁBILA (Aloe vera), MEMBRILLO (Cydoniaoblonga) Y MANGO (Mangífera índica L)”

Según la matriz experimental se procedió a elaborar las diferentes jaleas con las diferentes formulaciones, obteniendo los diferentes valores de esfuerzo cortante, para las diferentes velocidades de deformación que fueron sometidos. En el anexo 01 se presentan todos los datos obtenidos para las diferentes formulaciones.

Los resultados experimentales del esfuerzo cortante y de la velocidad de deformación, para diferentes formulaciones según la matriz experimental, se han ajustado, por el método de los mínimos cuadrados, a la forma no linealizada del modelo de Ostwald-de Waale o ley de la potencia, el cual se presenta en la ecuación 7:

$$\sigma = K\gamma^n \quad (7)$$

Se han ensayado otros modelos diferentes al anterior propuestos por algunos autores como modelos adecuados para productos derivados de frutas (modelo de Herschel y Bulkley), pero los resultados obtenidos no han sido significativos, por lo que se han omitido en el presente trabajo.

En la Tabla 7 se presentan los parámetros Índice de Consistencia “K” (Pas.s^n) e índice de comportamiento al flujo “n”, además del Coeficiente de determinación (R^2) que nos permitió validar el mejor ajuste, y por último el error típico para tratamiento. En todos los casos tanto los ajustes como los estimados de los parámetros K, índice de consistencia, y n,

índice de comportamiento al flujo, resultaron significativos en un nivel de confianza del 95%.

TABLA 7: Valores de Índice de Consistencia e índice de comportamiento al flujo según la Matriz experimental.

Run	Sábila %	Membrillo %	Mango %	K Pas.s ⁿ	N	R ²	Error típico
1	40	40	20	29.98634	0.38888	0.99224	0.07820
2	30	40	30	25.76873	0.42393	0.99541	0.06481
3	33	38	28	28.20460	0.42077	0.99524	0.06620
4	40	30	30	22.40483	0.42947	0.99595	0.06228
5	36	36	28	26.68304	0.42267	0.99540	0.06536
6	37	37	27	28.20460	0.42077	0.99224	0.06620
7	35	40	25	28.81251	0.42007	0.99518	0.06651
8	40	35	25	24.24216	0.42624	0.99569	0.06376
9	37	37	27	28.81251	0.42007	0.99208	0.06651
10	37	37	27	30.02727	0.41875	0.99496	0.06707
11	38	38	23	31.24074	0.41755	0.99496	0.06759
12	38	33	28	24.54777	0.42575	0.99565	0.06398
13	35	35	30	22.09793	0.43006	0.99600	0.06201
14	37	37	27	29.42006	0.41940	0.99512	0.06680

El valor de Índice consistencia nos indica el equivalente a viscosidad para un fluido newtoniano. Según la tabla 7 se puede ver que los coeficientes de determinación (R²) son muy próximos al valor de 1, validando el buen ajuste de los datos experimentales obtenidos. A su vez se calculó el error tipo para cada tratamiento, obteniendo valores muy pequeños los cual valida el equipo ya que los ensayos se hicieron por triplicado, sometiendo a la muestra a velocidades de deformación ascendente y descendente.

Una vez obtenido los valores de K y n, se procedió a realizar un análisis de varianza para ver si hay diferencia estadística entre los resultados obtenidos para las diferentes formulaciones.

En la tabla 8 se presenta el análisis de varianza para la variable índice de consistencia (K).

TABLA 8: Análisis de varianza para la variable dependiente índice de consistencia “K”

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadros medios	F	p-value Prob > F
Modelo	106.66874	6	17.778124	26.598952	0.0002
Mezcla Lineal	67.960997	2	33.980498	50.840329	< 0.0001
AB	3.0918872	1	3.0918872	4.625964	0.0685
AC	0.9406694	1	0.9406694	1.4073938	0.2742
BC	2.3206849	1	2.3206849	3.4721205	0.1047
ABC	21.940277	1	21.940277	32.826208	0.0007
Residual	4.6786379	7	0.6683768		
Falta de ajuste	2.8330275	4	0.7082569	1.1512563	0.4728
Error	1.8456104	3	0.6152035		
Cor Total	111.34738	13			
R ²	0.9580				
Desviación estándar	0.82				
CV (%)	3.1				

Como se puede observar en el análisis de varianza los términos del modelo lineal son estadísticamente significativos, así como la interacción de los tres componentes de la mezcla a un 95% de confiabilidad (p valor de tabla = 0.05). El coeficiente de Variación (CV%) fue de 3.1, el cual es aceptable para trabajos experimentales, por lo que se puede concluir que hay precisión en los resultados.

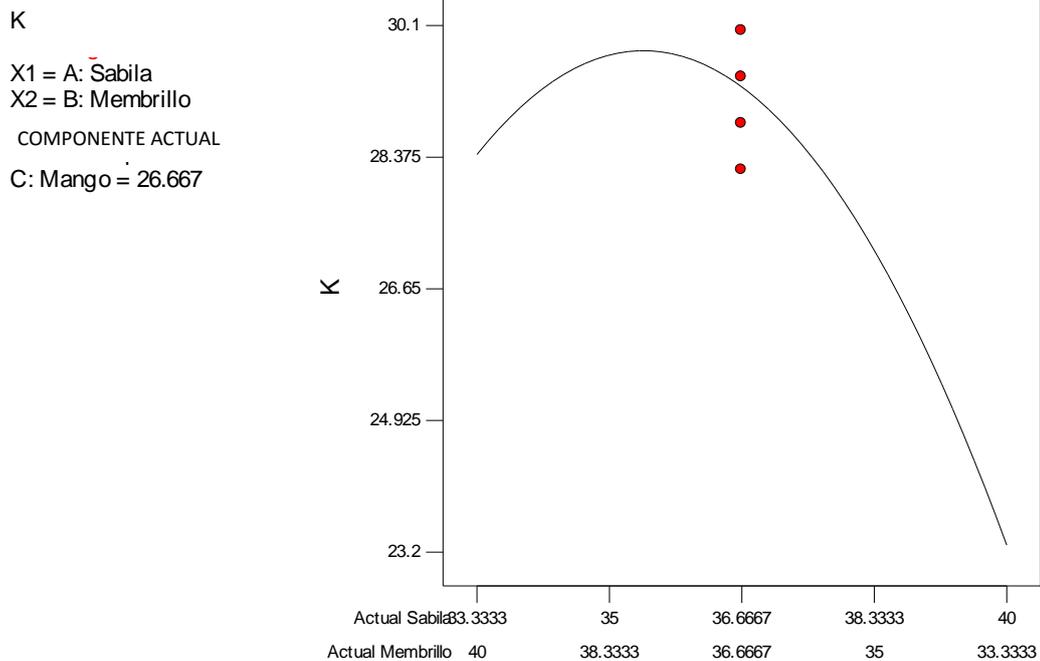


FIGURA 11: Efecto del porcentaje de Sábila y membrillo en el índice de consistencia.

En la figura 11 se puede observar que a menor porcentaje de membrillo y mayor porcentaje de sábila el índice de consistencia es menor, y conforme se aumenta el porcentaje de membrillo y se disminuye el % de sábila el índice de comportamiento aumenta, hasta un porcentaje aproximado de 35% de sábila y 38% de membrillo, a partir del cual comienza a descender el índice de comportamiento.

K

X1 = A: Sábila
X2 = C: Mango

COMPONENTE ACTUAL
B: Membrillo = 36.667

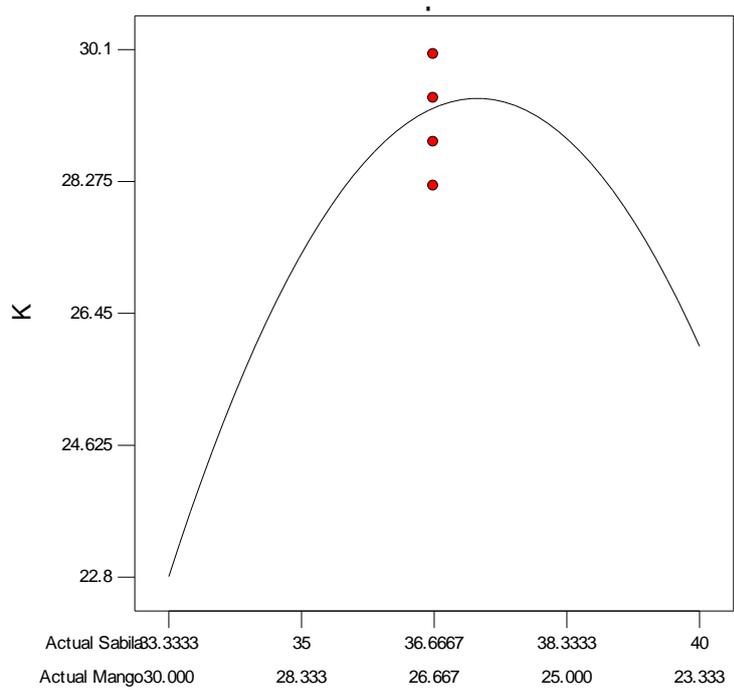


FIGURA 12: Efecto del porcentaje de Sábila y mango en el índice de consistencia.

En la figura 12 conforme se incrementa el porcentaje de sábila y se disminuye el porcentaje de mango el índice de consistencia aumenta, hasta un porcentaje de 37% de sábila y 26 % de mango, a partir del cual el índice de comportamiento comienza a disminuir.

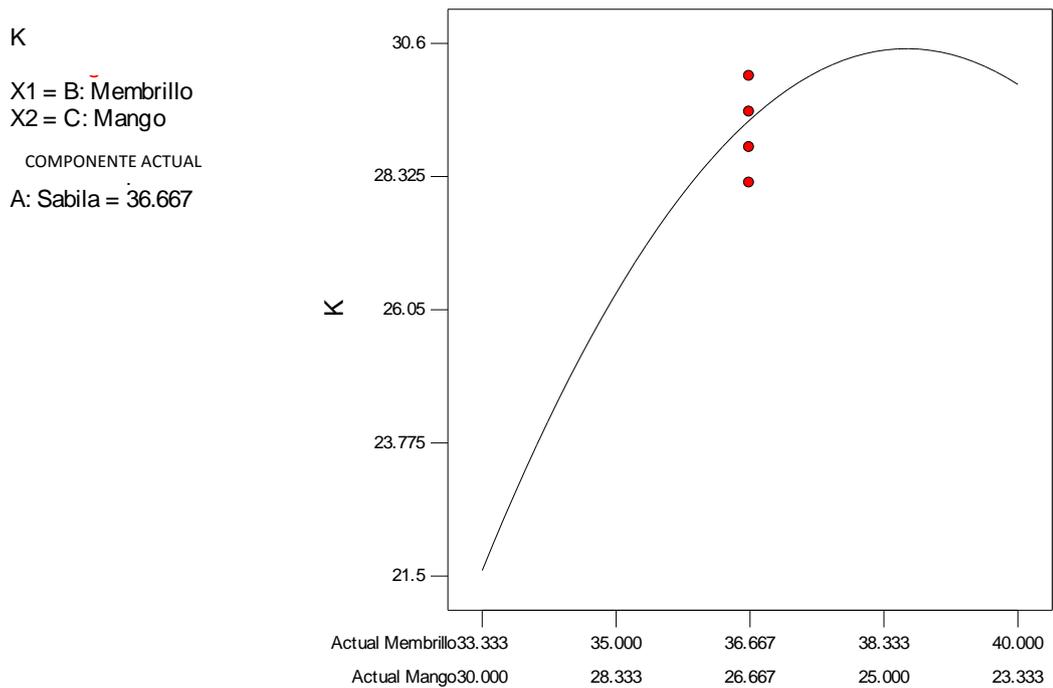


FIGURA 13: Efecto del porcentaje de membrillo y mango en el índice de consistencia.

En la Figura 13 se puede observar que conforme se incrementa el porcentaje de membrillo y se disminuye el porcentaje de mango el índice de consistencia aumenta, hasta un valor cercano a 38% de membrillo y 25% de mango, a partir del cual el índice comienza a disminuir.

Los resultados obtenidos del índice de consistencia para los diferentes tratamientos experimentales se ajustan al modelo matemático de la ecuación 8, a partir de esta ecuación se obtiene las superficies de respuesta, donde x_1 es porcentaje de sábila, x_2 es porcentaje de membrillo y x_3 es porcentaje de mango.

$$K = 84.45x_1 - 80.46x_2 - 132.95x_3 + 3.46x_1x_2 + 4.77x_1x_3 + 4.65x_2x_3 - 0.12x_1x_2x_3$$

(8)

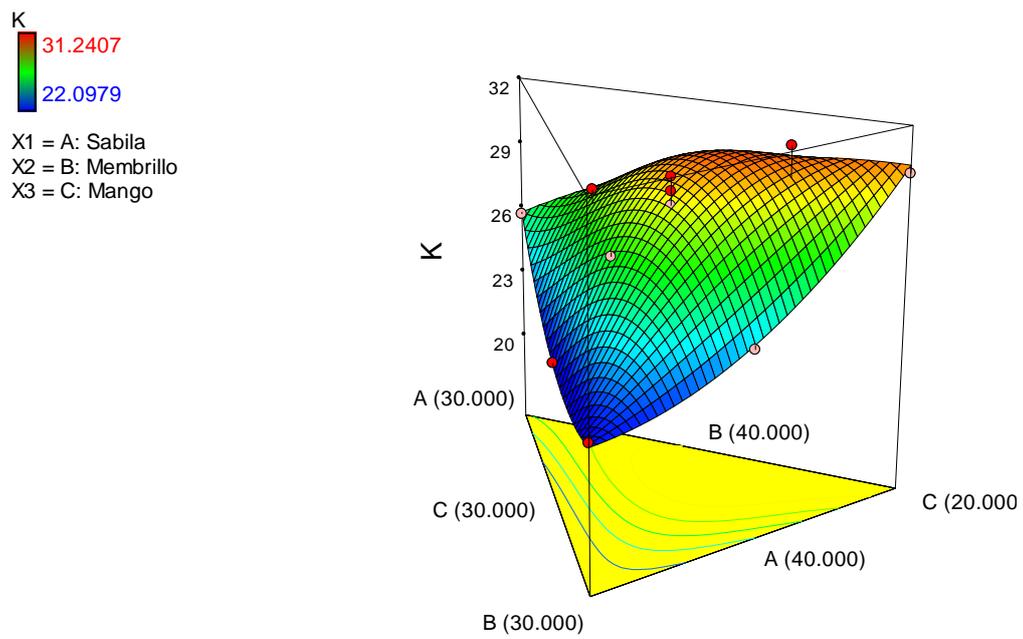
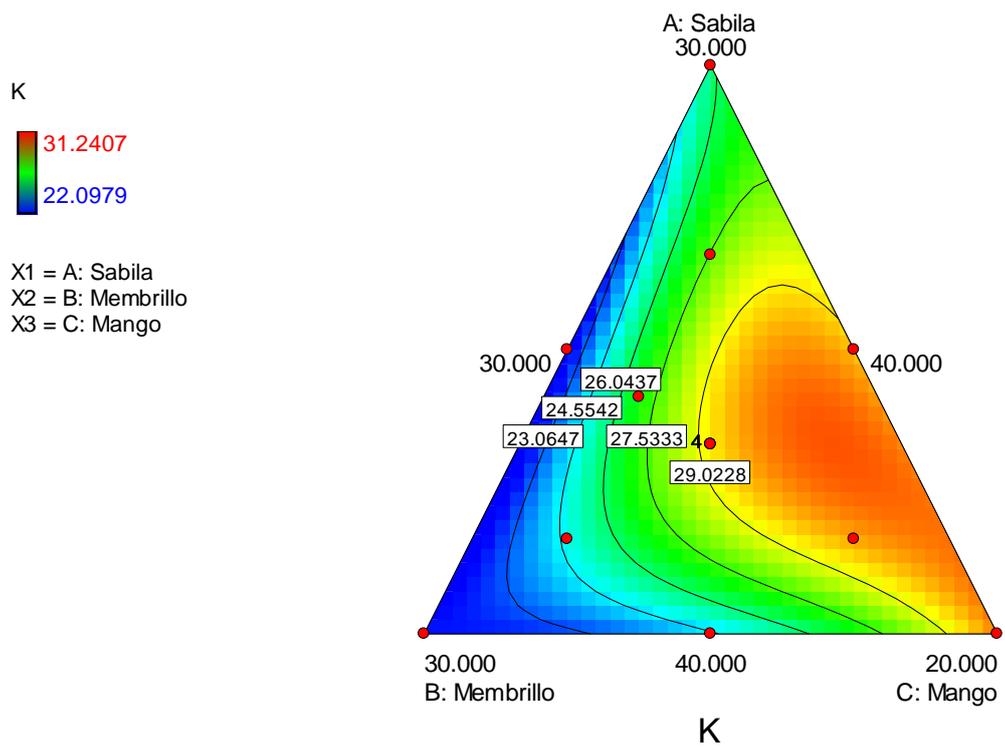


FIGURA 14: Grafico de contorno y superficie de respuesta para la variable dependiente índice de consistencia “K” (Pas.sⁿ).

Según Kokini (1992) citado por Garza, S.; Ibarz, A. (1998), reportó índice de consistencia de 222.90 Pa.sⁿ para mermelada de manzana considerando que la manzana es una fruta con gran cantidad de pectina que disuelta en el zumo contribuye a la viscosidad y consistencia del mismo; asimismo Arancibia M. et al (2007) reportó índice de consistencia de 47 – 48 Pa.sⁿ a 30°C en mermelada de mora por tanto los valores de índice de consistencia obtenidos se estimarían que son los adecuados para jalea.

Como se puede observar en la figura 14 conforme se incrementa el porcentaje de membrillo el índice de consistencia se incrementa esto es debido al elevado contenido de pectina que tiene el membrillo. A su vez se puede observar, que conforme se incrementa el contenido de sábila, favorece al incremento del índice de consistencia, esto debido a las gomas que contiene la sábila. El aporte del mango es indiferente ya que mayor contenido de pulpa de mango el índice de consistencia no se incrementa.

En el gráfico de contorno se puede determinar que la región donde se obtiene los valores más altos de índice de consistencia son: Sábila 37-40%, membrillo de 38-40% y mango de 20-25% con valores próximos de 30 Pas.sⁿ.

En la tabla 9 se presenta el análisis de varianza para la variable índice de comportamiento al flujo (n).

TABLA 9: Análisis de varianza para la variable dependiente índice de comportamiento al flujo “n”

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadros medios	F	p-value Prob > F
Modelo	0.001211641	6	0.00020194	28.21851627	0.0001
Mezcla Lineal	0.000907623	2	0.000453811	63.41422128	< 0.0001
AB	4.33827E-06	1	4.33827E-06	0.606216247	0.4617
AC	0.000135434	1	0.000135434	18.92507223	0.0034
BC	0.000212038	1	0.000212038	29.62956047	0.0010
ABC	0.00010489	1	0.00010489	14.65695828	0.0065
Residual	5.00941E-05	7	7.1563E-06		
Falta de ajuste	4.78401E-05	4	1.196E-05	15.91806285	0.0232
Error	2.25405E-06	3	7.51349E-07		
Cor Total	0.001261735	13			
R ²	0.9603				
Desviación estándar	0.002675				
CV (%)	0.64				

Como se puede observar en el análisis de varianza los términos del modelo lineal son estadísticamente significativos, así como las interacción Sábila x Mango (AC) y Membrillo x Mango (BC) así la interacción de los tres componentes de la mezcla a un 95% de confiabilidad (p valor de tabla = 0.05). El coeficiente de Variación (CV%) fue de 0.64, el cual es aceptable para trabajos experimentales, por lo que se puede concluir que hay precisión en los resultados.

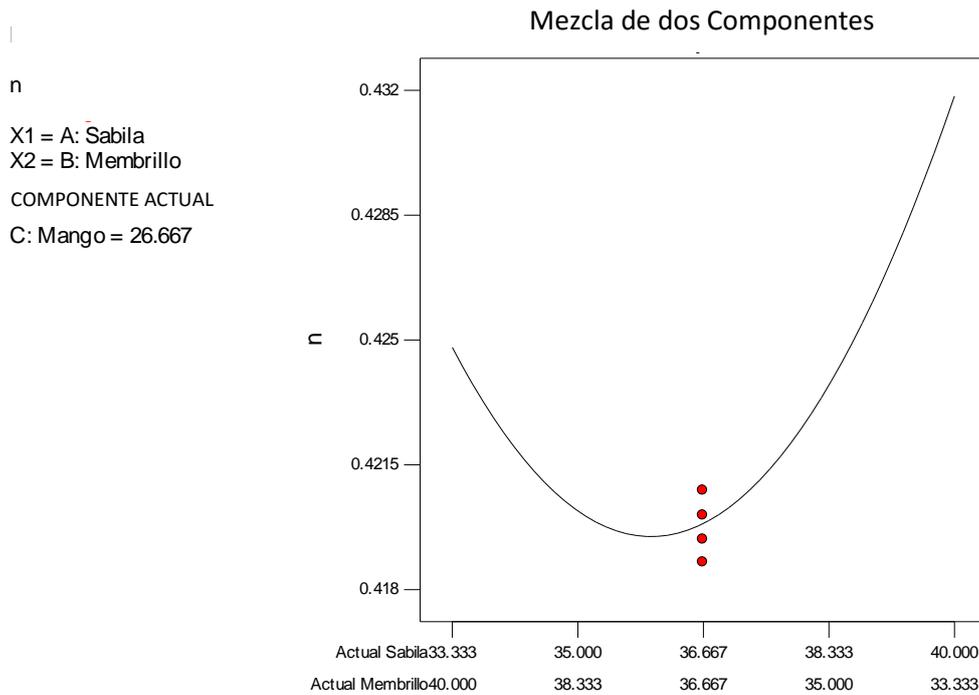


FIGURA 15: Efecto del porcentaje de sábila y membrillo en el índice de comportamiento al flujo.

Como se puede observar en la figura 15 que conforme se incrementa el porcentaje de sábila y se disminuye el porcentaje membrillo, el índice de consistencia se incrementa.

En la figura 16 se puede observar que a menor porcentaje de mango y mayor porcentaje sábila, el índice de comportamiento, y este aumenta cuando disminuye el porcentaje de sábila y se aumenta el porcentaje de mango.

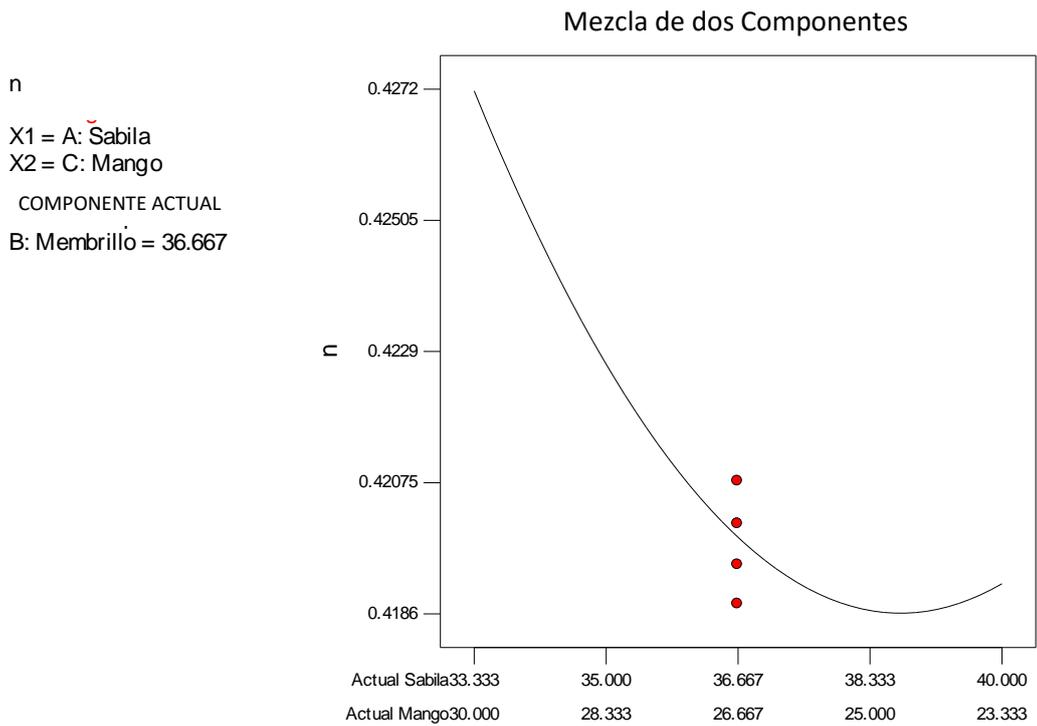


FIGURA 16: Efecto del porcentaje de sábila y mango en el índice de comportamiento al flujo.

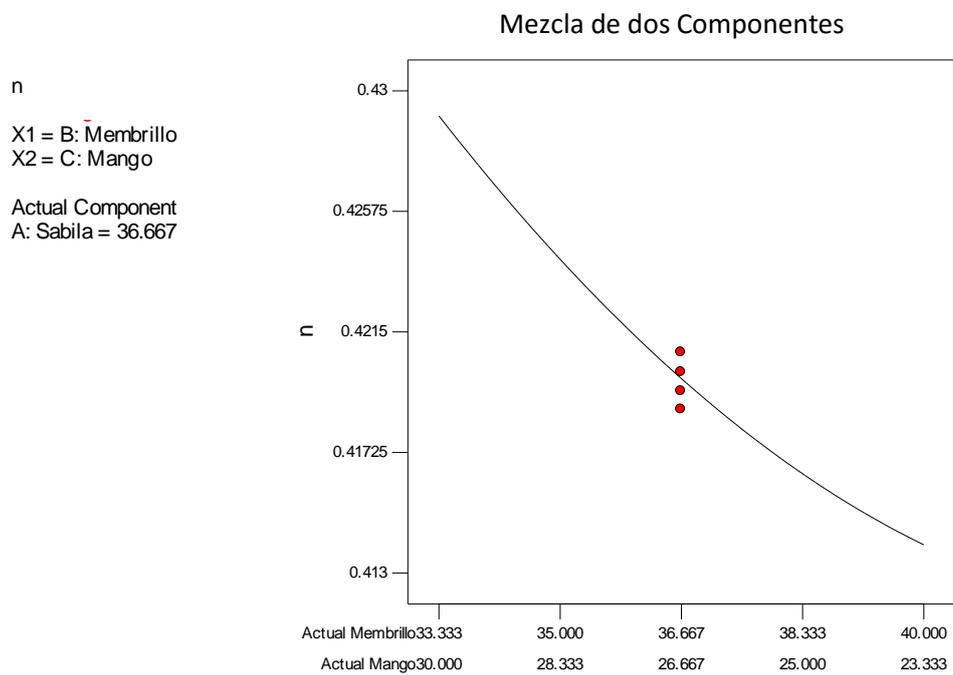


FIGURA 17: Efecto del porcentaje de membrillo y mango en el índice de comportamiento al flujo.

Para el caso del membrillo y el mango, cuando se aumenta el porcentaje de membrillo y aumenta el porcentaje de mango el índice de consistencia disminuye, y se incrementa cuando aumentamos el porcentaje de mango y disminuimos el porcentaje de membrillo. (ver figura 17)

En la figura 18 se puede observar el efecto de las tres componentes de la formulación en el índice de comportamiento al flujo, como se puede observar conforme se incrementa el porcentaje de mango sábila el índice de comportamiento al flujo aumenta, y este disminuye conforme se aumenta el porcentaje de membrillo.

Los resultados obtenidos del índice de comportamiento al flujo para los diferentes tratamientos experimentales se ajustan al modelo matemático de la ecuación 9, a partir de esta ecuación se obtiene las superficies de respuesta, donde x_1 es porcentaje de sábila, x_2 es porcentaje de membrillo y x_3 es porcentaje de mango.

$$n = +0.19x_1 + 0.18x_2 - +0.26x_3 - 7.6 \times 10^{-3}x_1x_2 - 9.8 \times 10^{-3}x_1x_3 - 9.6 \times 10^{-3}x_2x_3 + 2.58 \times 10^{-3}x_1x_2x_3 \quad (9)$$

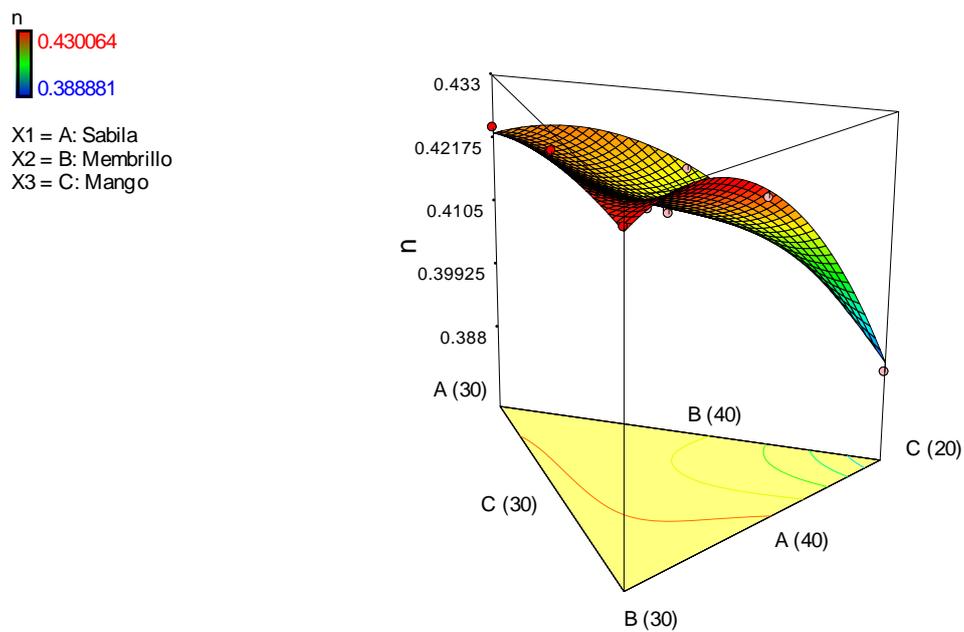
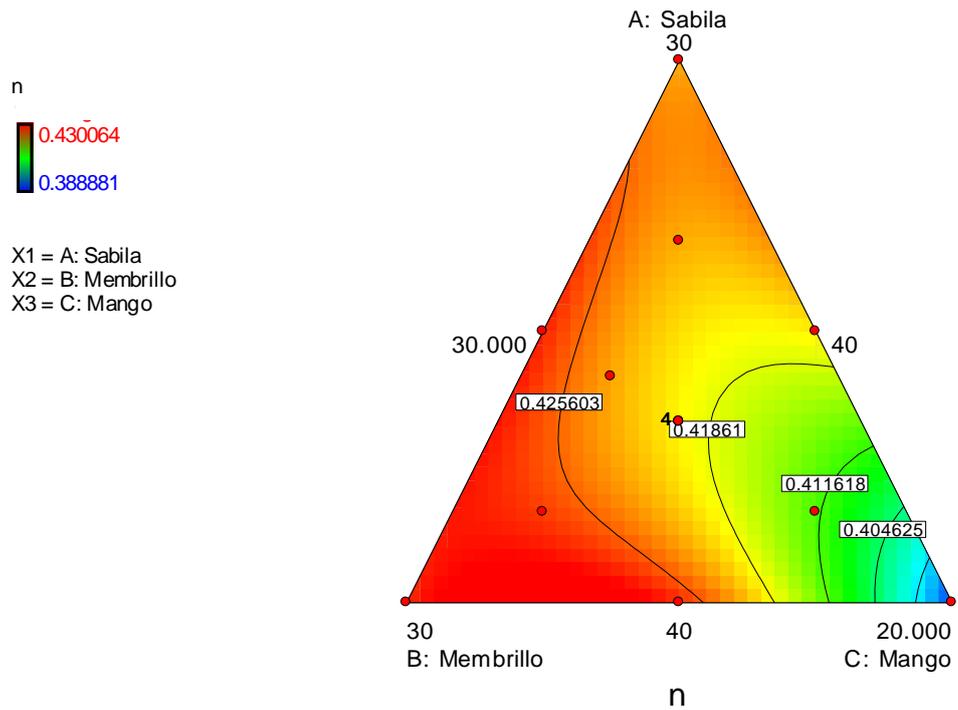


FIGURA 18: Grafico de contorno y superficie de respuesta para la variable dependiente índice de comportamiento al flujo “n”.

4.3.EVALUACIÓN DE LA ACEPTABILIDAD DE LA JALEA ELABORADA A BASE DE SÁBILA (Aloe vera), MEMBRILLO (Cydoniaoblonga) Y MANGO (Mangífera indica L)”

Se realizó un análisis sensorial para evaluar la aceptabilidad de la jalea para las diferentes formulaciones propuestas según el diseño experimental. En la tabla 10 se presenta el promedio obtenidos de 15 panelistas a quien se les dio a degustar las diferentes formulaciones de Jalea.

TABLA 10: Valores de aceptabilidad de la jalea según la Matriz experimental.

Run	Sábila %	Membrillo %	Mango %	Aceptabilidad
1	40	40	20	6.11
2	30	40	30	8.45
3	33	38	28	7.91
4	40	30	30	6.59
5	36	36	28	7.19
6	37	37	27	7.23
7	35	40	25	8.52
8	40	35	25	6.92
9	37	37	27	7.81
10	37	37	27	8.01
11	38	38	23	6.54
12	38	33	28	6.14
13	35	35	30	6.91
14	37	37	27	7.81

En la tabla 11 se presenta el análisis de varianza para la aceptabilidad de jalea. Como se puede observar en la tabla que los componentes de la mezcla lineal y la Interacción Sábila x Mango (AC) son estadísticamente significativos al 95% de confiabilidad ya que sus p-valores son menores al p-tabular (0.05)

Se puede observar que el coeficiente de determinación es de 0.81, el cual es aceptable ya que las evaluaciones sensoriales son pruebas muy subjetivas y dependen mucho de los panelistas, si son entrenados o no.

EL coeficiente de variabilidad de 5.9% es aceptable para estas evaluaciones sensoriales.

TABLA 11: Análisis de varianza para los resultados de aceptabilidad de la Jalea formulada a base de Sábila, Membrillo y Mango

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadros medios	F	p-value Prob > F
Modelo	6.83	5	1.37	7.12	0.0081
Mezcla Lineal	4.84	2	2.42	12.61	0.0034
AB	0.37	1	0.37	1.91	0.2046
AC	1.44	1	1.44	7.52	0.0254
BC	0.24	1	0.24	1.26	0.295
ABC	1.53	8	0.19		
Residual	1.19	5	0.24	2.1	0.2868
Falta de ajuste	0.34	3	0.11		
Error	8.36	13			
Cor Total	6.83	5	1.37	7.12	0.0081
R ²	0.8166				
Desviación estándar	0.44				
CV (%)	5.90				

Aceptabilidad

X1 = A: Sábila

X2 = B: Membrillo

COMPONENTE ACTUAL

C: Mango = 26.667

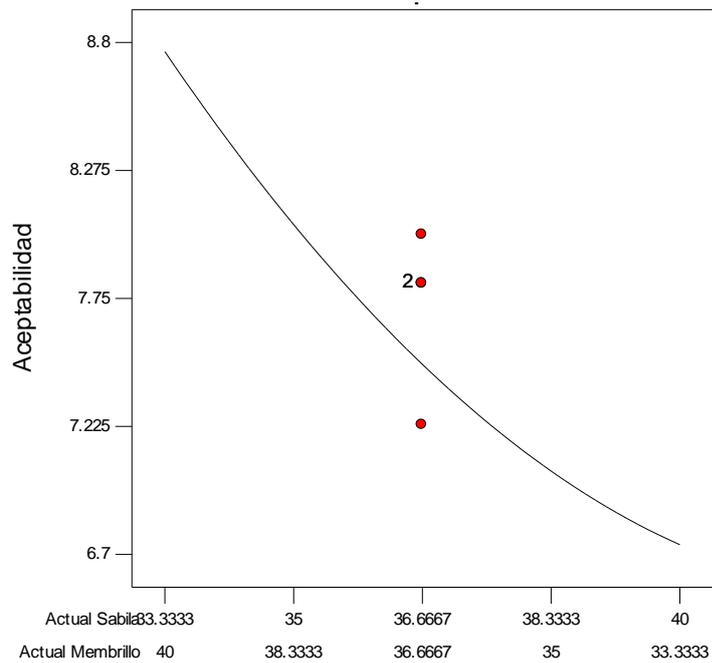


FIGURA 19: Efecto del porcentaje de sábila y membrillo en la aceptabilidad de la Jalea.

En la figura 19 se puede observar que a mayor porcentaje de membrillo y menor porcentaje de Sábila tiene mayor aceptabilidad, y si se disminuye el porcentaje de membrillo y aumentamos el porcentaje de sábila la aceptabilidad disminuye. Esto debido a que el sabor de sábila no es muy agradable, y el membrillo tiene un sabor más fuerte. Además a mayor porcentaje de membrillo la consistencia de la jalea es mejor.

Aceptabilidad
X1 = A: Sábila
X2 = C: Mango
COMPONENTE ACTUAL
B: Membrillo = 36.667

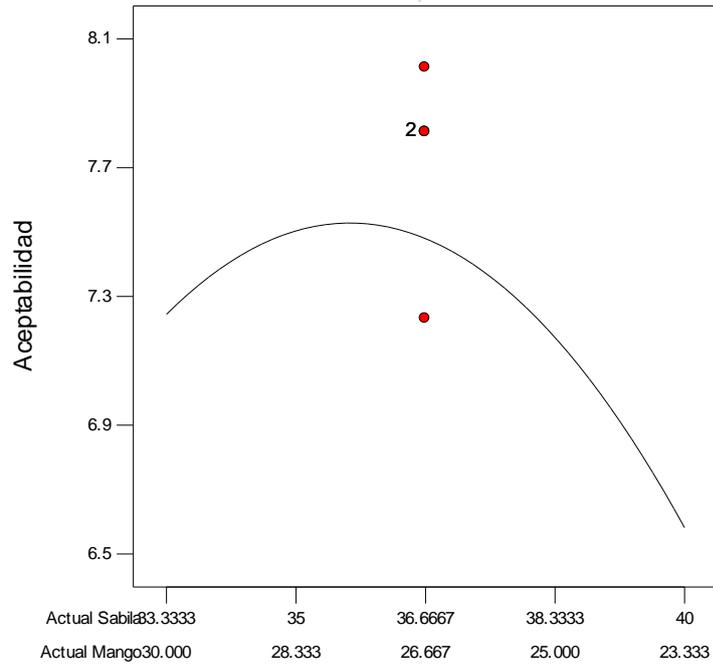


FIGURA 20: Efecto del porcentaje de sábila y mango en la aceptabilidad de la Jalea.

En la figura 20 se puede observar que a un porcentaje de mango de 36% y de sábila de 35.5% se obtiene mayor aceptabilidad, y esta disminuye conforme se aumenta el porcentaje de sábila.

Aceptabilidad
 $\bar{X}_1 = B: \text{Membrillo}$
 $\bar{X}_2 = C: \text{Mango}$
 COMPONENTE ACTUAL
 A: Sábila = 36.667

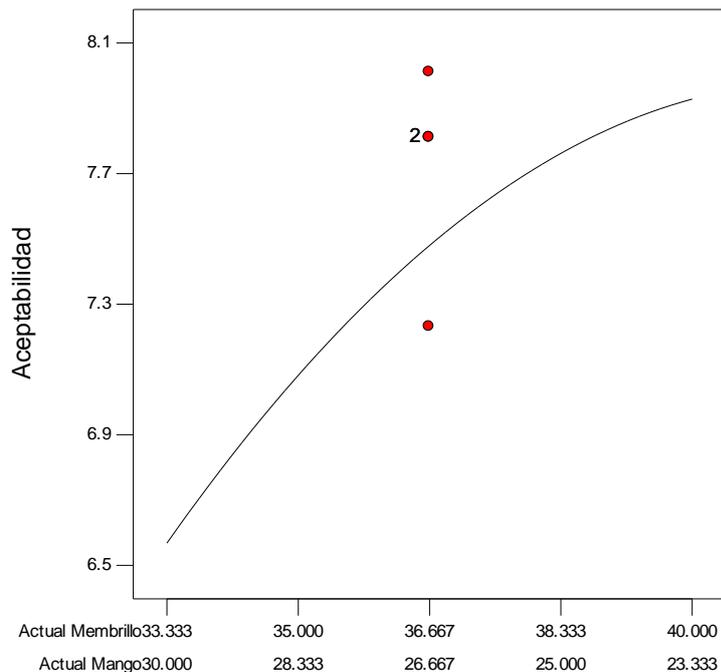


Figura 21: Efecto del porcentaje de membrillo y mango en la aceptabilidad de la Jalea.

Como se puede observar en la figura 21 la aceptabilidad se incrementa cuando se aumenta el porcentaje de membrillo, disminuyendo la aceptabilidad cuando se aumenta el porcentaje de mango. Esto debido a que el mebrillo permite darle mejor consistencia a la jalea, debido a que aporta mayor contenido de pectinas en comparación de los demás componentes.

En la figura 22 se puede observar que la región donde se obtiene mayor aceptabilidad es para un porcentaje de sábila de 31.5% hasta 31.4%, membrillo de 40% y mango de 25.5% hasta 28.5%.

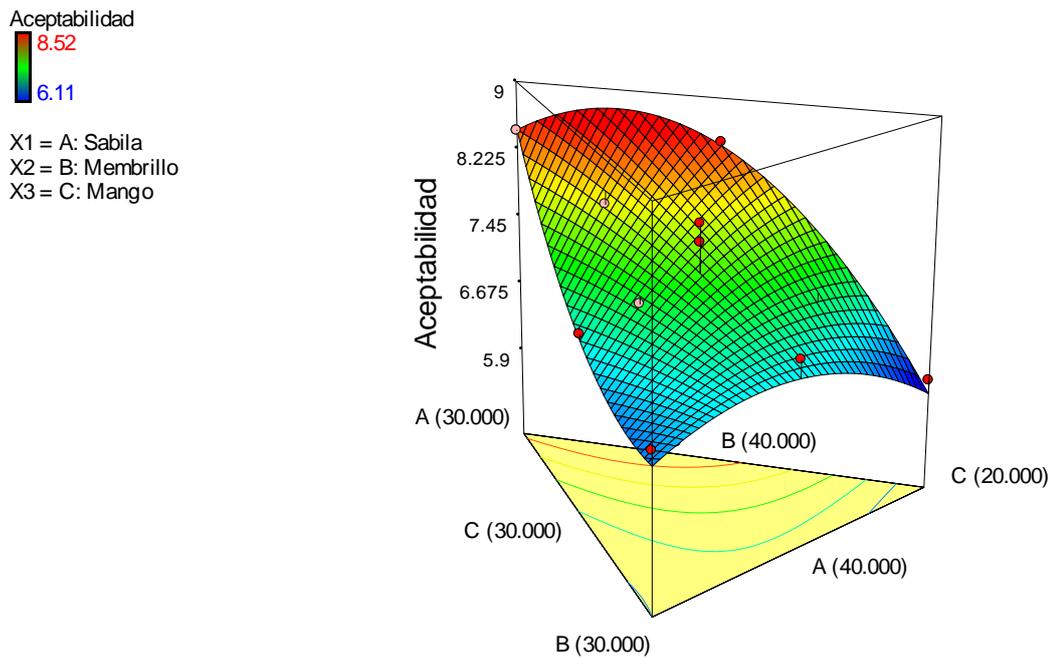
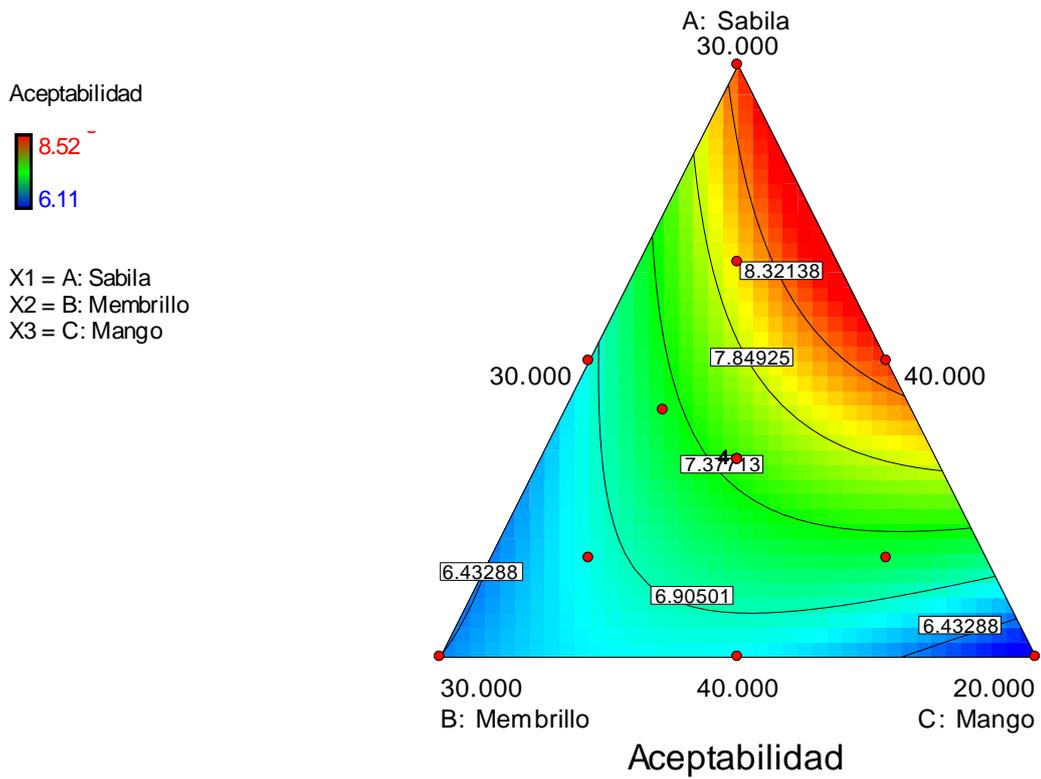


Figura 22: Grafico de contorno y superficie de respuesta para la jalea formulada a base de sábila, membrillo y mango.

4.4.OPTIMIZACIÓN DE LA FORMULACIÓN DE LA JALEA A BASE DE SÁBILA; MEMBRILLO Y MANGO

Aplicando el software Design Expert 7.0 se realizó la optimización para lo cual se aplicó los siguientes criterios de optimización:

- Porcentaje de Sábila en el Rango 30-40%
- Porcentaje de Membrillo en el rango 30-40%
- Porcentaje de Mango en el rango 20-30%
- Índice de consistencia: Maximizar
- Aceptabilidad: Maximizar

Solo se tomó la variable índice de consistencia ya que es el parámetro que se relaciona con la consistencia y viscosidad de la jalea, por cual se consideró obtener un valor más alto ya que se está dentro del rango aceptado para ese tipo de productos. Además se buscó maximizar la aceptabilidad ya que es un parámetro importante a considerar, ya que de vale tener un producto muy viscoso y consistente si el sabor, olor y color no son aceptables.

El programa aplico la metodología de función Deseada para poder optimizar según los criterios propuestos, obteniendo los siguientes resultados.

Como se puede ver hay dos posibles soluciones que maximicen los criterios de índice de consistencia y aceptabilidad.

Tabla 12: Resultados de la optimización múltiple aplicando la metodología de función deseada

Numero	Sábila %	Membrillo %	Mango %	Índice de consistencia	Aceptabilidad	Deseabilidad
1	35	40	25	129.3075364	8.52000018	0.91477007

Se realizó la validación de los valores óptimos, para lo cual se preparó la jalea según los porcentajes de la tabla 10, y se procedió a determinar su comportamiento reologico, los resultados obtenidos de velocidad de deformación y esfuerzo cortante se ajustan a un modelo reologico pseudoplastico el cual se presenta en la ecuación 10.

$$\sigma = 157.9932 \times \gamma^{0.1912} \quad (10)$$

4.5. EFECTO DE LA TEMPERATURA EL COMPORTAMIENTO REOLOGICO DE JALEA A BASE DE SÁBILA; MEMBRILLO Y MANGO

Para los fluidos que siguen la ley de la potencia se puede utilizar el índice de consistencia, en lugar de la viscosidad aparente, para determinar el efecto de la temperatura en el comportamiento reológico (RAO et al., 1984). Mediante un ajuste no lineal de los datos del índice de consistencia de la Tabla 13 a la ecuación de Arrhenius se han obtenido los valores de las energías de activación al flujo y de la constante K_0 de la la Jalea para la formulación Optima. (Tabla 14).

Tabla 13: Valores de las constantes de la ley de la potencia para la jalea a una formulación 35% de Sábila, 40% de Membrillo y 25% de Mango

Temperatura °C	Índice de consistencia K (Pa.s ⁿ)	Índice de comportamiento N	R ²	Desviación Estándar
10	171.2071	0.1110	0.9997	4.8090
20	164.3029	0.1123	0.9996	5.0608
30	153.9932	0.1257	0.9989	8.6252
40	136.4493	0.1458	0.9982	1.0440
50	128.4819	0.1667	0.9973	1.3055
60	114.0751	0.1866	0.9971	1.2941
70	100.5135	0.1877	0.9980	9.4364
80	75.0188	0.2304	0.9974	9.6129

Tabla 14: Efecto de la temperatura sobre el índice de consistencia de la de la Jalea optima. Parámetros de la ecuación de Arrhenius.

Formulación	E _a (kJ/mol)	K ₀ (Pa.s ⁿ)	R ²
35% de Sábila, 40% de Membrillo y 25% de Mango	8.943	4.217	0.898187355

La ecuación del efecto de la temperatura en el índice de consistencia quedaría expresada de la siguiente forma:

$$K = K_0 e^{\frac{E_a}{RT}}$$

$$K = 4.217 e^{\frac{1075.611}{T}}$$

En general, puede decirse que los valores de E_a obtenidos son bajos, lo que indica que, dentro del intervalo estudiado de 10°C a 80°C, la

temperatura ejerce una escasa influencia sobre el comportamiento reológico de la Jalea. Según SÁENZ, COSTELL (1996) la presencia de pulpa y de pectinas hace disminuir la influencia de la temperatura en su comportamiento reológico.

V. CONCLUSIONES

- El mango de variedad kent y membrillo frescos presentaron valores de 12.4% y 13% de sólidos solubles y 0.6 y 0.4 g de ácido cítrico y málico/100 ml. respectivamente.
- La Jalea de Sabila (Aloe vera), membrillo (Cydonia oblonga) y mango (Mangífera indica L) estudiados, en las diferentes formulaciones tiene un comportamiento pseudoplástico descrito mediante el modelo de la ley de la potencia con grado 3.
- La Jalea de Sabila (Aloe vera), membrillo (Cydonia oblonga) y mango (Mangífera indica L) estudiados en los diferentes tratamiento no presentan tixotropia, ya que el comportamiento reologico es independiente del tiempo.
- La formulación óptima de la Jalea es de 35% de Sábila, 40% de Membrillo y 25% de Mango, presentó un índice de consistencia (K) de 4,217 y buena aceptabilidad (8.52).
- El efecto de la temperatura sobre el índice de consistencia se adapta al modelo de la ecuación tipo Arrhenius con una energía de activación (E_a) de 8.943KJ/mol. a medida que aumentó la temperatura disminuyó el índice de consistencia.

- La formulación de jalea de Sábila (35%), Mango (40%) y membrillo (25%) con consistencia y buena aceptabilidad se caracterizó por tener 62°Brix, pH de 3.3 y Acidez 0.325%.

VI. RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda establecer realizar un estudio posterior profundizando el potencial y ampliando la demanda de la jalea elaborada a base de SÁBILA (Aloe vera), MEMBRILLO (Cydonia oblonga) Y MANGO (Mangífera indica L).
- ✓ Utilizar otros métodos de factibilidad para el establecimiento de materia prima, como la utilización de saborizantes al momento que no se encuentre el mango como materia prima

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmed, y colaboradores, 2007. Physico-chemical, rheological, calorimetric and dielectric behavior of selected Indian honey. In: Journal of Food Engineering, 79 (4), pp. 1207-1213.
- Alvarado, 1994. Propiedades físicas de frutas. IV. Difusividad y conductividad térmica efectiva en pulpas. Latin American Applied Research (LAAR), 24: 41-47
- Alvarado, J. de D. 1996. Principios de Ingeniería Aplicados a Alimentos. OEAPRDCT. Quito, Ecuador. Radio Comunicaciones. División de Artes Gráficas. pp. 14-96.
- Calvo, M. 2005. Pectinas (en línea). Consultado 4 de Oct. 2008.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 2005. El desarrollo de nuevos productos (en línea). Consultado 4 Oct. 2008
- Dupas, H. y Faria, B. 2001. Conductividad y Difusividad Térmica. En: Métodos para medir propiedades físicas en industrias de alimentos, Editorial Acribia, S. A. Zaragoza, España. 213-236.
- Euroresidentes. 2000. Maracuyá (en línea). Consultado 25 May. 2008.

- FAO (Food and Agriculture Organization). 2002. Procesamiento a pequeña escala frutas y hortalizas amazónicas nativas e introducidas (en línea). Consultado 3 Ago. 2008.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2004. Mermelada tipo jalea (en línea).
- Food Info, Journal of Agricultural & Food Information 2007
- GEANKOPLIS, C. J. 1999, "PROCESOS DE TRANSPORTE Y OPERACIONES UNITARIAS". 3ª ed., Compañía Editorial Continental. México.
- Gómez-Días, D., Navaza J., Quintáns L. 2004. Estudio viscosimétrico preliminar de mieles de bosque de denominación específica «Miel de Galicia». Ciencia y Tecnología Alimentaria. Diciembre, Año/Vol 4, número 004. Reynosa, México. Pp 234-239
- Industrias Ran. 2006. Benzoato de Sodio (en línea). Consultado 3 Ago. 2008.
- Jecnk. S:A: 2005. Medición de color y apariencia. Consultado 1 Oct.
- Juan de Dios Alvarado y José Miguel Aguilera Métodos para medir propiedades físicas en industrias de alimentos, (ed.). Editorial Acribia, S. A. Zaragoza, España. 147-187

- Lück, E. 2000. Conservación química de los alimentos: Ácido benzoico. Ed. ACRIBIA,S.A. Zaragoza, España. 320 p.
- LEVENSPIEL, O. 1993, "FLUJO DE FLUIDOS E INTERCAMBIO DE CALOR", edición en español, Ed. Reverté, España.
- Ministerio de Salud, 2008. Norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para alimentos y bebidas de consumo humano
- MC CABE W. 1998, et al. "OPERACIONES UNITARIAS EN INGENIERÍA QUÍMICA", 4ª ed., Ed. McGraw Hill, España.
- PERRY, Robert, 1997, et al. "MANUAL DEL INGENIERO QUÍMICO", 7ª ed., Ed. McGraw Hill, USA.
- STEFFE, James F., Ph.D., 1992, P.E."RHEOLOGICAL METHODS IN FOOD PROCESS ENGINEERING", 2a ed., Ed Freeman Press, USA.
- RAMOS A, IBARZ A. Comportamiento viscoelástico de pulpa de membrillo en función de la concentración de sólidos solubles .Rev. [Internet]. V. 26(1), p: 214-219, jan-mar. 2006 [Consulta el 22 de agosto de 2009]. Disponible en: <http://www.scielo.br/pdf/cta/v26n1/28873.pdf>
- RHA, CH. 1978. Rheology of fluid foods. Food Technol. 32(7): 77-82.

Páginas Web.

- <http://www.botanical-online.com/membrillo.html>. 2016
- <http://www.botanical-online.com/mango.html>. 2016

ANEXOS

ANEXO I

Viscosímetro de cilindros coaxiales Brookfield DV II

1. Se fija la temperatura del baño a la que se deseen realizar las medidas reológicas.
2. Las muestras (leche, néctar o zumo, aceite, clara de huevo) son colocadas en el sistema de medición, haciendo circular el agua del baño por el sistema de atemperación.
3. Inserte el huso en el fluido de prueba hasta, que lo tape por completo.
4. Escoja la velocidad deseada del huso con la perilla de control de velocidad, debe .
5. Calcule la constante del multiplicador del huso (SMC) y la constante de la velocidad de corte (SRC) a partir de las siguientes ecuaciones y utilizando los datos de la constante de torque (TK) del viscosímetro para cada modelo particular:

$$SMC = \frac{\text{viscosidad de toda la escala} \times \text{rpm}}{TK \times 10000} \quad (1)$$

$$SRC = \frac{\text{Velocidad de corte}}{\text{rpm}} \quad (2)$$

6. Las velocidades del rotor pueden seleccionarse de 0,01 a 512 min⁻¹, lo que permite obtener pares de valores del esfuerzo cortante y gradiente de velocidad.
7. Las mediciones se realizan por duplicado, tomándose además las lecturas a velocidades crecientes del rotor, y una vez alcanzado el máximo, disminuyendo gradualmente la velocidad hasta el valor inicial.

Efecto de la temperatura:

Para determinar el efecto de la temperatura en el parámetro reológico de la muestra, obtenga los datos de esfuerzo cortante y velocidad de corte a temperaturas distintas, utilizando el viscosímetro cilindros coaxiales. Siga el mismo procedimiento anterior para completar el experimento. Obtenga datos experimentales a varias velocidades de corte a fin de trazar las gráficas para las distintas temperaturas.

ANEXO II

Formulación 40% de sábila, 40% de membrillo y 20% de mango		Formulación 30% de sábila, 40% de membrillo y 30% de mango		Formulación 33% de sábila, 38% de membrillo y 28% de mango	
Esfuerzo cortante (Pa)	Velocidad de Deformación (1/s)	Esfuerzo cortante (Pa)	Velocidad de Deformación (1/s)	Esfuerzo cortante (Pa)	Velocidad de Deformación (1/s)
2.198	0.001	1.454412144	0.001	1.63025214	0.001
40.191	4.166	37.30117691	4.166	40.5164569	4.166
59.770	8.333	56.87489614	8.333	61.6564961	8.333
73.543	12.501	70.71598973	12.501	76.5994297	12.501
84.717	16.668	81.97202371	16.668	88.7493837	16.668
94.193	20.834	91.53151413	20.834	99.0669541	20.834
102.864	25.000	100.2878723	25	108.516992	25
110.721	29.169	108.2284065	29.169	117.086086	29.169
117.777	33.335	115.363747	33.335	124.785907	33.335
124.376	37.500	122.0402108	37.5	131.990291	37.5
130.758	41.668	128.4998117	41.668	138.960452	41.668
136.578	45.834	134.3926641	45.834	145.318904	45.834
141.987	50.000	139.8710045	50	151.229964	50
147.317	54.168	145.2707533	54.168	157.056113	54.168
152.291	58.334	150.3110268	58.334	162.494307	58.334
157.325	62.501	155.4131863	62.501	167.999186	62.501
161.839	66.669	159.989178	66.669	172.936298	66.669
166.226	70.835	164.4371717	70.835	177.735252	70.835
170.575	75.002	168.8473249	75.002	182.493325	75.002
174.602	79.168	172.9315309	79.168	186.899691	79.168
178.785	83.334	177.174516	83.334	191.477316	83.334
182.645	87.501	181.0903556	87.501	195.701956	87.501
186.095	91.667	184.5906427	91.667	199.478243	91.667
189.973	95.835	188.525578	95.835	203.723418	95.835
193.368	100.001	191.9707649	100.001	207.440205	100.001
188.936	100	187.4733117	100	202.588192	100
185.576	95.835	184.0640555	95.835	198.910135	95.835
181.644	91.667	180.0748313	91.667	194.606351	91.667
177.696	87.5	176.0698458	87.5	190.285526	87.5
173.782	83.334	172.0998384	83.334	186.002398	83.334
169.648	79.167	167.9072343	79.167	181.479074	79.167
165.457	75.001	163.6574287	75.001	176.893989	75.001
160.961	70.833	159.0990579	70.833	171.975938	70.833
156.546	66.667	154.6235701	66.667	167.14725	66.667
152.044	62.5	150.06071	62.5	162.22423	62.5
147.068	58.334	145.0184649	58.334	156.783905	58.334

142.139	54.166	140.0249745	54.166	151.396095	54.166
136.951	49.999	134.7703968	49.999	145.726477	49.999
131.459	45.833	129.209485	45.833	139.726205	45.833
125.777	41.667	123.4580295	41.667	133.52019	41.667
119.682	37.5	117.2908018	37.5	126.865362	37.5
113.275	33.335	110.8106815	33.335	119.872682	33.335
106.265	29.168	103.724364	29.168	112.225564	29.168
98.792	24.999	96.17482337	24.999	104.078183	24.999
90.772	20.833	88.07908913	20.833	95.3408491	20.833
81.656	16.666	78.8866047	16.666	85.4190847	16.666
71.34	12.499	68.49934282	12.499	74.2065428	12.499
58.889	8.332	55.99112568	8.332	60.7022457	8.332
42.854	4.166	39.95328101	4.166	43.381601	4.166
2.456	0.001	1.60658599	0.001	1.80306599	0.001

Formulación 40% de sábila, 30% de membrillo y 30% de mango		Formulación 36% de sábila, 36% de membrillo y 28% de mango		Formulación 37% de sábila, 37% de membrillo y 27% de mango	
Esfuerzo cortante (Pa)	Velocidad de Deformación (1/s)	Esfuerzo cortante (Pa)	Velocidad de Deformación (1/s)	Esfuerzo cortante (Pa)	Velocidad de Deformación (1/s)
2.198	0.001	1.52035214	0.001	1.63025214	0.001
40.191	4.166	38.5069069	4.166	40.5164569	4.166
59.770	8.333	58.6679961	8.333	61.6564961	8.333
73.543	12.501	72.9222797	12.501	76.5994297	12.501
84.717	16.668	84.5135337	16.668	88.7493837	16.668
94.193	20.834	94.3573041	20.834	99.0669541	20.834
102.864	25.000	103.373792	25	108.516992	25
110.721	29.169	111.550036	29.169	117.086086	29.169
117.777	33.335	118.897057	33.335	124.785907	33.335
124.376	37.500	125.771491	37.5	131.990291	37.5
130.758	41.668	132.422552	41.668	138.960452	41.668
136.578	45.834	138.490004	45.834	145.318904	45.834
141.987	50.000	144.130614	50	151.229964	50
147.317	54.168	149.690263	54.168	157.056113	54.168
152.291	58.334	154.879757	58.334	162.494307	58.334
157.325	62.501	160.132936	62.501	167.999186	62.501
161.839	66.669	164.844348	66.669	172.936298	66.669
166.226	70.835	169.423952	70.835	177.735252	70.835
170.575	75.002	173.964575	75.002	182.493325	75.002
174.602	79.168	178.169591	79.168	186.899691	79.168
178.785	83.334	182.538066	83.334	191.477316	83.334
182.645	87.501	186.569706	87.501	195.701956	87.501
186.095	91.667	190.173493	91.667	199.478243	91.667
189.973	95.835	194.224768	95.835	203.723418	95.835
193.368	100.001	197.771805	100.001	207.440205	100.001
188.936	100	193.141392	100	202.588192	100
185.576	95.835	189.631335	95.835	198.910135	95.835
181.644	91.667	185.524151	91.667	194.606351	91.667
177.696	87.5	181.400726	87.5	190.285526	87.5
173.782	83.334	177.313298	83.334	186.002398	83.334
169.648	79.167	172.996674	79.167	181.479074	79.167
165.457	75.001	168.621139	75.001	176.893989	75.001
160.961	70.833	163.927888	70.833	171.975938	70.833
156.546	66.667	159.31995	66.667	167.14725	66.667
152.044	62.5	154.62203	62.5	162.22423	62.5
147.068	58.334	149.430505	58.334	156.783905	58.334
142.139	54.166	144.289145	54.166	151.396095	54.166

136.951	49.999	138.878927	49.999	145.726477	49.999
131.459	45.833	133.153255	45.833	139.726205	45.833
125.777	41.667	127.23134	41.667	133.52019	41.667
119.682	37.5	120.881262	37.5	126.865362	37.5
113.275	33.335	114.208932	33.335	119.872682	33.335
106.265	29.168	106.912314	29.168	112.225564	29.168
98.792	24.999	99.1385834	24.999	104.078183	24.999
90.772	20.833	90.8022491	20.833	95.3408491	20.833
81.656	16.666	81.3362847	16.666	85.4190847	16.666
71.34	12.499	70.6395428	12.499	74.2065428	12.499
58.889	8.332	57.7577957	8.332	60.7022457	8.332
42.854	4.166	41.238901	4.166	43.381601	4.166
2.456	0.001	1.68026599	0.001	1.80306599	0.001

Formulación 35% de sábila, 40% de membrillo y 25% de mango		Formulación 40% de sábila, 35% de membrillo y 25% de mango		Formulación 37% de sábila, 37% de membrillo y 27% de mango	
Esfuerzo cortante (Pa)	Velocidad de Deformación (1/s)	Esfuerzo cortante (Pa)	Velocidad de Deformación (1/s)	Esfuerzo cortante (Pa)	Velocidad de Deformación (1/s)
1.67421214	0.001	1.34451214	0.001	1.67421214	0.001
41.3202769	4.166	35.2916269	4.166	41.3202769	4.166
62.8518961	8.333	53.8863961	8.333	62.8518961	8.333
78.0702897	12.501	67.0388397	12.501	78.0702897	12.501
90.4437237	16.668	77.7361737	16.668	90.4437237	16.668
100.950814	20.834	86.8218641	20.834	100.950814	20.834
110.574272	25	95.1446723	25	110.574272	25
119.300506	29.169	102.692356	29.169	119.300506	29.169
127.141447	33.335	109.474897	33.335	127.141447	33.335
134.477811	37.5	115.821411	37.5	134.477811	37.5
141.575612	41.668	121.961912	41.668	141.575612	41.668
148.050464	45.834	127.563764	45.834	148.050464	45.834
154.069704	50	132.771654	50	154.069704	50
160.002453	54.168	137.904903	54.168	160.002453	54.168
165.540127	58.334	142.696477	58.334	165.540127	58.334
171.145686	62.501	147.546936	62.501	171.145686	62.501
176.173078	66.669	151.897228	66.669	176.173078	66.669
181.059772	70.835	156.125872	70.835	181.059772	70.835
185.904825	75.002	160.318575	75.002	185.904825	75.002
190.391731	79.168	164.201431	79.168	190.391731	79.168
195.053016	83.334	168.235266	83.334	195.053016	83.334
199.354856	87.501	171.958106	87.501	199.354856	87.501
203.200143	91.667	175.285893	91.667	203.200143	91.667
207.522878	95.835	179.026928	95.835	207.522878	95.835
211.307565	100.001	182.302365	100.001	211.307565	100.001
206.366912	100	178.026512	100	206.366912	100
202.621655	95.835	174.785255	95.835	202.621655	95.835
198.239231	91.667	170.992631	91.667	198.239231	91.667
193.839446	87.5	167.185046	87.5	193.839446	87.5
189.478038	83.334	163.410738	83.334	189.478038	83.334
184.872034	79.167	159.424834	79.167	184.872034	79.167
180.203129	75.001	155.384579	75.001	180.203129	75.001
175.195158	70.833	151.051008	70.833	175.195158	70.833
170.27817	66.667	146.79627	66.667	170.27817	66.667
165.26511	62.5	142.45851	62.5	165.26511	62.5
159.725265	58.334	137.665065	58.334	159.725265	58.334
154.238875	54.166	132.918025	54.166	154.238875	54.166
148.465497	49.999	127.922847	49.999	148.465497	49.999

142.355385	45.833	122.636535	45.833	142.355385	45.833
136.03573	41.667	117.16918	41.667	136.03573	41.667
129.259002	37.5	111.306702	37.5	129.259002	37.5
122.138182	33.335	105.146932	33.335	122.138182	33.335
114.350864	29.168	98.411114	29.168	114.350864	29.168
106.054023	24.999	91.2352234	24.999	106.054023	24.999
97.1562891	20.833	83.5404891	20.833	97.1562891	20.833
87.0522047	16.666	74.8038047	16.666	87.0522047	16.666
75.6333428	12.499	64.9323428	12.499	75.6333428	12.499
61.8800257	8.332	53.0466757	8.332	61.8800257	8.332
44.238681	4.166	37.810581	4.166	44.238681	4.166
1.85218599	0.001	1.48378599	0.001	1.85218599	0.001

Formulacion 37% de sabila, 37% de mebrillo y 27% de mango		Formulacion 38% de sabila, 38% de mebrillo y 23% de mango		Formulacion 38% de sabila, 33% de mebrillo y 28% de mango		Formulacion 35% de sabila, 35% de mebrillo y 30% de mango	
Esfuerzo cortante (Pa)	Velocidad de Deformación (1/s)	Esfuerzo cortante (Pa)	Velocidad de Deformación (1/s)	Esfuerzo cortante (Pa)	Velocidad de Deformación (1/s)	Esfuerzo cortante (Pa)	Velocidad de Deformación (1/s)
1.76213214	0.001	1.71817214	0.001	1.85005214	0.001	1.366492	0.001
42.9279169	4.166	42.1240969	4.166	44.5355569	4.166	35.69353	4.166
65.2426961	8.333	64.0472961	8.333	67.6334961	8.333	54.48409	8.333
81.0120097	12.501	79.5411497	12.501	83.9537297	12.501	67.77426	12.501
93.8324037	16.668	92.1380637	16.668	97.2210837	16.668	78.58334	16.668
104.718534	20.834	102.834674	20.834	108.486254	20.834	87.76379	20.834
114.688832	25	112.631552	25	118.803392	25	96.17331	25
123.729346	29.169	121.514926	29.169	128.158186	29.169	103.7995	29.169
131.852527	33.335	129.496987	33.335	136.563607	33.335	110.6526	33.335
139.452851	37.5	136.965331	37.5	144.427891	37.5	117.0651	37.5
146.805932	41.668	144.190772	41.668	152.036252	41.668	123.2694	41.668
153.513584	45.834	150.782024	45.834	158.976704	45.834	128.9295	45.834
159.749184	50	156.909444	50	165.428664	50	134.1915	50
165.895133	54.168	162.948793	54.168	171.787813	54.168	139.3780	54.168
171.631767	58.334	168.585947	58.334	177.723407	58.334	144.2193	58.334
177.438686	62.501	174.292186	62.501	183.731686	62.501	149.1201	62.501
182.646638	66.669	179.409858	66.669	189.120198	66.669	153.5156	66.669
187.708812	70.835	184.384292	70.835	194.357852	70.835	157.7881	70.835
192.727825	75.002	189.316325	75.002	199.550825	75.002	162.0243	75.002
197.375811	79.168	193.883771	79.168	204.359891	79.168	165.9474	79.168
202.204416	83.334	198.628716	83.334	209.355816	83.334	170.0231	83.334
206.660656	87.501	203.007756	87.501	213.966456	87.501	173.7845	87.501
210.643943	91.667	206.922043	91.667	218.087743	91.667	177.1468	91.667
215.121798	95.835	211.322338	95.835	222.720718	95.835	180.9266	95.835
219.042285	100.001	215.174925	100.001	226.777005	100.001	184.2360	100.0
213.924352	100	210.145632	100	221.481792	100	179.9158	100
210.044695	95.835	206.333175	95.835	217.467735	95.835	176.6410	95.835
205.504991	91.667	201.872111	91.667	212.770751	91.667	172.8090	91.667
200.947286	87.5	197.393366	87.5	208.055126	87.5	168.9620	87.5
196.429318	83.334	192.953678	83.334	203.380598	83.334	165.1485	83.334
191.657954	79.167	188.264994	79.167	198.443874	79.167	161.1213	79.167
186.821409	75.001	183.512269	75.001	193.439689	75.001	157.0391	75.001
181.633598	70.833	178.414378	70.833	188.072038	70.833	152.6606	70.833
176.54001	66.667	173.40909	66.667	182.80185	66.667	148.36173	66.667
171.34687	62.5	168.30599	62.5	177.42863	62.5	143.97895	62.5
165.607985	58.334	162.666625	58.334	171.490705	58.334	139.1357	58.334
159.924435	54.166	157.081655	54.166	165.609995	54.166	134.3394	54.166
153.943537	49.999	151.204517	49.999	159.421577	49.999	129.2923	49.999

147.613745	45.833	144.984565	45.833	152.872105	45.833	123.9511	45.833
141.06681	41.667	138.55127	41.667	146.09789	41.667	118.42695	41.667
134.046282	37.5	131.652642	37.5	138.833562	37.5	112.5035	37.5
126.669182	33.335	124.403682	33.335	131.200182	33.335	106.2796	33.335
118.601464	29.168	116.476164	29.168	122.852064	29.168	99.473764	29.168
110.005703	24.999	108.029863	24.999	113.957383	24.999	92.22314	24.999
100.787169	20.833	98.9717291	20.833	104.418049	20.833	84.44820	20.833
90.3184447	16.666	88.6853247	16.666	93.5846847	16.666	75.62036	16.666
78.4869428	12.499	77.0601428	12.499	81.3405428	12.499	65.64574	12.499
64.2355857	8.332	63.0578057	8.332	66.5911457	8.332	53.63556	8.332
45.952841	4.166	45.095761	4.166	47.667001	4.166	38.239121	4.166
1.95042599	0.001	1.90130599	0.001	2.04866599	0.001	1.508345	0.001



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

I. DATOS GENERALES (PRE GRADO)

1.1. UNIVERSIDAD:

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

1.2. ESCUELA O CARRERA PROFESIONAL:

INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

1.3. TÍTULO DE TRABAJO:

“CARACTERIZACIÓN REOLOGICA DE JALEA ELABORADA A
BASE DE SÁBILA (Aloe Vera) MEMBRILLO (Cydonia Oblonga) Y
MANGO (Mangifera Indica L.)”

1.4. ÁREA DE INVESTIGACIÓN:

EXPERIMENTAL Y APLICADA

1.5. AUTORES:

DNI: Bach. AMARANTO LEYVA IRVIN ANGEL

DNI: Bach. LOPEZ BADA GONZALO

1.6. TÍTULO PROFESIONAL AL QUE CONDUCE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

1.7. AÑO DE APROBACIÓN DE LA SUSTENTACIÓN:

2016



II. CONTENIDO DEL RESUMEN

2.1. PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

2.1.1. Objetivo de la Investigación:

El estudio determinara la CARACTERIZACIÓN REOLOGIA DE JALEA ELABORADA A BASE DE SABILA (Aloe vera), MEMBRILLO (Cydonia oblonga) Y MANGO (Mangífera indica L).” que nos permita identificar su comportamiento y condiciones de almacenamiento y producción.

2.1.2. Formulación del Problema:

¿Cómo afecta la formulación a base de Sabila (Aloe vera), Membrillo (Cydonia oblonga) y Mango (Mangífera indica L) en el comportamiento reológico de jalea?

2.2. OBJETIVOS

2.2.1. Objetivo General:

Caracterizar el comportamiento relógico de jalea elaborada a base de sabila (aloe vera), membrillo (cydonia oblonga) y mango (mangífera indica I).

2.2.2. Objetivos Específicos:

- Caracterización fisicoquímica de Sabila (aloe vera), Membrillo (cydonia oblonga) y mango (mangífera indica I)
- Modelar el comportamiento reologico de las diferentes formulaciones aplicando un reómetro de cilindros concéntricos.
- Evaluar el efecto de la temperatura en el comportamiento reologico de las diferentes formulaciones.
- Evaluar la presencia de tixotropía en las diferentes formulaciones.



2.3. HIPÓTESIS

La jalea elaborada a base de sábila (aloe vera), membrillo (Cydonia oblonga) y mango (mangífera índica l) se ajusta su comportamiento reológico a un fluido pseudoplastico, y la temperatura y concentración afectan en el valor de sus parámetros reológico.

2.4. MARCO TEÓRICO

ANTECEDENTES

Según estudios realizados en jarabes, jaleas y mermeladas por métodos indirectos se determina las propiedades térmicas y se comprueba la influencia de los sólidos solubles, la temperatura y la composición nutricional (Alvarado y Aguilera, 2005; Memnune y colaboradores, 2007).

Otro de los estudios muestra el efecto de la composición, humedad, temperatura y las condiciones de presión, así como la actividad del agua sobre la conductividad y la difusividad térmica. (Alvarado y Aguilera, 2005).

Estas propiedades aportan con información acerca de la velocidad con la cual, la jalea es calentada o enfriada. En este momento, la reología se ha establecido como la ciencia de la deformación y el flujo de la materia, o sea, la manera en la cual los materiales responden a un esfuerzo o tensión aplicada. Todos los materiales tienen propiedades reológicas y el área que ocupa la reología es muy relevante en numerosos campos como la geología, mecánica de suelos, procesamiento de polímeros y composites, dispersión de pinturas y pigmentos, bioingeniería, procesos interfaciales, cosmética, etc. Una gran atención debe ser prestada a la importancia de la reología en la tecnología y procesada en alimentos. Más concretamente los datos reológicos de los alimentos son necesarios en industria, por ejemplo:



- Cálculos necesarios para ingeniería de procesos que implican el diseño de tuberías, bombas, mezcladores, intercambiadores de calor, homogeneizadores, etc.
- La influencia de un ingrediente de tipo funcional sobre el desarrollo del producto.
- Control de calidad del producto.

Evaluación de la textura del alimento mediante relación con datos sensoriales.

REOLOGIA

Los alimentos, además de ofrecer olor, color y sabor característico; exhiben determinado comportamiento mecánico y reaccionan de un cierto modo cuando se intenta deformarlos. Pueden ser duros o blandos, correosos o deleznable, gomosos o quebradizos, de textura fibrosa o uniforme, unos fluyen fácilmente, otros con dificultad (Aguilar Morales, JJ. 2003).

El término Reología fue sugerido en 1929 por Eugene Cook Bingham para definir la rama de la Física que tiene como propósito el conocimiento de la deformación o flujo de la materia. Desde el punto de vista histórico el origen de la Reología se fija en la segunda mitad del siglo XVII, época en la que Robert Hooke e Isaac Newton dieron a conocer sus ideas acerca del sólido elástico y del fluido viscoso ideales, respectivamente (Morales González, NM. 2009).

La Reología es la ciencia de la deformación de la materia, se ocupa preferentemente de la deformación de los cuerpos aparentemente continuos y coherentes, pero con frecuencia trata también de la fricción entre sólidos, del flujo de polvos, e incluso de la reducción a partículas o molturaciones. La Reología moderna, además de los comportamientos elástico y viscoso, estudia también sistemas complejos que presentan simultáneamente propiedades elásticas y viscosas, es decir, sustancias viscoelásticas. La Reología es una ciencia disciplinaria cuyo desarrollo realizan no solamente físicos,



sino también ingenieros de diversas especialidades, matemáticos, químicos, biológicos y farmacéuticos; lo cual da lugar a diferentes métodos, así como un amplio abanico de posibilidades prácticas de aplicación (Morales González, NM. 2009).

Reología, es la ciencia de la deformación y flujo de materia, el comportamiento reológico de un fluido es caracterizado por la relación entre el esfuerzo de cizalla requerido para inducir una determinada velocidad de deformación de cizalla (Zandamela, EM. 2008).

Rao (2007) considera que un modelo de flujo es una ecuación matemática que describe datos reológicos semejantes en relación al esfuerzo de cizallamiento y a la velocidad de deformación de cizallamiento. Es importante cuantificar cómo los modelos de los parámetros reológicos son afectados por temperatura y concentración.

❖ **Clasificación reológica de los alimentos**

Los alimentos, desde los sólidos, semisólidos hasta los líquidos, cambian su comportamiento reológico en cada etapa del proceso, se clasifican en la reología según propiedades físicas, tales como viscosidad, elasticidad o fluidez, los cuales pueden ser descritos con una amplia gama de modelos matemáticos.

Dada la complejidad y la amplitud del tema, los investigadores han hecho una primera clasificación entre los alimentos newtonianos y no newtonianos según su comportamiento reológico, siga o no la ley de Newton de la viscosidad. Existen además alimentos en que el comportamiento reológico depende del tiempo de esfuerzo de corte que se ejerce sobre ellos. Finalmente, existen otros grupos de alimentos que se comportan como fluidos viscosos y sólidos elásticos a la vez, los llamados fluidos visco elásticos.

La clasificación de los fluidos alimentarios según su comportamiento reológico puede establecerse de la siguiente forma:



- Fluidos newtonianos
- Fluidos no newtonianos
- Independientes del tiempo
 - Plásticos de Bingham
 - pseudoplásticos
 - Dilatantes
- Dependientes del tiempo
 - Fluidos tixotrópicos
 - Fluidos reopéticos
- Viscoelásticos

Para la visualización gráfica del comportamiento reológico de los fluidos, es frecuente la utilización de reogramas, que son gráficos de esfuerzo cortante versus relación de deformación, que tienen una gran utilidad para identificar los diferentes tipos de comportamiento reológico, y que permiten mejorar el desarrollo de muchos productos alimenticios.

a. Fluidos newtonianos. Son líquidos cuyos coeficientes de viscosidad son constantes para una temperatura dada. Es decir, cuando el fluido es sometido a esfuerzos de corte (σ) se desarrollan relaciones de deformación ($\dot{\gamma}$) directamente proporcionales a la velocidad de deformación (Kyereme et al., 2004). donde η es el coeficiente de viscosidad, aunque generalmente se le denomina simplemente viscosidad.

$$\sigma = \eta \dot{\gamma} \dots\dots\dots (1)$$

Los fluidos newtonianos, por definición, presentan una línea recta que relaciona σ - $\dot{\gamma}$, con intercepto cero y pendiente igual a η . Todos los fluidos que no exhiben este

comportamiento pueden ser llamados no – newtonianos (Steffe, 2010).

Algunos ejemplos de fluidos newtonianos son el agua, té, café, cerveza, bebidas carbonatadas, jugos filtrados, leche, aceite comestible, almíbar de azúcar y mayoría de mieles (Hernandez, ÁG. 2010).

- b. Fluidos no newtonianos independientes del tiempo.** En la figura 1a se muestra el reograma de cada uno de estos comportamientos. Los fluidos viscosos no newtonianos no presentan proporcionalidad entre la relación de deformación y el esfuerzo de corte, la viscosidad recibe el nombre de viscosidad aparente y es función de la relación de deformación (Ibarz y Barbosa-Cánovas, 2005); son fluidos plásticos, que pueden presentar cierta elasticidad por debajo de un determinado umbral de presión de corte. Estos fluidos tienen una estructura compleja, en la cual intervienen, generalmente, dos fases como ocurre en emulsiones y suspensiones (Cheftel et al., 2005).

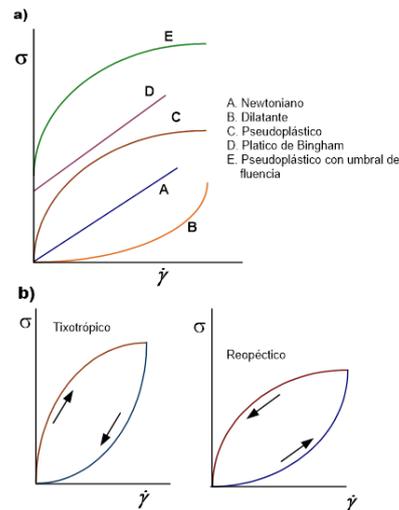


FIGURA 1: Reogramas de fluidos alimentarios:

- a) Newtonianos y no newtonianos independientes del tiempo,
b) No newtonianos dependientes del tiempo

Fuente: Operaciones Unitarias En La Ingeniería De Alimentos (Ibarz y Barbosa-Cánovas, 2005).



2.5. CONCLUSIONES

- El mango de variedad kent y membrillo frescos presentaron valores de 12.4% y 13% de sólidos solubles y 0.6 y 0.4 g de ácido cítrico y málico/100 ml. respectivamente.
- La Jalea de Sabila (Aloe vera), membrillo (Cydonia oblonga) y mango (Mangífera indica L) estudiados, en las diferentes formulaciones tiene un comportamiento pseudoplástico descrito mediante el modelo de la ley de la potencia con grado 3.
- La Jalea de Sabila (Aloe vera), membrillo (Cydonia oblonga) y mango (Mangífera indica L) estudiados en los diferentes tratamiento no presentan tixotropia, ya que el comportamiento reologico es independiente del tiempo.
- La formulación óptima de la Jalea es de 35% de Sábila, 40% de Membrillo y 25% de Mango, presentó un índice de consistencia (K) de 4,217 y buena aceptabilidad (8.52).
- El efecto de la temperatura sobre el índice de consistencia se adapta al modelo de la ecuación tipo Arrhenius con una energía de activación (Ea) de 8.943KJ/mol. a medida que aumentó la temperatura disminuyó el índice de consistencia.
- La formulación de jalea de Sabila (35%), Mango (40%) y membrillo (25%) con consistencia y buena aceptabilidad se caracterizó por tener 62°Brix, pH de 3.3 y Acidez 0.325%.



2.6. RECOMENDACIONES

- Se recomienda establecer realizar un estudio posterior profundizando el potencial y ampliando la demanda de la jalea elaborada a base de SÁBILA (Aloe vera), MEMBRILLO (Cydonia oblonga) Y MANGO (Mangífera indica L).
- Utilizar otros métodos de factibilidad para el establecimiento de materia prima, como la utilización de saborizantes al momento que no se encuentre el mango como materia prima.



2.7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmed, y colaboradores, 2007. Physico-chemical, rheological, calorimetric and dielectric behavior of selected Indian honey. In: Journal of Food Engineering, 79 (4), pp. 1207-1213.
- Alvarado, 1994. Propiedades físicas de frutas. IV. Difusividad y conductividad térmica efectiva en pulpas. Latin American Applied Research (LAAR), 24: 41-47
- Alvarado, J. de D. 1996. Principios de Ingeniería Aplicados a Alimentos. OEAPRDCT. Quito, Ecuador. Radio Comunicaciones. División de Artes Gráficas. pp. 14-96.
- Calvo, M. 2005. Pectinas (en línea). Consultado 4 de Oct. 2008.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 2005. El desarrollo de nuevos productos (en línea). Consultado 4 Oct. 2008
- Dupas, H. y Faria, B. 2001. Conductividad y Difusividad Térmica. En: Métodos para medir propiedades físicas en industrias de alimentos, Editorial Acribia, S. A. Zaragoza, España. 213-236.
- Euroresidentes. 2000. Maracuyá (en línea). Consultado 25 May. 2008.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2002. Procesamiento a pequeña escala frutas y hortalizas amazónicas nativas e introducidas (en línea). Consultado 3 Ago. 2008.



- FAO (Food and Agriculture Organization). 2004. Mermelada tipo jalea (en línea).
- Food Info, Journal of Agricultural & Food Information 2007
- GEANKOPLIS, C. J. 1999, "PROCESOS DE TRANSPORTE Y OPERACIONES UNITARIAS". 3ª ed., Compañía Editorial Continental. México.
- Gómez-Días, D., Navaza J., Quintáns L. 2004. Estudio viscosimétrico preliminar de mieles de bosque de denominación específica «Miel de Galicia». Ciencia y Tecnología Alimentaria. Diciembre, Año/Vol 4, número 004. Reynosa, México. Pp 234-239
- Industrias Ran. 2006. Benzoato de Sodio (en línea). Consultado 3 Ago. 2008.
- Jecnk. S:A: 2005. Medición de color y apariencia. Consultado 1 Oct.
- Juan de Dios Alvarado y José Miguel Aguilera Métodos para medir propiedades físicas en industrias de alimentos, (ed.). Editorial Acribia, S. A. Zaragoza, España. 147-187
- Lück, E. 2000. Conservación química de los alimentos: Ácido benzoico. Ed. ACRIBIA,S.A. Zaragoza, España. 320 p.
- LEVENSPIEL, O. 1993, "FLUJO DE FLUIDOS E INTERCAMBIO DE CALOR", edición en español, Ed. Reverté, España.



- Ministerio de Salud, 2008. Norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para alimentos y bebidas de consumo humano
- MC CABE W. 1998, et al. "OPERACIONES UNITARIAS EN INGENIERÍA QUÍMICA", 4ª ed., Ed. McGraw Hill, España.
- PERRY, Robert, 1997, et al. "MANUAL DEL INGENIERO QUÍMICO", 7ª ed., Ed. McGraw Hill, USA.
- STEFFE, James F., Ph.D., 1992, P.E."RHEOLOGICAL METHODS IN FOOD PROCESS ENGINEERING", 2a ed., Ed Freeman Press, USA.
- RAMOS A, IBARZ A. Comportamiento viscoelástico de pulpa de membrillo en función de la concentración de sólidos solubles .Rev. [Internet]. V. 26(1), p: 214-219, jan-mar. 2006 [Consulta el 22 de agosto de 2009]. Disponible en: <http://www.scielo.br/pdf/cta/v26n1/28873.pdf>
- RHA, CH. 1978. Rheology of fluid foods. Food Technol. 32(7): 77-82.