

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

**DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INGENIERÍA DE LOS
ALIMENTOS**



**“EVALUACIÓN REOLÓGICA DE LA MERMELADA DE MANGO
(*Mangifera indica* L.), VARIEDAD KENT Y ESTABILIDAD EN EL
ALMACENAMIENTO”**

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Presentado por:

ANGELICA JULCA SALVADOR

Promoción 2010 – II

Tingo María – PERU

2014



T

IND

Julca Salvador, Angelica

“Evaluación Reologica de la Mermelada de Mango (*Magnifera indica* L.), Variedad Kent y estabilidad en el Almacenamiento”

54 páginas; 10 cuadros; 09 fgrs.; 19 ref.; 30 cm.

Tesis (Ing. en Industrias Alimentarias) Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María, Facultad de Ingeniería de Industrias Alimentarias, 2014

1. MANGO

2. MERMELADA

3. PULPA

4. ELABORACION

5. CONSERVACION

6. ORGANOLEPTICA



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María
FACULTAD DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
Av. Universitaria s/n. Teléfono (062) 561385 – Fax (062) 561156
Apart. Postal 156 Tingo María E.mail; fia@unas.edu.pe

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos en acto público el 06 de junio de 2014, a horas 4:00 p.m. en la Sala de Conferencias de la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicada en la ciudad de Tingo María, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, para calificar la tesis presentado por la Bach. **JULCA SALVADOR, Angélica**, titulada:

“EVALUACION REOLOGICA DE LA MERMELADA DE MANGO (Mangifera indica L.) DE LA VARIEDAD KENT Y ESTABILIDAD EN EL ALMACENAMIENTO”

Después de haber escuchado la sustentación, las respuestas a las preguntas formuladas, lo declaran **APROBADO** con el calificativo de **BUENO**; en consecuencia el Bachiller, queda apto para recibir el título de **Ingeniero en Industrias Alimentarias** del Consejo Universitario, de conformidad con el Art. 22° de la Ley Universitaria 23733; los artículos 51° y 52° del Estatuto de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Tingo María, 13 de junio de 2014

Ing. Alfredo Carmona Ruiz
Presidente

Ing. Yolanda Ramirez Trujillo
Miembro

Ing. Jaime Basilio Atencio
Asesor

DEDICATORIA

Este proyecto que acabo de terminar lo he dedicado
con mucho amor a mí querida familia:

A mis queridos padres Alejandro y Angélica
por haberme apoyado e inculcado los mejores
valores para realizar este proyecto

A mí esposo William que siempre
me dio apoyo y fuerzas necesarias para
seguir adelante, y a mí hijito Matías,
por ser la razón de mi vida.

A mis hermanos, Alejandro, Francisco, Ana
por creer en mí en todo momento, a
quienes de una u otra manera quiero
enseñarles el ejemplo a seguir.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi agradecimiento a Dios todopoderoso quien me dio esta oportunidad de vida para poder terminar uno de mis proyectos, además por ser fuente de fortaleza y por haberme permitido conocer personas maravillosas que ayudaron de alguna manera en mi superación profesional.

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por ser mí segundo hogar de formación profesional y a la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias, por inculcarme los conocimientos y desarrollarme en mi carrera profesional.

Al Ingeniero Jaime Eduardo Basilio Atencio, asesor de mi tesis, por su orientación y colaboración que hizo posible la culminación del presente trabajo de investigación y por ser ejemplo de dedicación, esfuerzo y trabajo a seguir y lograr todos los éxitos posibles.

A mi gran amiga Sissy Meryll Pérez Peláez por su apoyo incondicional y por estar ahí detrás de mí dándome fuerzas durante el desarrollo y culminación de mi trabajo de investigación.

A todos quienes colaboraron GRACIAS

INDICE GENERAL

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Mango.....	3
2.1.1. Características generales y físicas de la mango	4
2.1.2. Composición.....	8
2.2. Mermelada.....	8
2.2.1. Principios de conservación de las mermeladas.....	9
2.3. Materias primas para la elaboración de la mermelada.....	10
2.3.1. Fruta.....	10
2.3.2. Azúcar.....	11
2.3.3. Pectina.....	12
2.3.4. Agua.....	13
2.3.5. Ácido.....	13
2.3.6. Colorantes.....	13
2.3.7. Conservadores.....	14
2.4. Condiciones de la cocción.....	14
2.4.1. Tiempo de cocción.....	14
2.4.2. Temperaturas de calentamiento y de cocción.....	15
2.4.3. Acidez y valor pH de la mermelada.....	15
2.5. Enfriamiento y envasado de la mermelada.....	16

2.5.1. Pre enfriamiento anterior al llenado.....	16
2.5.2. Envasado de mermeladas.....	16
2.5.3. Enfriamiento después del envasado.....	17
2.6. Defectos en la elaboración de mermeladas.....	17
2.6.1. Mermelada poco firme.....	17
2.6.2. Sinéresis (Llorar o sangrar).....	18
2.6.3. Cambio de color.....	18
2.6.4. Cristalización.....	19
2.6.5. Propiedades reológicas de jugos o pulpas para la elaboración de mermeladas.....	19
2.7. Reología y viscosidad.....	20
2.7.1. Definición de Reología.....	20
2.7.2. Características de los fluidos.....	21
2.7.3. Medición con viscosímetro rotacional Brookfield.....	24
2.7.4. Efecto de la temperatura: factor que afecta la viscosidad.....	25
2.7.5. Características Organolépticas.....	27
2.8. Pruebas aceleradas.....	29
2.9. Orden de reacción.....	30
2.10. Efecto de la temperatura en la velocidad de deterioro.....	30
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	32
3.1. Lugar de ejecución.....	32
3.2. Materia prima e insumos.....	32

3.2.1 Materia prima.....	32
3.2.2. Insumos.....	32
3.3. Materiales y equipos de laboratorio y/o proceso.....	33
3.3.1. Materiales de vidrio.....	33
3.3.2. Materiales de Plástico.....	33
3.3.3. Materiales de aluminio y acero inoxidable.....	33
3.3.4. Equipos de laboratorio y/o proceso.....	33
3.4. Metodología.....	34
3.4.1.Determinación de parámetros para la elaboración de mermelada de mango.....	34
3.4.2. Descripción del flujo de operaciones.....	34
3.4.3. Evaluación organoléptica.....	36
3.4.4. Evaluación reológica.....	36
3.4.5. Evaluación en el almacenamiento.....	36
IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....	37
4.1. Parámetros óptimos para la elaboración de mermelada de mango	37
4.2. Evaluación reológica de los tratamientos.....	39
4.3. Relación entre el índice de consistencia y la evaluación organoléptica.....	40
4.4. Comportamiento reológico durante el almacenamiento.....	42
4.5. Determinación de la cinética de deterioro del índice de consistencia de la mermelada de mango durante el almacenamiento.....	47

4.5.1. Determinación de la constante de velocidad de reacción y orden de reacción.....	47
4.5.2 Determinación de la energía de activación (Ea) por la ecuación de Arrhenius.....	50
VI. CONCLUSION.....	52
VII. RECOMENDACIONES.....	53
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....	54
ANEXO.....	57

INDICE DE CUADROS

Cuadro	Pág.
1. Valor nutritivo de 100 g de porción comestible de mango.....	8
2. Principales modelos matemáticos para fluidos. Esfuerzo cortante (τ), velocidad de deformación (γ), índice de consistencia (k) e índice de comportamiento del fluido (μ).....	23
3. Análisis estadístico por la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para la evaluación organoléptica de los tratamientos.....	37
4. Parámetros reológicos de los tratamientos.....	39
5. Comparación de medias del índice de consistencia por diferentes niveles de cáscara azúcar/pulpa y pectina, a nivel de 95%.....	40
6. Relación entre índice de consistencia con la evaluación organoléptica.....	41
7. Variación de los parámetros reológicos durante el almacenamiento.....	46
8. Constantes de velocidad de reacción (k) y coeficientes de correlación (R ²) a diferentes órdenes de reacción.....	49
9. Constantes de velocidad de reacción (k) de la variación del índice de consistencia de mermelada de mango.....	50

INDICE DE FIGURAS

Cuadro	Pág.
1. Clasificación de los fluidos.....	20
2. Diagrama de flujo para la elaboración de mermelada de mango.....	35
3. Reograma para el mejor tratamiento de la mermelada de mango con la relación 60/40 de azúcar/pulpa y 1 % pectina.	38
4. Relación entre índice de consistencia con la evaluación organoléptica para los diferentes tratamientos.....	41
5. Reograma de la mermelada de mango durante el almacenamiento a 30 °C	43
6. Reograma de la mermelada de mango durante el almacenamiento a 40 °C	44
7. Reograma de la mermelada de mango durante el almacenamiento a 50 °C	45
8. Variación de índice de consistencia con los días de almacenamiento ajustada a una cinética de Orden cero.....	48
9. Variación de índice de consistencia con los días de almacenamiento ajustada a una cinética de Orden uno.....	48
10. Relación del coeficiente de velocidad de reacción con la temperatura en Orden de reacción uno	50

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo consistió en estudiar la influencia de la temperatura en los parámetros reológicos de la mermelada de mango (*Mangifera Indica L.*), variedad Kent durante el almacenamiento a diferentes temperaturas utilizando para ello un reómetro Brookfield V-III.

Los resultados de la evaluación organoléptica de la mermelada de mango dieron como mejor tratamiento el obtenido con la relación 40/60 azúcar/pulpa y 1 % pectina.

Todos los tratamientos estudiados corresponden a un fluido Herschel Bulkley con tendencia pseudoplástico y presentan valores en el índice reológico (n) de 0,2524 - 0,4385 y en el índice de consistencia (m) de $47,731 Pa - S^n$ - $75,365 Pa - S^n$ presentando el mejor tratamiento valores de $n = 0,4385$ y $m = 75,365 Pa - S^n$.

Los valores del índice de consistencia (m) de la mermelada de mango durante el almacenamiento se ajustan adecuadamente a la cinética de deterioro de Orden uno por tener un coeficiente de correlación (R^2) mayor a 0,97.

El valor de la constante de velocidad de reacción (k) para la cinética de Orden uno se ajusta mejor al modelo de Arrhenius con un $R^2 = 0,9949$; obteniéndose así la energía de activación (Ea) con un valor de $2,0630 Kcal/mol$.

Los datos obtenidos revelaron que la temperatura tiene un efecto muy evidente en los parámetros reológicos y que se deberá tener en cuenta durante el almacenamiento de la mermelada de mango.

I. INTRODUCCIÓN

El Mango (*Mangifera Indica L.*) es un fruto tropical originario de la India. Se cultiva en el sureste de Asia, Sudáfrica, Egipto, Israel, Indonesia, Florida, Hawai, México, Brasil, Cuba y los países centroamericanos. En España se produce en Málaga, Granada y las Islas Canarias. Al ser este fruto perecible, una de las formas de comercializarlos es en forma de mermelada.

El mango se caracteriza por ser una fuente importante de vitamina A, B y contiene variantes de vitamina C. Su composición depende de la variedad, así como en el estado de madurez que se tenga. El contenido de ácido ascórbico y la acidez total disminuyen durante el desarrollo del fruto, mientras los carotenoides y azúcares totales aumentan.

Para la producción industrial de mermeladas se usan maquinarias como bombas, dosificadores y mezcladores, siendo necesario para el diseño de esta maquinaria, conocer los parámetros reológicos del alimento que se está procesando. Asimismo los parámetros reológicos sirven como una medida de calidad durante el proceso y almacenamiento (RAO, 1986).

Actualmente se desconocen los parámetros apropiados para la elaboración de mermelada de mango, así como su comportamiento reológico y al ser la mermelada un alimento semiperecible, requiere de pruebas aceleradas para determinar su estabilidad en el almacenamiento.

El conocimiento del comportamiento reológico, permitirá además hacer el control del proceso y estabilidad de la mermelada en el almacenamiento, asimismo será una valiosa herramienta para el diseño de los equipos que permitirán su industrialización como mermelada.

Por las consideraciones planteadas, en la presente investigación se plantearon los siguientes objetivos:

- Determinar los parámetros adecuados para la elaboración de mermelada de mango.
- Evaluar reológicamente la mermelada de Mango.
- Relacionar la formulación de la mermelada y la aceptabilidad del producto con las propiedades reológicas.
- Evaluar el comportamiento reológico de la mermelada de Mango en almacenamiento mediante pruebas aceleradas a diferentes temperaturas.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Mango

El Mango (*Mangifera indica* L.) pertenece a la familia Anacardiáceas. Esta familia incluye 14 géneros, en su mayoría árboles o arbustos que contienen una sabia lechosa, amarga y en algunos casos puede ser venenosa.

Siendo el mango, un cultivo aparentemente originario del noroeste de la India, llegando a occidente por intermedio de los portugueses, su cultivo en el Perú se inicia con la llegada de los españoles. En la actualidad, los valles de Piura (77,42% de la producción nacional total pertenecen a este departamento) y Lambayeque son los que poseen el mayor porcentaje de producción de mangos en el Perú. Esto se debe a las condiciones favorables en cuanto a la naturaleza, la tecnología y la mayor capacidad empresarial.

Su temperatura próxima de crecimiento es aproximadamente 24°C - 27°C, en suelos cuyo pH este alrededor de 5,5 – 7,5, crece en zonas tropicales donde las estaciones estén muy marcadas.

Es una fruta diamétrica, en estado de maduración ideal para el consumo, dura pocos días. Existen diversas variedades como: Tomy, Haden, Ataulfo, Manila, Irwin, Diplomático, Esmeralda, Keitt, Kent, que se encuentran disponibles en verano.

El tamaño del fruto varia de 2,5 – 30 cm de largo, su forma es ovalada o redonda, con hueso interior de tamaño significativo. Crece en árboles de hoja perenne. El color depende de la región donde este cultivado, pero abarca mezclas de verde, amarillo y rojo (AGROBANCO, 2007).

2.1.1. Características generales y físicas del mango

El mango es conocido como “melocotón de los trópicos”: dulce, sabroso y refrescante. Su consumo es adecuado para toda la población: niños y jóvenes, adultos, deportistas, mujeres embarazadas o madres lactantes y personas mayores.

Un mango de 300 g cubre la totalidad de las necesidades de un adulto en vitamina A y C (antioxidantes que contribuyen a reducir el riesgo de múltiples enfermedades, entre ellas, las cardiovasculares, las degenerativas e incluso el cáncer) y es una excelente fuente de beta caroteno. Su principal componente es el agua y es muy rico en minerales (magnesio y potasio).

Por su vitamina A, mejora la visión, el buen estado de la piel, el cabello, las mucosas, los huesos y para el buen funcionamiento del sistema inmunológico. Tiene función antioxidante. El beta-caroteno se transforma en vitamina A en nuestro organismo conforme éste lo necesita.

Por su contenido en potasio, es bueno para el sistema nervioso y para la actividad muscular normal. También interviene en el equilibrio de agua dentro y fuera de la célula. Es bueno para quienes toman diuréticos que eliminan potasio ya que el mango es rico en este mineral.

Por su vitamina C, mejora la formación de colágeno, huesos y dientes, glóbulos rojos y favorece la absorción del hierro de los alimentos y la resistencia a las infecciones. Tiene función antioxidante. La vitamina C aumenta la absorción del hierro de los alimentos por lo que se aconseja en caso de anemia ferropénica.

Por su magnesio, mejora el funcionamiento de intestino, nervios y músculos, forma parte de huesos y dientes y además mejora la inmunidad y posee un suave efecto laxante. Es diurético y laxante

Por su contenido en fibra, sacia el hambre, previene el estreñimiento y regula el tránsito intestinal.

CRANE y CAMPBELL (1995) indica la siguiente clasificación taxonómica del mango

Clase : Dicotiledoneas
Subclase : Rosidae
Orden : Sapindales
Suborden : Anacardineae
Familia : Anacardiaceae
Género : Mangifera
Especie : Indica

Las variedades de mango difieren en su hábito de producción, ya que puede ser regular o alternante y el grado de susceptibilidad de la fruta a problemas fitosanitarios y de manejo.

A continuación se describen las características más importantes de las variedades de mango según CRANE y CAMPBELL (1995).

Haden: Esta variedad desarrolla arboles vigorosos con una producción alternante de 150 a 265 kilogramos de fruta de árbol. Se cosecha a principios de noviembre y a mediados de enero. Los frutos presentan una base de color amarillo con chapeo rojo, lo cual los hace atractivos tanto al mercado nacional como al de exportación. Los frutos registran un peso de 430 gramos; la pulpa es jugosa con poca fibra y de buen sabor, el hueso es plano, la cáscara es semi gruesa y es resistente al transporte pero susceptible a la antracnosis. Produce frutos que maduran rápidamente de la pulpa cerca del hueso, lo cual demerita su calidad.

Tomy atkins: Los árboles de esta variedad son vigorosos y producen alrededor de 150 a 265 kilogramos por árbol. Su época de producción es a principios de noviembre y mediados de enero. El fruto es moderadamente tolerante a la antracnosis y de excelente calidad predominado el color rojo, y es de forma redonda y tamaño medio, con peso de 300 a 470 gramos, la pulpa es jugosa con poco contenido de fibra; si la fruta no se corta en la etapa optima tiene problemas de maduración y manejo. Además es afectado por un desorden fisiológico que consiste en un almacenamiento interno en la unión del fruto con el pedúnculo.

Manila: Los árboles son vigorosos, productivos, y ligeramente alternantes, su producción es temprana ya que se cosecha entre octubre a diciembre; producen alrededor de 150 a 200 kilogramos por árbol; los frutos son de tamaño medio con peso de 200 a 275 gramos, son de forma elíptica y

de color amarillo, con cascara, pulpa amarilla, firme, dulce y sabrosa, con alto contenido de fibra, esta variedad es ampliamente aceptada en el mercado nacional, destinándose al consumo fresco y a la industria.

Kent: Llamado también “petacón”, el árbol presenta un crecimiento vertical vigoroso y con producción alternante. Su rendimiento promedio es entre 100 y 300 kilogramos por árbol. Son de producción tardía al cosecharse a mediados de noviembre y a principios de enero.

El fruto tiene un peso de 500 a 825 gramos. La base es de color verde amarillento con ligero chapeo rojo, llegando a ser rojizo, siempre y cuando tenga una mayor exposición a la luz del sol.

Es susceptible a la antracnosis y está más dispuesto al ataque de la mosca de la fruta, debido a que la época de cosecha coincide con la temporada de lluvia. La fruta se destina principalmente al mercado nacional y a la industria; sin embargo, el mercado de exportación puede crecer si esta variedad se cultiva en regiones más secas.

Keitt.: El árbol presenta un crecimiento vigoroso pero desordenado, con largas ramas arqueadas. Es poco alternante y de producción tardía, ya que se cosecha entre agosto y setiembre; la producción se destina al mercado nacional y para la industria. El fruto es grande, con peso entre 600 a 800 gramos y una producción media de 130 a 250 kilogramos por árbol. La base del color del fruto es verde y amarillo con chapeo rosa – rojizo; tiene pulpa dulce con escaso contenido de fibra.

Ataulfo: Los árboles de esta variedad son semi-vigorosos, bastantes productivos y poco alternantes. Su época de producción es

temprana, que ocurre de octubre a noviembre, el fruto es de excelente calidad, color amarillo resistente al manejo y con peso promedio de 200 a 370 gramos; el color de la pulpa es amarillo y no tiene fibra.

2.1.2. Composición

El Mango es una fruta popular y en su mayoría es consumido en estado fresco, ya que es considerado como una de las frutas tropicales más deliciosas. Representa una importante fuente nutritiva por su contenido de vitaminas y minerales.

En el Cuadro 1 se muestra el contenido de nutrientes en promedio por 100 g.

Cuadro 1. Valor nutritivo de 100 g de porción comestible de mango.

Componentes	Cantidad (100 g de pulpa)
Agua	81,70%
Calorías	66 cal
Proteínas	0,7g
Grasa	0,4g
Carbohidratos totales	16,8 g
Fibra	0,9 g
Ceniza	0,4 g
Calcio	10mg
Fosforo	13mg
Hierro	0,4g
Sodio	7 mg
Potasio	189mg
Vitamina A	4,800 UI

2.2. Mermelada

Según GONZALES *et al.* (2006), mermelada es el producto de consistencia pastosa o gelatinosa, obtenido por la cocción y concentración apropiada de frutas sanas, limpias y adecuadamente preparadas, adicionadas de edulcorantes, ácido y pectina, con o sin adición de agua, siendo un alimento rico en calorías y nutrientes.

MEYER (1996) afirma sobre mermelada que es un producto elaborado con pulpa de fruta y azúcar, la solidificación se debe a la presencia de pectina y ácidos en la fruta. La pectina tiene el poder de solidificar una masa que contiene 65% de azúcares y hasta 0,8% de ácidos, este contenido de ácidos debe resultar en un pH de 3,0 hasta 3,4 en la elaboración de mermeladas, también se añaden pectina y ácidos para reducir los tiempos de elaboración y para obtener una mejor calidad.

La elaboración de esta clase de productos, consiste en una rápida concentración de la fruta mezclada con azúcar hasta llegar al contenido en azúcares de 65%. Durante la concentración, se evapora el agua contenida en la fruta, los tejidos se ablandan. Por este ablandamiento, la fruta absorbe azúcar y libera pectina y ácidos. A causa de la presencia de los ácidos y de la elevada temperatura, ocurre la parcial inversión de los azúcares.

2.2.1. Principios de conservación de las mermeladas

La elaboración de mermeladas es una forma de conservar pulpas de frutas por acción de azúcares y niveles de acidez. Los azúcares como la glucosa, fructosa, sacarosa, deben su acción conservadora a la propiedad que

poseen, de retener agua, que de esta forma no es disponible para el desarrollo de microorganismos causantes de alteración y descomposición.

Las concentraciones altas de azúcar reducen la actividad acuosa de los alimentos a conservar, en forma análoga a la desecación. Este método de conservación es utilizado principalmente en jaleas, mermeladas, frutas confitadas, manjar blanco y miel de abeja.

En las mermeladas, la acción conservadora del azúcar es completamente por niveles altos de acidez, que determinan valores de pH entre 3,0 y 3,5 en el producto terminado; en este rango de pH, la mayoría de microorganismos no puede desarrollar y son menos resistentes al calor, siendo esta la razón por la que los productos ácidos se esterilizan con tratamientos térmicos leves.

Los conservadores químicos como el ácido benzoico o sus sales, el ácido sórbico o sus sales, se usan para inhibir desarrollo de hongos y levaduras que puedan ser tolerantes a las condiciones de estos productos y aseguran la conservación del producto después que se ha abierto el envase (MEYER 1996).

2.3. Materias prima para la elaboración de la mermelada

- Fruta:

El estado de madurez de las frutas es importante para obtener un producto con las características deseadas. La cosecha de estas debe efectuarse en el momento adecuado. Una recolección en época inadecuada favorece el desarrollo de anomalías que son perjudiciales para el

procesamiento y conservación del producto. Una recolección temprana impide la maduración del producto durante su almacenamiento. La fruta demasiado verde es propensa a alteraciones fisiológicas y a una elevada transpiración. El fruto cosechado tardíamente tiene un tiempo de conservación menor, es sensible a la podredumbre y a los efectos adversos de la manipulación (MEYER, 1996).

Existen los siguientes índices para determinar el momento más adecuado para la cosecha: Coloración externa, tamaño, jugosidad de la pulpa, consistencia de la pulpa, relación entre dulzor – acidez, facilidad para desprender el pedúnculo. La mayor parte de las frutas contienen un promedio de 85% de agua, 3% de sustancias como glucosa, fructosa y sacarosa, y 2% de proteínas. El resto consiste en celulosa, compuestos pépticos, sales y vitaminas. Los compuestos pépticos contribuyen a dar consistencia a las frutas. Cuando se cuecen frutas ácidas con azúcar y se concentra la masa suficientemente, el producto se solidifica al enfriarse. Esta solidificación es causada por la pectina (RAUCH, 1950).

- **Azúcar**

El azúcar es una de las materias primas más estables de las utilizadas en la producción de mermeladas. Su contenido de sólidos solubles es alrededor del 100 %. Se debe tener cuidado especial al pesar el azúcar.

El azúcar puede adicionarse a la fruta o pulpa bien en estado sólido o bien disuelto en agua como jarabe. Es motivo de controversia en qué forma es preferible hacerlo, aunque desde el punto de vista técnico, todas las ventajas

concebibles están de parte de hacer la adición como jarabe. Existe un caso a favor de la adición del azúcar sólido, que se detalla a continuación:

La adición del azúcar sólido causa un ligero quemado de ésta, particularmente en la que queda en contacto con las paredes de las pailas de cocción, dando lugar a caramelo, que es también característico de la mermelada casera. Por otra parte, la adición del jarabe de azúcar tiene muchas ventajas. En la instalación para jarabe se ahorra tiempo y trabajo: la pesada es mucho más exacta, y en la filtración se eliminan impurezas, tales como fibras de los sacos del azúcar, insectos, etc. por último, el color y la estabilidad de la mermelada se mejoran grandemente (RAUCH, 1950).

- Pectina

La solución de pectina comercial es de calidad bastante uniforme y para los fines corrientes de la fábrica, la determinación de la pectina basada en la prueba del pectato cálcico resulta demasiado complicada y no siempre las cifras de pectato cálcico reflejan el poder gelatinizante de la pectina. En estos casos es recomendable realizar ensayos frecuentes de formación de gel.

La pectina es el agente gelificante de las mermeladas; contribuye a dar la consistencia adecuada al producto final, cuando el azúcar, el ácido y el agua se encuentran en las proporciones adecuadas (RAUCH, 1950).

- Agua

Debe evitarse una cocción excesiva y adicionar únicamente la cantidad de agua absolutamente necesaria para obtener el peso final correcto.

Con vistas a obtener una calidad uniforme debe emplearse siempre la misma cantidad de agua.

- Ácido

En las mermeladas, la acción conservadora del azúcar es complementada por niveles altos de acidez, que determinan valores de pH entre 3,0 y 3,5 en el producto terminado; en este rango de pH, la mayoría de microorganismos no pueden desarrollarse.

Es necesario mantener constante el contenido en ácido de la mermelada, aumentándolo en algunos casos y neutralizándolo en otros. La acidez total no debe exceder del 0,8 %, pero puede tomarse el 0,5 % como una norma fija de carácter general y el 0,3 % como la cifra mínima. El ácido cítrico es el más frecuentemente empleado para esta finalidad (RAUCH, 1950).

- Colorantes

Los colorantes deben mezclarse en grandes recipientes. Es esencial mantener sin variaciones la concentración e intensidad de color. Todas las medidas deben estar convenientemente calibradas para evitar cualquier error. Por este motivo el color de una mermelada es un factor de considerable importancia. No se necesita ningún colorante para mermeladas obtenidas de frutos frescos, si el tiempo de cocción es corto y el calor no excesivo. Sin embargo, el color natural del fruto resulta siempre afectado cuando se preserva con SO_2 y en algunos casos, por la cocción prolongada, necesitando entonces la adición de colorante (RAUCH, 1950).

- Conservadores

Los conservadores se usan para inhibir desarrollo de hongos y levaduras y asegurar la conservación del producto después que se ha abierto el envase. La cantidad del conservante no debe exceder el 0,1 % del peso de mermelada, preparando en recipientes limpio y seco disolviendo en una pequeña cantidad de agua tibia.

En la elaboración de mermeladas en el país está permitido el empleo de conservadores orgánicos, existiendo muchos en el mercado, siendo el más común y específico benzoato de sodio y sorbato de potasio (RAUCH, 1950).

2.3. Condiciones de cocción de la mermelada

El regular las condiciones en que se efectúa la cocción es tan importante como el control de las materias primas. Muchas fábricas tienen sus sistemas propios de cocción, basados en la observación y experiencia, pero, no obstante, ciertas reglas básicas deben observarse con carácter general (RAUCH, 1950).

2.4.1. Tiempo de cocción

Un tiempo de cocción corto es de una gran importancia para conservar el color y sabor natural de la mermelada. Es conveniente recordar que una excesiva cocción aumenta en grado extremo la inversión del azúcar. Los factores más importantes que afectan al tiempo de cocción son: la relación

entre el volumen de la paila de cocción y su superficie de calentamiento efectiva; la conductividad del calor de la mezcla al cocer, la temperatura de la superficie de calentamiento y la presión de vapor.

Durante la fase de cocción, parte de la humedad de la mezcla a cocer se evapora. Cuando mayor es la cantidad contenida en las pailas de cocción, en relación con la superficie de calentamiento, más prolongado es el tiempo de cocción. Es también importante que las mermeladas, después de haber terminado la cocción, no se dejen en la paila, porque de lo contrario la inversión se aumenta grandemente.

2.4.2. Temperaturas de calentamiento y de cocción

Debe hacerse distinción entre temperatura de calentamiento y temperatura de cocción. La primera es la temperatura necesaria para empezar a trabajar en las pailas de cocción y la segunda es la temperatura precisa para hervir la mezcla de mermelada hasta que alcance el peso teórico de la receta. La temperatura de calentamiento depende de la presión del vapor. La temperatura de cocción de la mermelada de la densidad de la mezcla y la presión barométrica.

2.4.3. Acidez y valor pH de la mermelada

La capacidad para cuajar y formar gel debe controlarse ajustando el pH de la pulpa o jugo de la fruta. No se forma ningún gel consistente por encima de las proximidades del pH 3,4. El poder gelatinizante aumenta

reduciendo el índice de acidez a pH 3. Por debajo del pH 3 se observa una tendencia a que se produzca el fenómeno conocido como "sangrado" (sinéresis).

2.5. Enfriamiento y envasado de la mermelada

Según RAUCH (1950), la culminación de la mermelada comprende las siguientes operaciones principales:

2.5.1. Pre enfriamiento anterior al llenado

Después de su descarga de las pailas de cocción la mermelada tiene una temperatura superior a los 100°C, y como la inversión de azúcar está influida grandemente por la temperatura, es evidente que un sistema de enfriamiento eficiente es necesario para controlar y comprobar la buena marcha de la fabricación. Otro factor a considerar es el peligro de que se produzca un cambio de color a causa de la caramelización.

También se presentan dificultades en el envasado, debido a que algunas variedades de fruta tienen tendencia a mantenerse a flote, siendo los más susceptibles las fresas, cerezas, grosellas negras y las frutas de hueso indicadas para mermeladas.

2.5.2. Envasado de mermeladas

La manipulación de la mermelada se ha revolucionado con la introducción de la máquina automática de envasar. La mermelada se bombea

desde el tanque de recepción a la máquina, que debe estar situado lo más próximo posible a aquélla y se descarga en los envases a través de las boquillas inyectoras. Es posible extender la operación continua de envasado a las operaciones de cierre y sellado y subsiguientemente, a la limpieza de los envases.

2.5.3. Enfriamiento después del envasado

Después de llenos los tarros con la mermelada no deben enfriarse con demasiada rapidez. En lo que concierne a la mermelada enlatada, la forma de efectuarlo es bastante simple, ya que consiste en pasar los botes a través de un baño de agua; los tarros de vidrio y los envases de gran capacidad tienen que enfriarse por aire. Consiste en pasarlos lentamente a través de un túnel provisto de chorros de aire o en guardarlos en una habitación fría con corrientes de aire.

2.6. Defectos en la elaboración de mermeladas

Aparte de la apreciación del sabor y el color, que son, en cierto modo, de naturaleza subjetiva, los números obtenidos podrán, en muchos casos, dar valores que servirán de guía para averiguar las faltas en la elaboración. (RAUCH, 1950).

2.6.1. Mermelada poco firme

Las causas pueden ser por:

- La cocción prolongada causa la hidrólisis de la pectina, dando lugar a un producto de consistencia como de jarabe.

- una acidez demasiado alta tiene un efecto similar, rompe el sistema reticular de la jalea, causando sinéresis.

- Una acidez demasiado baja perjudica a la capacidad de gelatinización de la pectina y frecuentemente impide la formación de gel.

- La fruta contiene "tampones" en forma de sales minerales naturales. Estas sales retrasan y si se encuentran en proporciones elevadas, impiden por completo la gelatinización.

- La carencia general de pectina en la fruta o pulpa de fruta.

- Demasiado azúcar en relación a la pectina. Fórmula mal equilibrada.

- Un excesivo enfriamiento antes del envasado original el fenómeno referido frecuentemente como "rotura de gel".

2.6.2. Sinéresis (Llorar o sangrar)

Las causas pueden ser por:

- Acidez demasiado elevada.

- Deficiencia en pectina.

- Exceso de agua (demasiado baja en sólidos).

- Exceso de azúcar invertido.

2.6.3. Cambio de color

Las causas pueden ser por:

- Cocción prolongada: Causa la caramelización del azúcar o afecta a la clorofila que se vuelve parda.

- Insuficiente enfriamiento después del envasado: frecuentemente cuando se llenan envases grandes en una sola operación.

- Pulpa descolorida: cuando se utiliza pulpa de fresas mal limpiadas. El anhídrido sulfuroso enmascara el verdadero color de la pulpa, y la pérdida de color se pone de manifiesto después de la cocción.

- Empleo de tampones en exceso.

- Contaminación con metales: Los fosfatos de magnesio y potasio, los oxalatos u otras sales insolubles de estos metales producen enturbiamiento. El estaño, hierro y sus sales pueden originar un aspecto lechoso u oscurecimiento.

- Causas biológicas: Los daños mecánicos o una madurez excesiva causan el pardeamiento de un gran número de variedades de fruta.

2.6.4. Cristalización

- Una acidez demasiado elevada provoca una excesiva inversión de azúcar, dando lugar a la granulación de la dextrosa.

- Una acidez demasiado baja provoca la cristalización de la sacarosa.

- Una prolongada cocción es causa de una inversión excesiva.

2.6.5. Propiedades reológicas de jugos o pulpas para la elaboración de mermeladas

De acuerdo con IBARZ *et al.* (2006), la mayoría de los productos líquidos o semilíquidos obtenidos a través del procesamiento de frutas son comercializadas como purés o jugos, pudiéndose encontrar estos últimos como concentrados, clarificados, despectinizados o no despectinizados.

La determinación de las pruebas reológicas de los jugos de fruta es de gran importancia para generar los cálculos adecuados para su calentamiento, enfriamiento y transporte por bombeo dentro de las plantas procesadoras de alimentos. Asimismo dichas propiedades son de gran relevancia para el control de calidad del jugo y además, existe una correlación que las relaciona con la aceptabilidad por parte del consumidor.

2.7. Reología y viscosidad

2.7.1. Definición de Reología

La Reología es una disciplina científica que se dedica al estudio de la deformación y flujo de la materia. Su objetivo está restringido a la observación del comportamiento de materiales sometidos a deformaciones muy sencillas, desarrollando posteriormente un modelo matemático que permita obtener las propiedades reológicas del material. Ejemplos cotidianos de interés para la reología se encuentran la mayonesa, yogurt, pinturas, asfalto, sangre y muchos más (CHHABRA, 2007).

La clasificación de fluidos (Figura 1) está dada por las diferentes características reológicas que pueden ser descritas a través del uso de un viscosímetro (Mc CLEMENTS, 1999).

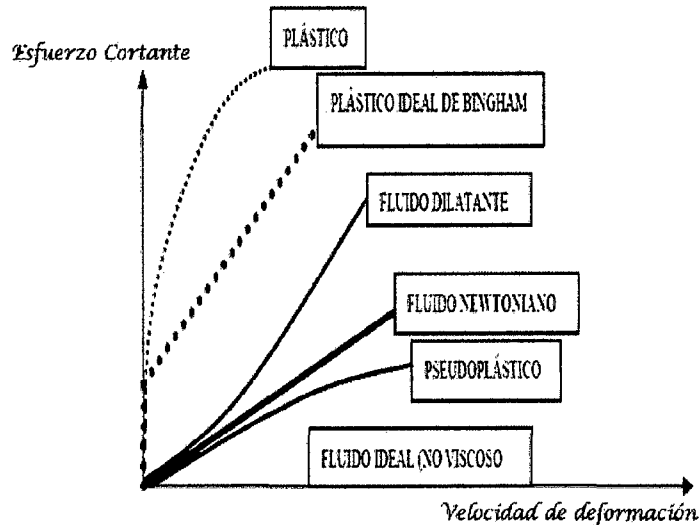


Figura 1. Clasificación de los fluidos

Un fluido es capaz de fluir debido a las fuerzas de cohesión en sus moléculas y suele deformarse continuamente cuando se somete a un esfuerzo cortante. La viscosidad μ es una propiedad de transporte, ya que cuantifica la conductividad de cantidad de movimiento a través de un medio conductivo o fluido. Se interpreta como la resistencia que ofrecen los fluidos a ser deformados cuando son sometidos a un esfuerzo (BARNES, 2000).

Según GAHONA (2004), la Reología es la ciencia de la deformación y el flujo de la materia. Es el estudio de la forma como los materiales responden a un esfuerzo o deformación, además todos los materiales tienen propiedades reológicas.

La Reología de acuerdo con BOLMSTEDT (2000), es la ciencia de la deformación y el flujo de la materia, en la ciencia de alimentos, la Reología es una herramienta útil para la determinación de la consistencia de diversos productos; ya que esta propiedad se encuentra definida por la viscosidad y la elasticidad.

2.7.2. Características de los fluidos

Según HERMIDA (2000), los cuerpos deformables presentan dos comportamientos extremos que son el elástico y el viscoso, entre los cuales puede existir una gama muy amplia, vulgarmente conocida como comportamiento plástico, con entidad propia o como combinación de los comportamientos elástico y viscoso.

Según ALVARADO (2001), las propiedades reológicas de los alimentos fluidos se cuantifican mediante parámetros que son necesarios para solucionar problemas que se presentan en varios aspectos que tienen relación con la obtención de un producto alimenticio como son: control de calidad, evaluación de la aceptación del consumidor, evaluación de la textura, diseños de procesos y control, determinación de la estructura del alimento incluyendo cambios fisicoquímicos que ocurren durante el proceso de elaboración y almacenamiento.

Los alimentos debido a su gran variedad en estructura y composición presentan características reológicas, que van desde una simple conducta newtoniana a una no newtoniana que puede ser dependiente o independiente del tiempo, como también visco elástico. Incluso un mismo

alimento puede exhibir conducta newtoniana y en otros casos no newtoniana, dependiendo de su origen, concentración y de otras propiedades que tienen relación con interacciones moleculares (ALVARADO (2001)).

RAO (1986) afirma que existen diferentes tipos de comportamientos reológicos para los fluidos alimenticios, los cuales se pueden clasificar en dos grandes grupos. Asimismo dichas propiedades son de gran relevancia para el control de calidad del jugo y además, existe una correlación que las relaciona con la aceptabilidad por parte del consumidor.

Fluido newtoniano: es aquel fluido que presenta una viscosidad constante dependiente de la temperatura pero independiente de la velocidad de deformación que le sea aplicada.

Fluido no newtoniano: este tipo de fluido no tienen una sola viscosidad a una temperatura dada, se dice que son dependientes tanto la temperatura como la velocidad de deformación y pueden ser también dependientes del tiempo. Con base en esta última condición los fluidos no newtonianos pueden clasificarse en:

Pseudoplástico: para este tipo de fluido la viscosidad decrece conforme se incrementa la velocidad de deformación, la razón por la cual se da este comportamiento, explica BOLMSTEDT (2000), es que al haber mayor velocidad de deformación las partículas de este tipo de fluido se reacomodan de tal modo que existe una menor resistencia al flujo y por lo tanto una menor viscosidad.

Dilatante: la viscosidad de estos fluidos incrementa al mismo tiempo que la velocidad de deformación incrementa, este tipo de comportamiento es común en suspensiones de muy alta concentración.

Plásticos y plásticos de Bingham: estos fluidos requieren la aplicación de una fuerza antes de que el material comience a fluir. A dicha fuerza se le conoce como esfuerzo de cedencia (BOLMSTEDT, 2000).

En el Cuadro 2, se presenta los principales modelos matemáticos para fluidos.

Cuadro 2. Principales modelos matemáticos para fluidos.

Tipo De Fluido	Ecuación
Fluido ideal de Bingham	$\tau = \tau_o + \mu \cdot \gamma$
Ley de Newton	$\tau = \mu \cdot \gamma$
Ley de Ostwald	$\tau = K (\gamma)^n$

Fuente: REGALADO y NORIEGA (2008).

Esfuerzo cortante (τ), velocidad de deformación (γ), índice de consistencia (k) e índice de comportamiento del fluido (μ).

2.7.3. Medición con viscosímetro rotacional Brookfield

Según CARMONA (2008), el viscosímetro Brookfield es un viscosímetro rotacional: produce la rotación de un elemento sensor en un fluido y mide el torque necesario para vencer la resistencia viscosa al movimiento inducido. El elemento inmerso (huso) es accionado por un motor sincronizado a través de un resorte de cobre – berilio. El grado al cual es girado el resorte,

indicado por el dial o por la pantalla digital, es proporcional a la viscosidad del fluido. Se puede medir una variedad de rangos de viscosidad utilizando una velocidad de transmisión múltiple (4 u 8) y husos intercambiables.

Con este viscosímetro se pueden hacer medidas de viscosidad empleando el mismo huso a diferentes velocidades para detectar y evaluar las características reológicas del material examinado. La resistencia al flujo se incrementa conforme se incrementa el tamaño del huso y/o la velocidad rotacional.

Asimismo se recomienda tener las siguientes consideraciones:

- Registro de datos.
- El huso.
- Selección de la velocidad del huso.
- Tamaño del contenedor de la muestra.
- Condiciones de la muestra.
- Inmersión del huso.
- Sensibilidad y exactitud.
- Obtención de las lecturas de viscosidad.

2.7.4. Efecto de la temperatura: factor que afecta la viscosidad

Según CARMONA (2008), la viscosidad de un alimento líquido disminuye con la temperatura. Existen varias fórmulas que permiten evaluar la variación de la viscosidad de un líquido la cambiar la temperatura. Las más importantes son:

La ecuación de Arrhenius

$$u = Ae^{\frac{B}{T}}$$

Siendo:

u : Viscosidad dinámica ($mPa \cdot s$).

A y B : Constantes dependientes del líquido.

T : Temperatura absoluta en $^{\circ}C$.

Como se ve en la ecuación, la viscosidad disminuye con la temperatura. Esto es debido al hecho de que, conforme aumenta la temperatura, las fuerzas viscosas son superadas por la energía cinética, dando lugar a una disminución de la viscosidad. Por este hecho se deben extremar las precauciones a la hora de medir la viscosidad, teniendo en cuenta que la temperatura debe permanecer prácticamente constante.

La ecuación de Poiseville (1840) que se expresa de la siguiente manera:

$$u = \frac{u_0}{1 + \alpha T + \beta T^2}$$

Dónde:

u_0 : La viscosidad dinámica a $0^{\circ}C$.

T : Temperatura absoluta en $^{\circ}C$.

β y α : Coeficientes constantes.

IBARZ y BARBOSA (2005) reportan que los alimentos fluidos durante todo el proceso de elaboración, almacenamiento, transporte, venta y consumo, están sujetos a variaciones continuas en su temperatura. Es por ello,

que resulta importante conocer las propiedades reológicas de los productos en función de la temperatura.

En el caso de los fluidos newtonianos, la expresión que correlaciona la viscosidad con la temperatura es una ecuación tipo Arrhenius. Sin embargo, para fluidos no newtonianos suele relacionarse la viscosidad aparente a una velocidad de deformación fijada, en lugar de viscosidad (RAO *et al.*, 1984).

$$\eta\alpha = \eta^\infty \exp\left(\frac{Ea}{RT}\right)$$

En la que Ea es la energía de activación al flujo; η^∞ es una constante denominada viscosidad de deformación infinita; R la constante de los gases y T la temperatura en grados Kelvin.

Para fluidos no newtonianos, también suele utilizarse el índice de consistencia en lugar de la viscosidad aparente (RAO, 1984 a). Esta ecuación es la más utilizada en la bibliografía para todo tipo de fluidos alimentarios; aunque existen otras, como la utilizada por SÁENZ (1986):

$$Y = Y^\circ \exp(-BT)$$

En la que Y es la viscosidad o bien el esfuerzo umbral, mientras que T es la temperatura expresada en grados Celsius, y B es una constante.

En el caso de zumos de kiwi IBARZ *et al.* (2006) han aplicado una ecuación lineal para describir la variación del umbral de fluencia con la temperatura.

La temperatura puede afectar a los diferentes parámetros reológicos, como son viscosidad, índice de consistencia, índice de

comportamiento al flujo y umbral de fluencia. Generalmente, el efecto que se observa es el siguiente:

- La viscosidad e índice de consistencia disminuyen cuando aumenta la temperatura.

- El índice de comportamiento al flujo no suele verse afectado por la variación de temperatura (SAÉNZ y COSTELL, 1986); sin embargo en algún caso se ha observado que un aumento de temperatura puede hacer aumentar el índice de comportamiento al flujo (IBARZ 1987), pasándose de comportamiento pseudoplástico a newtoniano.

- El umbral de fluencia también puede variar con la temperatura, de tal modo que al aumentar la temperatura disminuye su valor. Así, para zumos de limón esta variación del valor del umbral de fluencia puede provocar un cambio en el comportamiento de los zumos, pasando de ser pseudoplástico a newtonianos (SAÉNZ Y COSTELL, 1986).

2.7.5. Características Organolépticas

Según CARMONA (2008), para el consumidor, los atributos más importantes de los alimentos los constituyen sus características organolépticas, estas características son: Textura, Bouquet, Aroma, Forma, Color.

Son estos los que determinan las preferencias personales por determinados productos, pequeñas diferencias, entre las características organolépticas de productos semejantes, de marcas distintas son determinantes de su grado de aceptación.

- **Textura:** En muchos alimentos la textura es un factor de calidad importante. La sensación de dureza, suavidad, crocantes, tiesura, sequedad, blandura, untuosidad, pegajosidad, apelmazamiento, espesura, viscosidad, etc. que se percibe al tocar, presionar, masticar, beber, etc. algunos alimentos es un criterio de discriminación para aceptar o rechazar un producto, en función a lo que cada persona define o percibe como calidad de un producto.

Los cambios de textura que se producen en un alimento, después de ser procesados o almacenados se deben a cambios debido a la pérdida de agua o de grasa, formación o rotura de emulsiones, hidrólisis de carbohidratos, coagulación o hidrólisis de las proteínas. Todas estas características de textura son comprendidas dentro del campo de la Reología.

- **Sabor bouquet y aroma:** Los atributos de sabor de un producto alimenticio, están relacionados con sus niveles de dulzor, amargor y acidez estos tres sabores básicos (que al combinarse producen otros), tienen que ver con la composición físico química del alimento. Los alimentos frescos contienen una serie de mezclas de componentes volátiles, que suelen perderse en el proceso de elaboración y que esto hace que cambie su bouquet y sabor característico.

Muchas veces en el proceso productivo o elaboración se produce calor, radiaciones ionizantes, oxidación o actividad enzimática, actuando sobre las proteínas, grasas, carbohidratos u otros componentes, produciendo de esta manera compuestos aromáticos volátiles diversos, que en algunas ocasiones

favorecen al producto y en otras no. El aroma de un alimento está determinado por una compleja combinación de centenares de compuestos.

- **Color:** Los pigmentos naturales de un alimento se destruyen en el proceso de elaboración debido a: tratamiento térmico, transformaciones químicas, cambios de pH y oxidación durante almacenamiento. Al perder sus pigmentos naturales el alimento elaborado pierde su color natural característico, obligando a algunos empresarios de alimentos a utilizar pigmentos sintéticos, los cuales son más estables a la luz, al calor y a cambios de pH, pero en la actualidad estos colorantes no son de mucha recomendación por sus propiedades cancerígenas.

2.8. Pruebas aceleradas

Las pruebas aceleradas consisten en experimentos de almacenamiento a condiciones extremas, con el fin de predecir, con un cierto margen de incertidumbre, la estabilidad o pérdida de calidad del alimento. Según LABUZA Y SCHMIDL (1985) estas predicciones se darán en un periodo de tiempo mucho más corto que con los métodos tradicionales.

La predicción del tiempo en que se mantiene estable la calidad de un alimento depende de ciertos factores físicos los cuales varían en función del tiempo en la distribución. La temperatura ha sido el factor más estudiado.

Los alimentos están generalmente sujetos a condiciones de deterioro extremas para acelerar la reacción y reducir el tiempo requerido para el estudio. Lo más usado es almacenar el producto a altas temperaturas.

2.9. Orden de reacción

LABUZA (2000) menciona que es sumamente complejo reconocer un sistema alimentario con respecto a las pérdidas de calidad, lo cual es representado por la pérdida de un factor de calidad A (ejemplo: el sabor) o el aumento de un factor indeseable (ejemplo: valor de peróxido).

Las velocidades de pérdida son representadas por la ecuación:

$$\pm \frac{dA}{dB} = K \cdot A^n$$

Obteniéndose las siguientes ecuaciones para diferentes órdenes de reacción (n):

$$n = 0 : \quad A_0 - A = K \cdot t$$

$$n = 1 : \quad \ln \left(\frac{A_0}{A} \right) = K \cdot t$$

$$n > 1 : \quad \frac{1}{A^{n-1}} - \frac{1}{A_0^{n-1}} = (n - 1) K \cdot t$$

Por regresión de los datos experimentales se puede obtener la constante de velocidad de reacción (k), a una determinada temperatura.

2.10. Efecto de la temperatura en la velocidad de deterioro

LABUZA (2000) menciona la importancia de la temperatura en las velocidades de reacción y que esto es reconocido por mucho tiempo. Generalmente la velocidad de reacción se incrementa conforme la temperatura aumenta. El más prevaeciente y ampliamente usado en la relación de Arrhenius. La ecuación de Arrhenius, desarrollada teóricamente para las reacciones químicas moleculares reversibles, ha demostrado

experimentalmente sostener empíricamente varios y complejos fenómenos físico-químicos ejemplo: viscosidad, difusión, porción. También se ha mostrado la reacción de pérdida de calidad de alimentos descritas por modelos cinéticos mencionados para seguir un comportamiento de Arrhenius con la temperatura.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

El presente trabajo de investigación se realizó en los siguientes laboratorios de la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias: Ingeniería de Alimentos y Análisis Sensorial de los Alimentos; Área de Procesamiento Mínimo de la Planta Piloto de Frutas y Hortalizas, los cuales están ubicados en el interior del campus de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (Av. Universitaria s/n), en el Km 1,5 de la carretera central Tingo María – Huánuco, en el distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco, a 660 msnm con una humedad relativa promedio de 80% y una temperatura promedio de 25°C.

3.2. Materia prima e insumos

3.2.1. Materia prima

Como materia prima se utilizó mango (*Mangifera Indica L.*), de la variedad Kent adquirido de los centros de acopio de la ciudad de Tingo María.

3.2.2. Insumos

- Azúcar blanca, pectina, ácido cítrico

3.3. Materiales y equipos de laboratorio y/o proceso

3.3.1. Materiales de vidrio

- Vasos precipitados de 50, 100 y 600 ml marca Kimax, USA
- Probetas de 200 y 1000 ml marca Brand, Germany.
- Envases tapa rosca de 1000 g.
- Licuadora.
- Termómetro (0 - 100°C).

3.3.2. Materiales de Plástico

- Baldes 10 a 20 L
- Jarras de 1 L
- Tablas de picar

3.3.3. Materiales de aluminio y acero inoxidable.

- Ollas de 5 a 8 L
- Ollas de acero quirúrgico, marca Renaware
- Tazones de 5 y 10 L
- Cuchillos, cucharas

3.3.4. Equipos de laboratorio y/o proceso

- Viscosímetro Brookfield DV-III Ultra
- Refractómetro Model I CARLZEISS JENA DDR 810364
- Estufa TOMOS ODHG – 9076^a Heating Drying Oven.
- Balanza analítica, marca OHAUS, modelo AP210S, 0 - 210 g

(USA).

- pH metro, marca Orión Research, modelo 301-USA.

3.4. Metodología experimental.

3.4.1. Determinación de parámetros para la elaboración de mermelada de mango.

Para determinar los parámetros adecuados para la elaboración de mermelada de mango dos tratamientos con la relación: $M_1 = 50/50$ y $M_2 = 40/60$ de azúcar/pulpa y tres porcentajes de pectina: $P_1 = 0,25$; $P_2 = 0,5$; y $P_3 = 1$, luego estas muestras fueron sometidos a evaluación organoléptica y a evaluación reológica.

3.4.2. Descripción del flujo de operaciones para la mermelada.

La mermelada de mango se elaboró siguiendo las operaciones indicadas en la Figura 2, las que se describen a continuación:

Recepción y pesado: Se realizó el control visual de la materia prima y el control de pesos, necesarios para el balance de materia.

Lavado: Con agua corriente, para disminuir la carga microbiana, restos de tierra u otras impurezas.

Pelado: Con la ayuda de un cuchillo de acero inoxidable.

Cortado y picado: utilizando un cuchillo de acero inoxidable.

Pulpeado: Se realizó en una licuadora doméstica.

Mezclado: En esta operación se realizó la mezcla azúcar/pulpa de acuerdo con los porcentajes establecidos en el diseño experimental.

Concentrado: A temperatura de ebullición para eliminar agua mediante evaporación y adición de pectina hasta conseguir la concentración de 65 °Brix.

Envasado/ Enfriado: En envases de vidrio de 1 kg y el enfriado a temperatura ambiente.

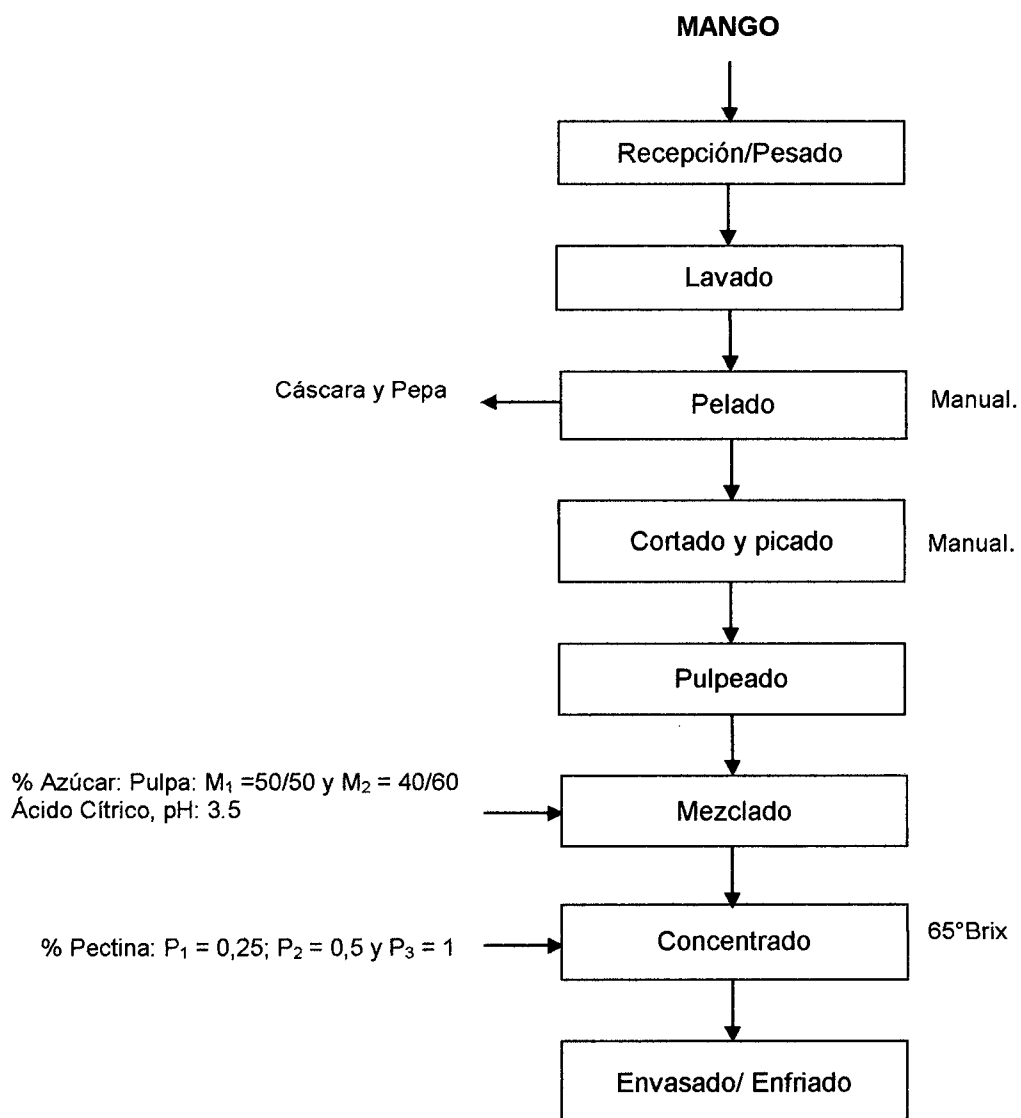


Figura 2. Diagrama de flujo para la mermelada de mango.

3.4.3. Evaluación organoléptica

Las muestras de mermelada de mango con 50/50 y 40/60 de azúcar/pulpa y porcentajes de pectina de 0,25; 0,5; y 1 se sometieron a evaluación organoléptica con la ayuda de 15 panelistas semi-entrenados, utilizando una escala hedónica de 7 puntos (Anexo A-2) y el resultado fue analizado estadísticamente por la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis como indica UREÑA (1999), con el Software STATGRAPHICS Centurión XVI.

3.4.4. Evaluación reológica

Se realizó utilizando el Viscosímetro Brookfield DV-III Ultra. Con las lecturas de viscosidad obtenidos se realizó cálculos para determinar el esfuerzo de corte (τ) y la velocidad de deformación ($\dot{\gamma}$) para cada tratamiento. Luego con estos valores se determinó el índice de flujo (n), índice de consistencia (m), utilizando el modelo matemático de la ley de potencia ($\sigma = m\dot{\gamma}^n$).

3.4.5. Evaluación en el almacenamiento

Para evaluar la pérdida de calidad en el almacenamiento, manifestado en la variación de la viscosidad de la mermelada; el mejor tratamiento se sometió a pruebas aceleradas almacenándose a 30, 40 y 50 °C, evaluándose reológicamente cada 5 días (Anexo A-3). El orden de reacción y la constante de velocidad de reacción "k" obtenidos de los resultados de las lecturas fueron relacionados con las diferentes temperaturas por la ecuación de Arrhenius para obtener la energía de activación (E_a).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. De los parámetros para la elaboración de mermelada de mango

Los resultados de la evaluación sensorial de la textura de la mermelada de mango con la relación 50/50 y 40/60 de azúcar/pulpa; y porcentajes de pectina: 0,25; 0,5; y 1 se presentan en el Anexo A-4.

El resultado del análisis estadístico de la evaluación sensorial de los diferentes tratamientos, se muestra en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Análisis estadístico por la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para la evaluación organoléptica de los tratamientos.

T	% azúcar	% pulpa	% pectina	cantidad	rango
T ₁	50	50	0,25	15	46,5000
T ₂	50	50	0,5	15	39,4667
T ₃	50	50	1	15	40,6667
T ₄	40	60	0,25	15	45,3333
T ₅	40	60	0,5	15	50,2333
T ₆	40	60	1	15	50,8000

Estadístico = 2,65712 Valor-P = 0,752669

Del Cuadro 3 se puede deducir que el $P_{valor} = 0,752669$ indica que no existe diferencia significativa en la apreciación de los panelistas en el atributo textura, lo cual es corroborado con el ANVA que también reporta una diferencia no significativa tal como se muestra en el Anexo A-5, y al no existir diferencia entre los tratamientos se tomó como el mejor la mermelada obtenida con la relación 40/60 de azúcar/pulpa y 1 % pectina, ya que es el que obtuvo mayor promedio (Anexo A-3) en el nivel de agrado o aceptabilidad..

El reograma correspondiente al tratamiento (T_6) se muestra en la Figura 3.

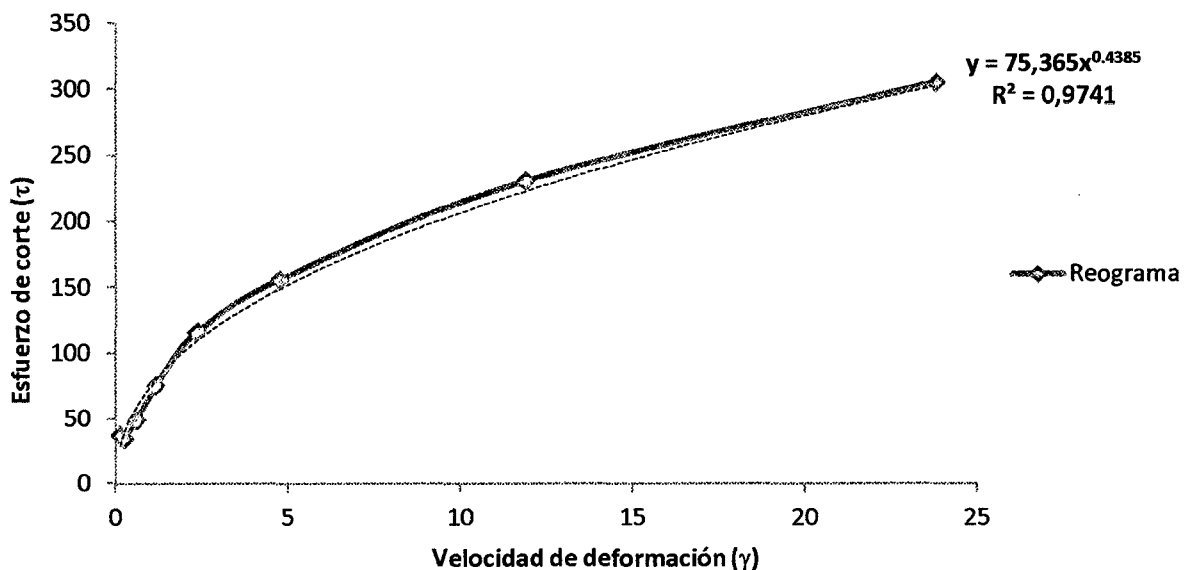


Figura 3. Reograma de la mermelada de mango con 40/60 de azúcar/pulpa y 1 % pectina.

4.2. De la evaluación reológica de los tratamientos

Los resultados de las lecturas de viscosidad obtenidos a diferentes velocidades de rotación se muestran en los Anexos A-8 al A-13 y los datos de

viscosidad promedio, esfuerzo de corte (τ) y velocidad de deformación ($\dot{\gamma}$) para cada tratamiento se muestran en los Anexos A-14 al A-19.

Los valores determinados del índice de flujo (n), índice de consistencia (m), se muestran en los reogramas de los Anexos A-20 al A-25 y se resumen en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Parámetros reológicos de los tratamientos

T	% Azúcar/Pulpa	% Pectina	(n) Índice de flujo	(m) Índice de consistencia
T ₁	50/50	0,25	0,2524	47,731
T ₂	50/50	0,5	0,3120	59,302
T ₃	50/50	1	0,3077	68,592
T ₄	40/60	0,25	0,3792	66,319
T ₅	40/60	0,5	0,3099	65,752
T ₆	40/60	1	0,4385	75,365

El índice de consistencia (m) varía de 47,731 $Pa - s^n$ a 75,365 $Pa - s^n$ para los diferentes tratamientos en función al porcentaje de pectina; esta variación se debería a que la cantidad de pectina adicionada tiene influencia en la viscosidad (TINEO 2002) y el índice reológico (n) se encuentra entre los valores de 0,2524 a 0,4385.

SAÉNZ y COSTELL (1986) encontraron que la viscosidad depende de la concentración de la pectina y se relaciona con la siguiente ecuación.

$$\eta r = 1 + 14,5 \phi + 80,4 \left(\frac{\phi}{1 - \phi} \right)$$

La comparación de medias del índice de consistencia (m) con la prueba de comparación de Tuckey considerando los diferentes porcentajes de azúcar/pulpa y pectina en la mermelada de mango, se muestra en el Cuadro 6.

Cuadro 5. Comparación de medias del índice de consistencia para diferentes niveles de azúcar/pulpa y pectina, a nivel de 95%.

	Porcentaje	Cantidad	m
Azúcar/Pulpa	50/50	9	58,5081 ^a
	40/60	9	69,0293 ^b
Pectina	0,25	6	56,9957 ^a
	0,5	6	62,3977 ^b
	1	6	71,9128 ^c

De la comparación de medias mediante la prueba de Tukey del Cuadro 5, se deduce que los porcentajes de azúcar/pulpa y pectina influyen en la viscosidad.

4.3. Relación entre el índice de consistencia y la evaluación organoléptica

La relación entre los valores del índice de consistencia (m) y la evaluación organoléptica se muestran en el Cuadro 6 y la Figura 5.

Cuadro 6. Relación entre índice de consistencia con la evaluación organoléptica.

T	% Pulpa/Azúcar	% Pectina	(m) Índice de consistencia	Evaluación Organoléptica
T ₁	50/50	0,25	47,731	2,400
T ₂	50/50	0,5	59,302	1,933
T ₃	50/50	1	68,592	2,067
T ₄	60/40	0,25	65.752	2,267
T ₆	60/40	0,5	66.319	2,400
T ₆	60/40	1	75,365	2,600

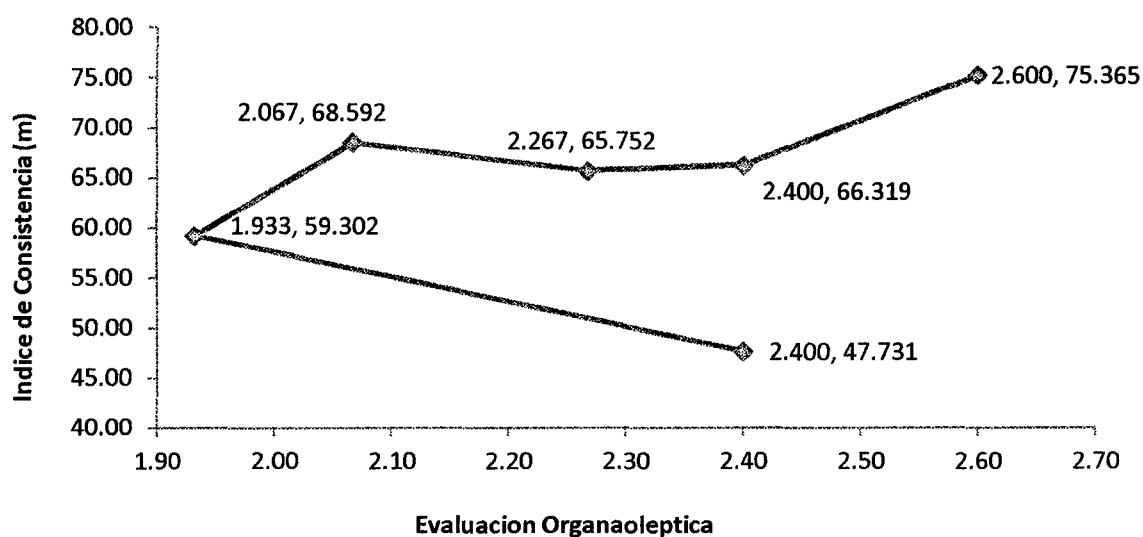


Figura 4. Relación entre índice de consistencia (*m*) con la evaluación organoléptica para los diferentes tratamientos.

Del Cuadro 7 y Figura 4, se puede observar que la viscosidad aumenta a medida que aumenta el porcentaje de pectina, lo que comprueba que la viscosidad depende de la concentración de la pectina (SAENZ Y COSTELL 1986). Pero la aceptación organoléptica no aumenta ni disminuye en

función al porcentaje de pectina, esto se debe a que los panelistas no percibieron diferencia en la textura de la mermelada de mango.

4.4. Comportamiento reológico durante el almacenamiento

Los datos de las lecturas de viscosidad a diferente RPM de los tratamientos se muestran en los Anexos A-26 al A-47. Los promedios de viscosidad, esfuerzo de corte y velocidad de deformación en el almacenamiento y los cálculos de los resultados del ajuste al modelo de ley de potencia que se muestran en los Anexos A-47 al A-69, se determinaron el índice de consistencia (m) y el índice reológico (n) tal como se observa en las Figuras 5, 6 y 7.

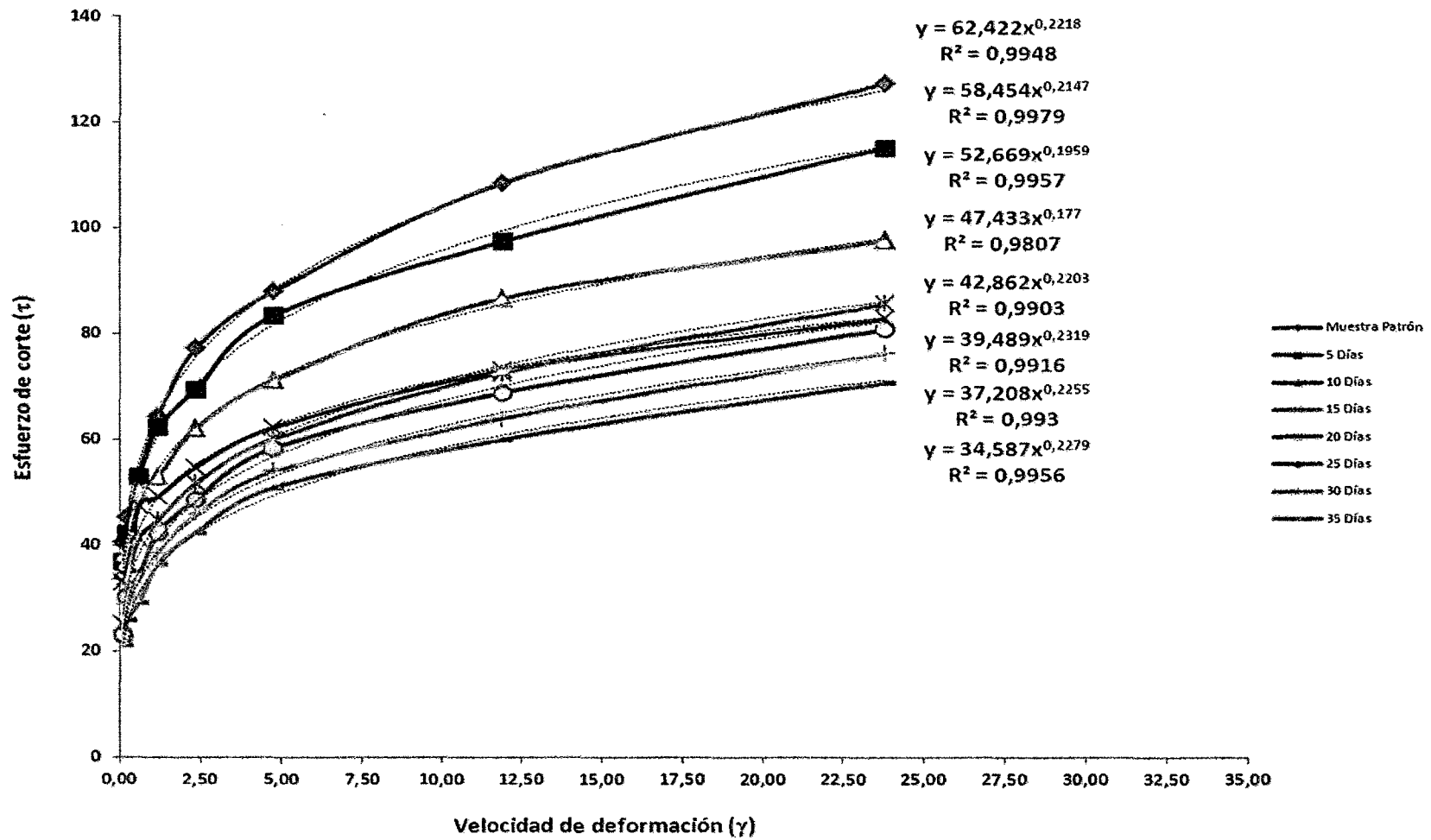


Figura 5. Reograma de la mermelada de mango durante el almacenamiento a 30 °C.

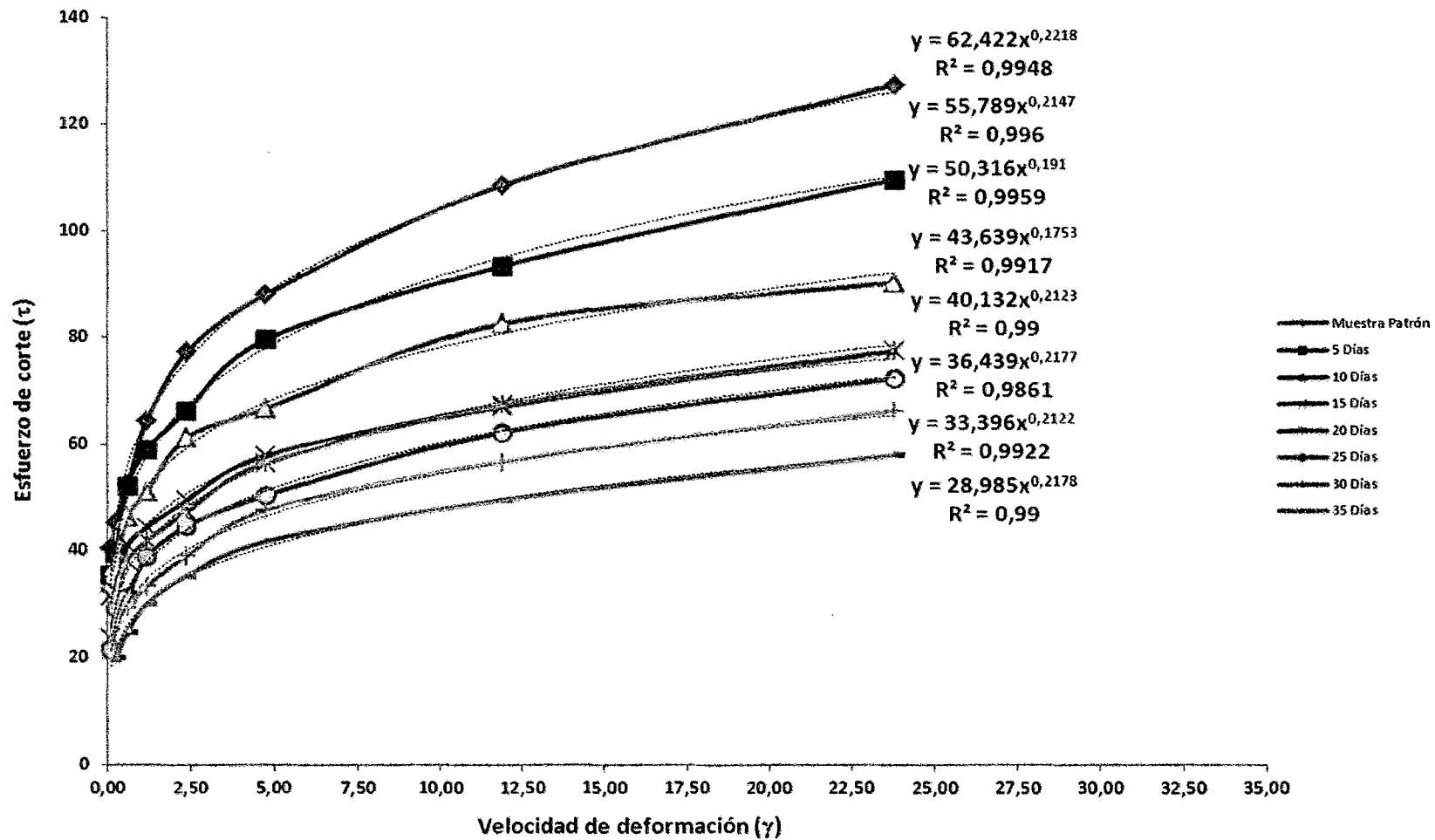


Figura 6. Reograma de la mermelada de mango durante el almacenamiento a 40 °C.

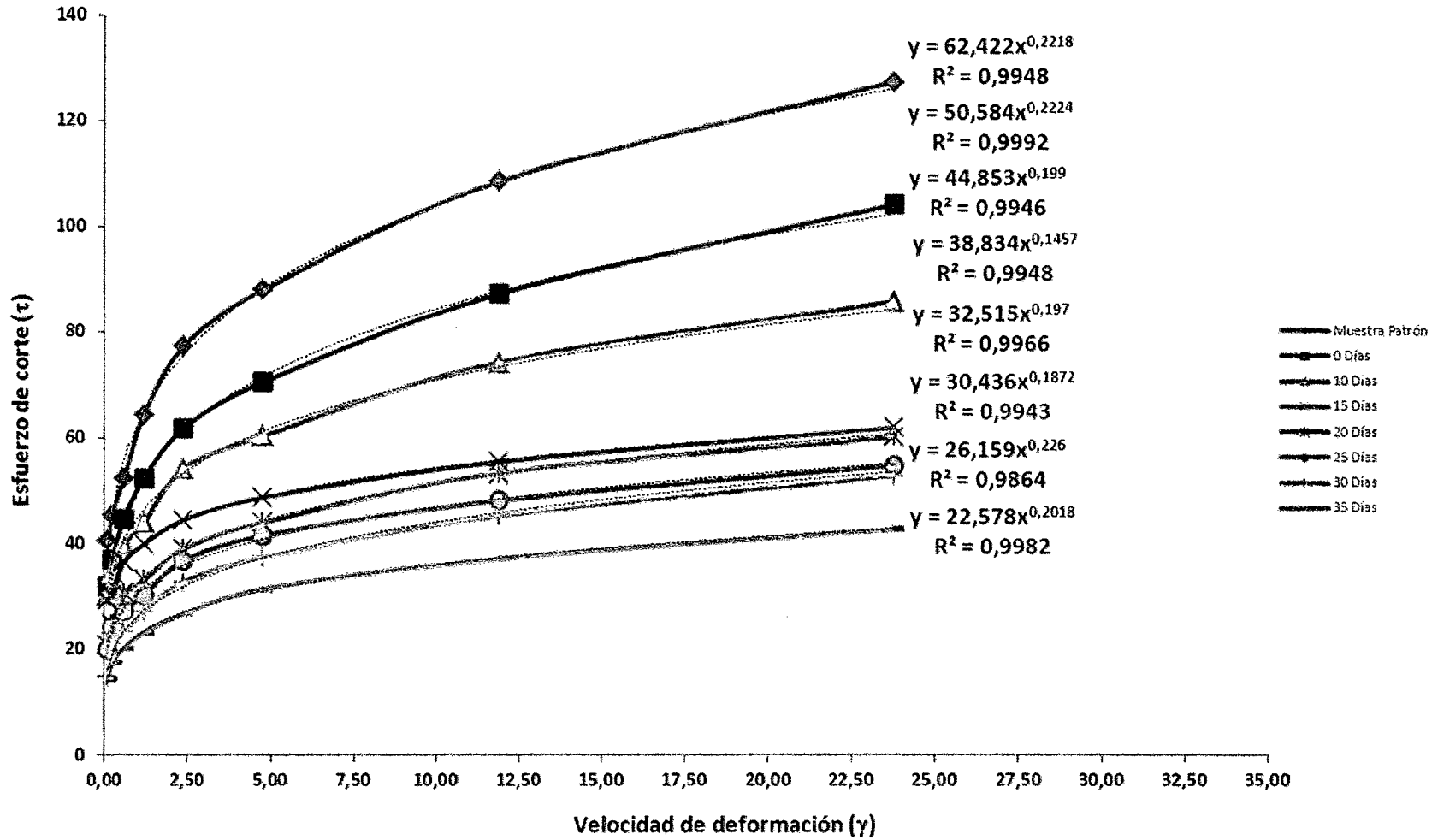


Figura 7. Reogramas de la mermelada de mango durante el almacenamiento a 50 °C.

Como se observa las Figuras 6, 7 y 8 las curvas presentan un esfuerzo de corte inicial o umbral de fluencia que corresponde a un fluido Herschel Bulkley y como los valores de n son menores a la unidad indican que la mermelada de mango posee un comportamiento pseudoplástico.

Rao, citado por ALVARADO y AGUILERA (2001), mencionan que la mayoría de fluidos alimentarios son no-newtonianos presentando un comportamiento pseudoplástico, como por ejemplo, los jugos concentrados, purés, pulpa de frutas y vegetales entre otros, lo que también fue indicado por IBARZ (2005) para puré de frutas y vegetales. De igual modo, puede observarse que estos datos se ajustan a la ley de la potencia ($R^2 > 0,9$), confirmando que el modelo de la ley de la potencia es adecuado para describir el flujo de pulpa de frutas en fluidos pseudoplásticos (ALVARADO, 2001).

De las Figuras 5, 6 y 7 se obtiene la variación de los parámetros reológicos durante el almacenamiento y se muestra en la Cuadro 7.

Cuadro 7. Variación de los parámetros reológicos durante el almacenamiento

TIEMPO (Días)	30°C		40°C		50°C	
	(m)	(n)	(m)	(n)	(m)	(n)
0	62,422	0,2218	62,422	0,2218	62,422	0,2218
5	58,454	0,2147	55,789	0,2147	50,584	0,2224
10	52,669	0,1959	50,316	0,1910	44,853	0,1990
15	47,433	0,1770	43,639	0,1753	38,834	0,1470
20	42,862	0,2203	40,132	0,2153	32,515	0,1970
25	39,489	0,2319	36,439	0,2177	30,436	0,1872
30	37,208	0,2255	33,396	0,2122	26,159	0,2260
35	34,587	0,2279	28,985	0,2178	22,578	0,2018

Durante el almacenamiento (35 días) expuesto a temperaturas de 30, 40°C y 50°C, las muestras presentaron una coloración marrón oscura lo que indica que la temperatura aceleró el proceso de deterioro de la mermelada, la coloración se debería al pardeamiento no enzimático debido al contenido de azúcares (RAUCH, 1950).

Del Cuadro 8, se puede observar que el índice de consistencia disminuye durante el almacenamiento, esto se debería al proceso de deterioro de las sustancias pécticas, la disminución de la viscosidad es mayor a mayor temperatura, esto se debería a que la temperatura acelera el proceso de deterioro por lo tanto tiene un comportamiento pseudoplástico ($n < 1$) (LABUZA y SCHMILD, 1985).

4.5. Cinética de deterioro del índice de consistencia de la mermelada de mango durante el almacenamiento.

4.5.1. De la constante de velocidad de reacción y orden de reacción.

La determinación del orden de reacción y constante de velocidad de reacción (k) se calculó por el método de integración propuesto por LABUZA (2000), para ello se ajustó los datos del índice de consistencia (m) a la cinética de Orden 0 y Orden 1, tal como se muestra en las Figuras 8 y 9.

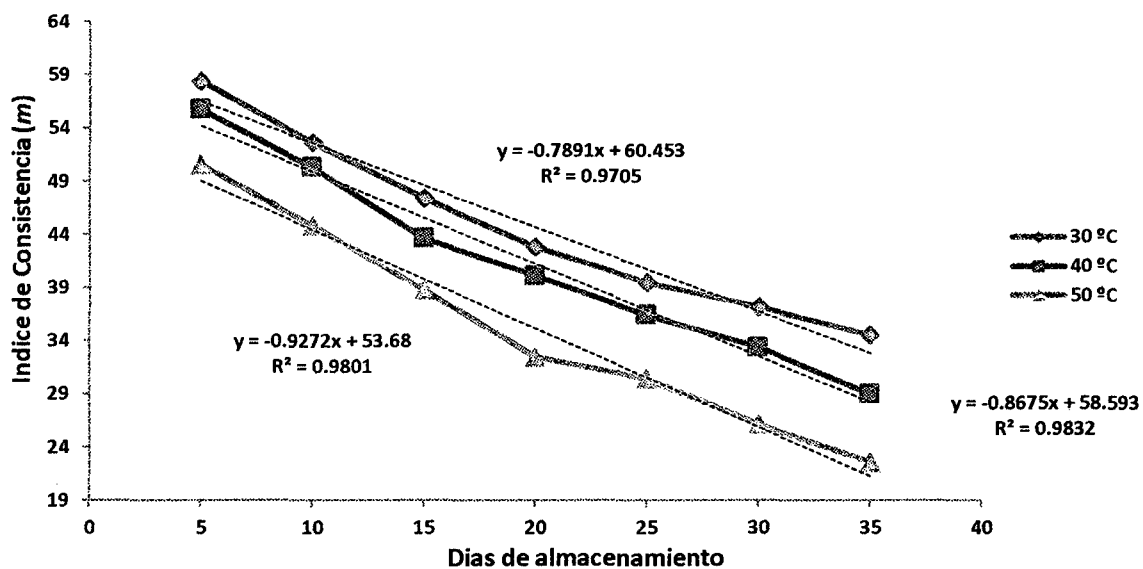


Figura 8. Variación de índice de consistencia con los días de almacenamiento ajustada a una cinética de orden cero.

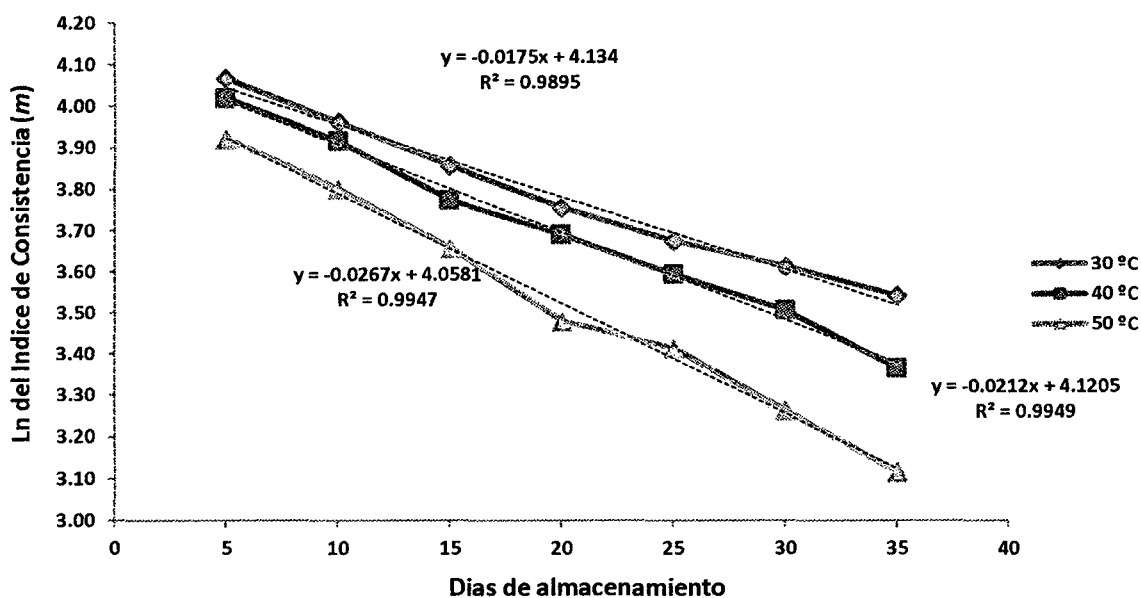


Figura 9. Variación de índice de consistencia con el tiempo de almacenamiento de la mermelada de mango, ajustada a una cinética de primer orden.

Los datos de índice de consistencia que es la mejor forma de indicar la viscosidad para los fluidos no Newtonianos (STEFFE, 1996) se ajustan adecuadamente a la cinética de deterioro de Orden cero y de Orden uno.

La constante de velocidad de reacción a diferentes órdenes de reacción con sus respectivos coeficientes de correlación se muestra en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Constantes de velocidad de reacción (k) y coeficientes de correlación (R^2) a diferentes órdenes de reacción.

	ORDEN 0		ORDEN 1	
	Constante de velocidad de reacción (k)	R^2	Constante de velocidad de reacción (k)	R^2
30 °C	0,78910	0,9705	0,0175	0,9895
40 °C	0,86750	0,9832	0,0212	0,9949
50 °C	0,92720	0,9801	0,0267	0,9947

Del Cuadro 9 se observa que los coeficientes de correlación (R^2) que se acercan más a 1 son los valores de la cinética de deterioro de Orden uno, por lo que la mermelada de mango corresponde de una cinética de reacción de orden uno.

4.5.2. Energía de activación (E_a) de la mermelada.

Las constantes de velocidad de reacción (k) de Orden 1 a diferentes temperaturas de almacenamiento se muestran en el Cuadro 9 y los ajustes a la Ecuación de Arrhenius en las Figuras 10.

Cuadro 9. Constantes de velocidad de reacción (k) a diferentes temperaturas de almacenamiento.

Temperatura		Constante de velocidad de reacción (k)
°K	1/°K	Orden uno
303	0,003300	0,0175
313	0,003195	0,0212
323	0,003096	0,0267

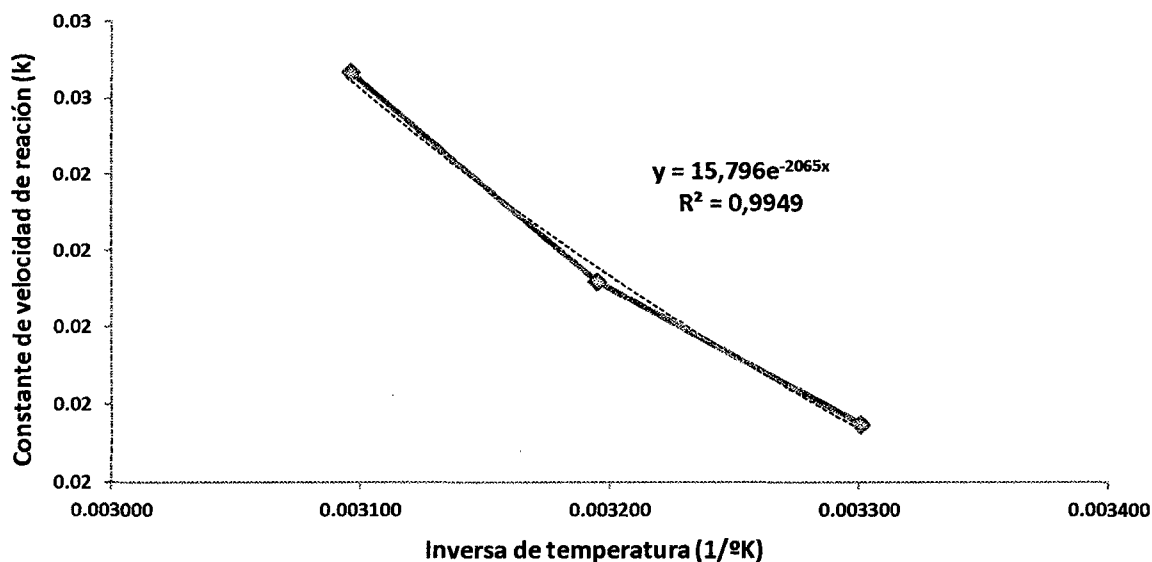


Figura 10. Relación de coeficiente de velocidad de reacción con la temperatura, en Orden de reacción uno.

Luego con los valores de regresión al modelo de Arrhenius que se muestran en las Figuras 10 se determinó la energía de activación (Ea) el cual se detalla a continuación:

Para Orden de reacción uno:

$$K = K_0 \cdot e^{-Ea/RT}$$

$$K = 15,796e^{-2065/T}$$

$$\frac{Ea}{R} = \frac{Ea}{1,98717 \text{ cal. mol}^{-1} \text{ K}^{-1}} = 2065$$

$$Ea = 2,0630 \text{ Kcal/mol}$$

Según los cálculos correspondientes se obtuvo un valor de $2,0630 \text{ Kcal/mol}$ para la energía de activación (Ea).

VI. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos, se llegaron a las siguientes conclusiones:

- Los parámetros óptimos para la elaboración de mermelada de mango evaluados organolépticamente fueron: 40/60 de azúcar/pulpa y 1% de pectina.
- Todos los tratamientos estudiados corresponde a un fluido Herschel Bulkley con tendencia pseudoplástico y presentan valores en el índice reológico (n) de 0,2524 - 0,4385 y en el índice de consistencia (m) de $47,731 Pa - S^n$ - $75,365 Pa - S^n$ presentando el mejor tratamiento valores de $n = 0,4385$ y $m = 75,365 Pa - S^n$.
- Existe una relación indirecta entre el índice de consistencia y la apreciación organoléptica, debido a que el incremento de pectina incrementa la viscosidad pero no es percibido por los panelistas.
- Los valores del índice de consistencia durante el almacenamiento a diferentes temperaturas se ajustan mejor a la ecuación de Orden uno.
- El valor de la energía de activación (Ea) fue de $2,0630 Kcal/mol$.

VII. RECOMENDACIONES

Se plantean las siguientes recomendaciones:

- Evaluar la variación de la viscosidad de la mermelada de mango con la concentración de sólidos solubles.
- Realizar estudios de diseño de maquinarias para la producción a gran escala de mermelada de mango.
- Realizar la simulación de la pérdida de viscosidad en mermelada, como índice de calidad durante el almacenamiento.

ABSTRACT

The aim of this work it consisted to study the influence of temperatura on the rheological parameters of mango marmalade (*Mangifera indica L.*), variety Kent during storage at different temperature using an V-III Brookfield rheometer.

The results of the evaluation organoleptic of the mango marmalade gave as better treatment the obtained one with the relation 40/60 sugar/ flesh and 1% pectin.

All the studied treatments correspond to a fluid Herschel Bulkley with trend pseudo plastic and present values in the rheological index(n) of 0,2524 – 0,4385 and in the index of consistency(m) of 47,731 Pa-Sⁿ - 75,365 Pa-Sⁿ presenting the best treatment value of n = 0,4385 and m = 75,365 Pa-Sⁿ.

The values of consistency index (m) of mango marmalade during storage adequately conform to the kinetics of decay of order one, for having a correlation coefficient (R²) greater than 0,97.

The constant value of the velocity reaction (k) for kinetics of order one it is best adjusted to the Arrhenius model with a R² = 0,9949; thus obtaining the energy of activation(Ea) with a value of 2,0630 Kcal/mol.

The data obtained revealed that temperature has a very obvious effect on the rheological parameters and should be taken into account during storage of mango marmalade.

Keywords: *Mangifera Indica L.*, rheologica, marmalade and kinetics.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

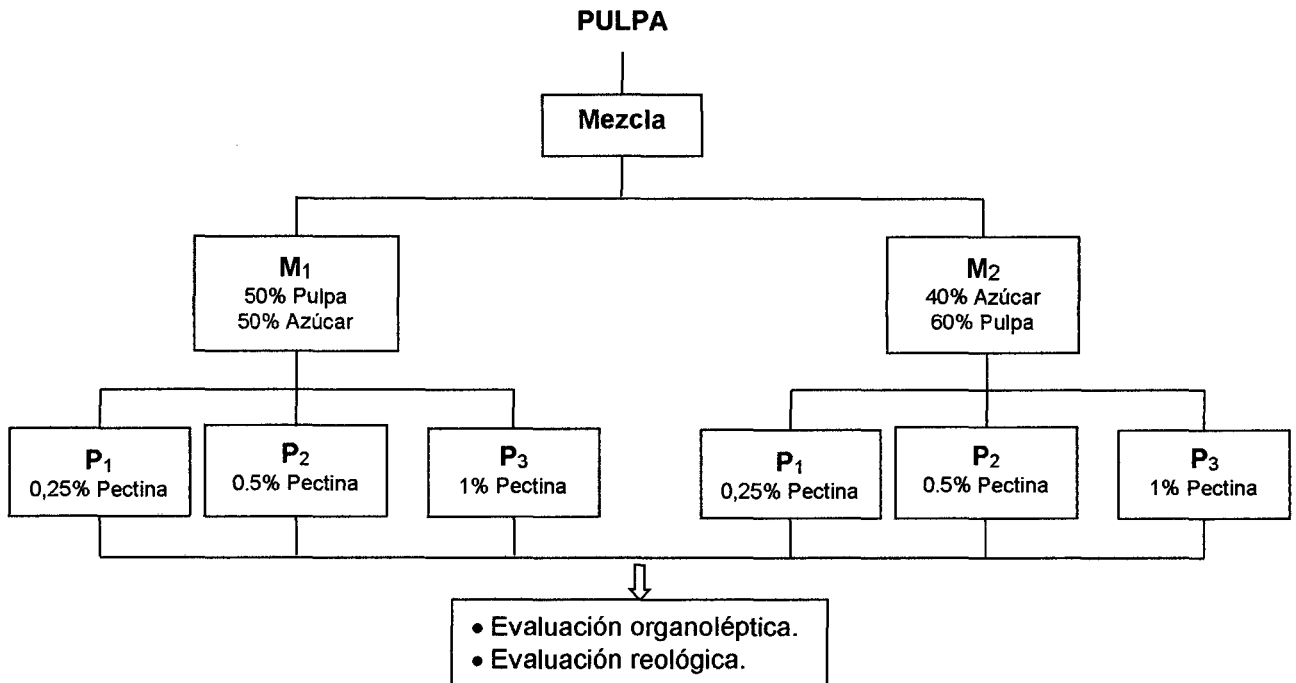
- AGROBANCO. 2007. Área de desarrollo del perfil del mango peruano.
- ALVARADO, J. AGUILERA, J. 2001. Métodos para Medir Propiedades Físicas en Industrias de Alimentos. España: Ed. Acribia.
- BARNES, H. 2000. A handbook of elementary Rheology. University of Wales Press, Aberystwyth, 200 pp.
- BOLMSTEDT, U. 2000. Viscosity & Rheology Theoretical and practical considerations in liquid food processing. New food
- CARMONA, A. 2008. Reología de los alimentos. Ediciones UNAS. Tingo María. 123 p.
- CARMONA, A. 2008. Reología de los alimentos. Ediciones UNAS. Tingo María. 123 p.
- CHHABRA, P. 2007. Bubbles, drops and particles in non-Newtonian fluids. 2a ed., Taylor & Francis, Kanpur, India, 586 pp.
- GAHONA, E. 2004. Introducción a la reología de alimentos. Editorial Limusa México.
- GONZÁLEZ, L.; FILARDO, S.; BERNARDINO, A. 2006. Elaboración de jaleas y mermeladas de cinco especies de tuna. Universidad autónoma del estado de Hidalgo.

- HERMIDA, R. 2000. Fundamentos de Ingeniería de procesos Agroalimentarios. Ediciones Mundi- prensa Madrid España.
- IBARZ, A.; BARBOSA, G. 2005. Operaciones unitarias en la ingeniería de alimentos. Ediciones Mundi-prensa. Madrid. Barcelona. España.
- LABUZA, T. 2000. Accelerated shelf life testing of foods. Food Technology. 39 (9): 57
- McCLEMENTS, J. 1999. Food emulsions: principles, practices and techniques. CRC Press. Florida, 356 pp.
- MEYER, M. 1996. Elaboración de frutas y hortalizas. 2da edición. México. Editorial Trillas (1996).
- RAMIREZ, J. 2006. Fundamentos de reología de alimentos JSR. E-books Cali, Valle, Colombia.
- RAUCH, G. 1950. Fabricación de mermelada. Editorial Acribia - Zaragoza (España).
- RAO, M. 1986. Rheological Properties of fluid Foods. En. "Engineering Properties of Foods". Eds. M.A. RAO Y S.S.H. RIZVI.P, 1- 47. Marcel dekker, Inc. nueva York.
- SÁENZ, C. 2006. Utilización Agroindustrial del Nopal. Boletín de servicios Agrícolas de la FAO no 162. Roma. ISSN 1020-4334.
- SHINH, S., CASTELL, M.; MOREIRA, R. 2000. Viscosity and Textural Attributes of Reduced-fat Peanut Pastes. Institute of Food Technologists.
- STEFFE, F. 1996. Rheological Methods in Food Process Engineering, 2ed. Freeman Press, East Lansing, Michigan State, USA. 418 p.

TINEO, J. 2002. Evaluación y caracterización del banco nacional de germoplasma de tuna. FCA. de la UNSCH.

ANEXO

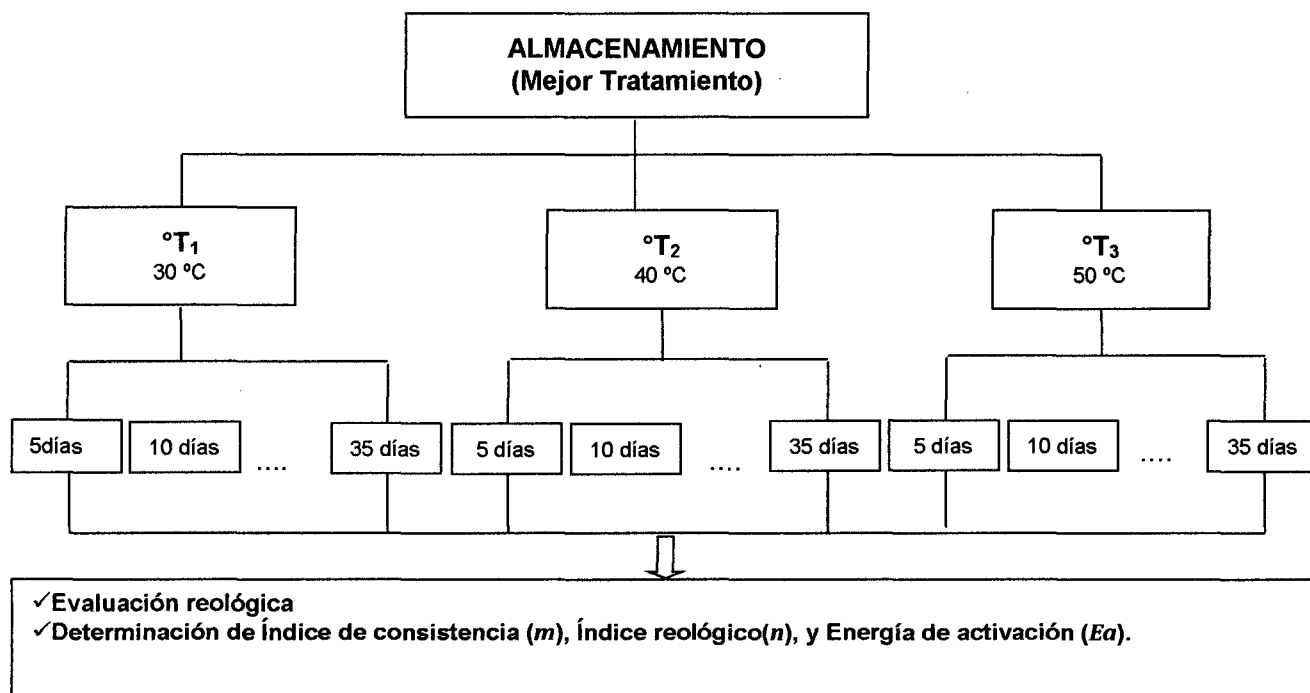
A-1. Diseño experimental para la determinación de parámetros para la elaboración de la mermelada de mango.



A-2. Modelo usado para la evaluación organoléptica de la mermelada de mango.

Fecha:					
Pruebe por favor cada una de las muestras e indique su nivel de agrado o desagrado escribiendo un numero de la escala de aceptabilidad que mejor describa su reacción para cada uno de los atributos					
MUESTRAS	ATRIBUTOS				
	COLOR	OLOR	SABOR	TEXTURA	APARIENCIA GENERAL
A ₁					
A ₂					
A ₃					
A ₄					
A ₅					
A ₆					
Escala de aceptabilidad					
(1) Me gusta mucho (2) Me gusta moderadamente (3) Me gusta poco (4) No me gusta ni me disgusta (5) Me disgusta poco (6) Me disgusta moderadamente (7) Me disgusta mucha					

A-3. Diseño experimental de la evaluación de la estabilidad reológica de la mermelada de mango en almacenamiento, por pruebas aceleradas



A-4. Datos de la evaluación sensorial para la textura de la mermelada de mango a diferentes porcentajes de Pulpa/Azúcar de 50/50, 60/40 y Pectina 0,25 %; 0,5 %; 1 %.

Panelistas	T₁	T₂	T₃	T₄	T₅	T₆
1	1	2	1	2	2	2
2	3	1	2	1	1	1
3	1	2	1	3	3	3
4	3	3	3	2	2	1
5	2	1	5	3	3	5
6	2	3	3	1	3	1
7	1	2	1	1	2	3
8	3	1	1	2	2	2
9	3	2	3	4	4	6
10	3	2	1	2	3	4
11	3	3	2	5	3	1
12	3	1	3	2	1	2
13	1	3	1	3	2	6
14	4	1	3	2	1	1
15	3	2	1	1	4	1
\bar{X}	2,400	1,933	2,067	2,267	2,400	2,600

A-5. Análisis de varianza para los datos de la evaluación organoléptica.

Fuente.	SC	GL.	CM.	Razón-f	Valor-p
Tratamientos	4,45556	5	0,891111	0,61	0,6958
Error	123,6	84	1,47143		
Total	128,056	89			

A-6. Análisis de varianza para los datos de la evaluación reológica.

Fuente.	SC	GL.	CM.	Razón-f	Valor-p
Tratamientos	1311.07	5	262.213	49.53	0.0000
Error	63.5293	12	5.29411		
Total	1374.6	17			

A-7. Análisis factorial para los datos de la evaluación reológica.

FUENTE.	SUMA DE CUADRADOS	G.L.	CUADRADO MEDIO.	RAZÓN-F	VALOR-P
FACTORES					
Pulpa/Azúcar	498,133	1	498,133	75,36	0,0000
Pectina	684,484	2	342,242	51,77	0,0000
INTERACCIONES					
Pulpa/Azúcar *	145,502	2	72,7512	11,01	0,0019
Pectina					
RESIDUOS	79,3227	12	6,61022		
TOTAL	1407,44	17			

A-8. Valores de la viscosidad de la mermelada de mango con 50/50, pulpa/azúcar y 0,25 % de pectina a diferente RPM

Velocidad (RPM)	Viscosidad (cP)		
	R ₁	R ₂	R ₃
0,5	262000	254000,00	240000,00
1	143000	142000,00	143000,00
2,5	62800	62600,00	62900,00
5	39900	38900,00	38900,00
10	25700	25500,00	26200,00
20	15300	14900,00	15890,00
50	7540	7240,00	7920,00
100	4470	4170,00	4890,00

A-9. Valores de la viscosidad de la mermelada de mango con 50/50, pulpa/azúcar y 0,5 % de pectina a diferente RPM

Velocidad (RPM)	Viscosidad (cP)		
	R ₁	R ₂	R ₃
0,5	308000,00	280000,00	284000,00
1	133000,00	143000,00	132000,00
2,5	94400,00	81600,00	81000,00
5	54400,00	54800,00	50000,00
10	35200,00	34300,00	29100,00
20	22400,00	20050,00	17800,00
50	11960,00	11520,00	8840,00
100	7590,00	7320,00	5550,00

A-10 Valores de la viscosidad de la mermelada de mango con 50/50 de pulpa/azúcar y 1 % de pectina a diferente RPM

Velocidad (RPM)	Viscosidad (cP)		
	R ₁	R ₂	R ₃
0,5	326000,00	308000,00	298000,00
1	204000,00	205000,00	200000,00
2,5	88400,00	88000,00	84600,00
5	57800,00	58600,00	52000,00
10	40000,00	39500,00	38000,00
20	23150,00	23000,00	22400,00
50	12440,00	12760,00	12490,00
100	7870,00	8000,00	7890,00

A-11. Valores de la viscosidad de la mermelada de mango con 60/40 de pulpa/azúcar y 0,25 % de pectina a diferente RPM

Velocidad (RPM)	Viscosidad (cP)		
	R ₁	R ₂	R ₃
0,5	268000,00	232000,00	238000,00
1	148000,00	123000,00	131000,00
2,5	119000,00	105666,67	111000,00
5	63800,00	64600,00	65600,00
10	37800,00	38900,00	38200,00
20	24800,00	24600,00	24950,00
50	13900,00	13869,67	13918,00
100	8850,00	9060,00	8990,00

A-12 Valores de la viscosidad de la mermelada de mango con 60/40 de pulpa/azúcar y 0,5 % de pectina a diferente RPM

Velocidad (RPM)	Viscosidad (cP)		
	R ₁	R ₂	R ₃
0,5	316000,00	330000,00	314000,00
1	187000,00	179000,00	127333,00
2,5	88000,00	86700,00	85200,00
5	58600,00	56900,00	55000,00
10	37800,00	36100,00	37700,00
20	23050,00	21950,00	24300,00
50	11780,00	11220,00	12940,00
100	6920,00	6850,00	8430,00

A-13. Valores de la viscosidad de la mermelada de mango con 60/40 de pulpa/azúcar y 1 % de pectina a diferente RPM..

Velocidad (RPM)	Viscosidad (cP)		
	R ₁	R ₂	R ₃
0,5	324000,00	312000,00	316000,00
1	179000,00	140000,00	124000,00
2,5	82666,67	85200,00	82400,00
5	66800,00	60600,00	64800,00
10	49600,00	48400,00	48900,00
20	33500,00	31950,00	33050,00
50	19520,67	19380,00	19340,00
100	12960,00	12700,00	12890,00

A-14. Valores de viscosidad promedio, velocidad de deformación y esfuerzo de corte de la mermelada de mango con 50/50 de pulpa/azúcar y 0,25 % de pectina.

Velocidad (RPM))	Viscosidad promedio (cP)	Pa-S	γ	τ (Pa)
0,5	252000,00	252,0	0,119	29,988
1	142666,67	142,7	0,238	33,955
2,5	62766,67	62,8	0,595	37,346
5	39233,33	39,2	1,190	46,688
10	25800,00	25,8	2,380	61,404
20	15363,33	15,4	4,760	73,129
50	7566,67	7,6	11,900	90,043
100	4510,00	4,5	23,800	107,338

A-15. Valores de viscosidad promedio, velocidad de deformación y esfuerzo de corte de la mermelada de mango con 50/50 pulpa/azúcar y 0, 5 % de pectina.

Velocidad (RPM))	Viscosidad promedio (cP)	Pa-S	γ	τ (Pa)
0,5	290666,67	290,667	0,119	34,589
1	136000,00	136,000	0,238	32,368
2,5	85666,67	85,667	0,595	50,972
5	53066,67	53,067	1,190	63,149
10	32866,67	32,867	2,380	78,223
20	20083,33	20,083	4,760	95,597
50	10773,33	10,773	11,900	128,203
100	6820,00	6,820	23,800	162,316

A-16. Valores de viscosidad promedio, velocidad de deformación y esfuerzo de corte de la mermelada de mango con 50/50 pulpa/azúcar y 1 % de pectina.

Velocidad (RPM))	Viscosidad promedio (cP)	Pa-S	γ	τ (Pa)
0,5	310666,67	310,667	0,119	36,969
1	203000,00	203,000	0,238	48,314
2,5	87000,00	87,000	0,595	51,765
5	56133,33	56,133	1,190	66,799
10	39166,67	39,167	2,380	93,217
20	22850,00	22,850	4,760	108,766
50	12563,33	12,563	11,900	149,504
100	7920,00	7,920	23,800	188,496

A-17. Valores de viscosidad promedio, velocidad de deformación y esfuerzo de corte de la mermelada de mango 60/40 pulpa/azúcar y 0,25 % de pectina.

Velocidad (RPM))	Viscosidad promedio (cP)	Pa-S	γ	τ (Pa)
0,5	246000,00	246,000	0,119	29,274
1	134000,00	134,000	0,238	31,892
2,5	111888,89	111,889	0,595	66,574
5	64666,67	64,667	1,190	76,953
10	38300,00	38,300	2,380	91,154
20	24783,33	24,783	4,760	117,969
50	13895,89	13,896	11,900	165,361
100	8966,67	8,967	23,800	213,407

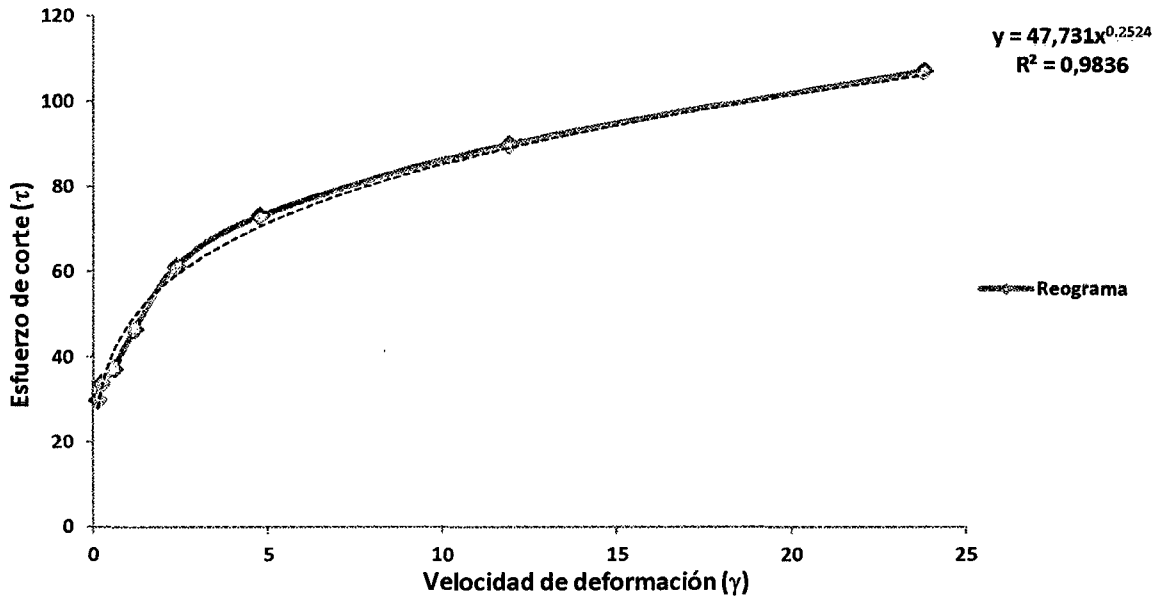
A-18. Valores de viscosidad promedio, velocidad de deformación y esfuerzo de corte de la mermelada de mango 60/40 pulpa/azúcar y 0, 5 % de pectina.

Velocidad (RPM))	Viscosidad promedio (cP)	Pa-S	γ	τ (Pa)
0,5	320000,00	320,000	0,119	38,080
1	164444,33	164,444	0,238	39,138
2,5	86633,33	86,633	0,595	51,547
5	56833,33	56,833	1,190	67,632
10	37200,00	37,200	2,380	88,536
20	23100,00	23,100	4,760	109,956
50	11980,00	11,980	11,900	142,562
100	7400,00	7,400	23,800	176,120

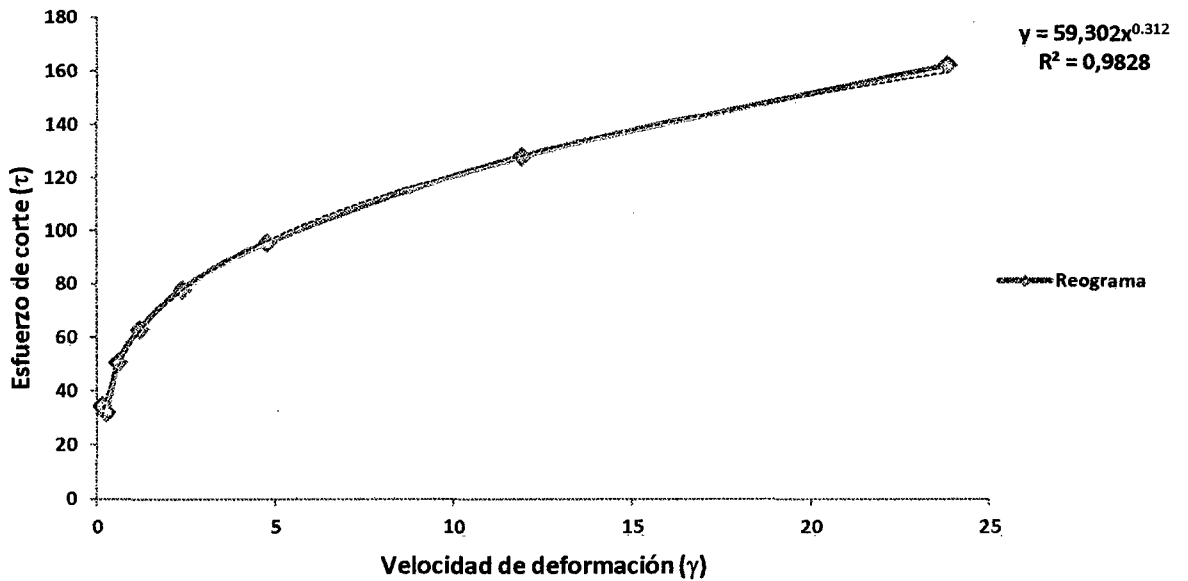
A-19. Valores de viscosidad promedio, velocidad de deformación y esfuerzo de corte de la mermelada de mango 60/40 de pulpa/azúcar y 1 % de pectina.

Velocidad (RPM))	Viscosidad promedio (cP)	Pa-S	γ	τ (Pa)
0,5	317333,33	317,333	0,119	37,763
1	147666,67	147,667	0,238	35,145
2,5	83422,22	83,422	0,595	49,636
5	64066,67	64,067	1,190	76,239
10	48966,67	48,967	2,380	116,541
20	32833,33	32,833	4,760	156,287
50	19413,56	19,414	11,900	231,021
100	12850,00	12,850	23,800	305,830

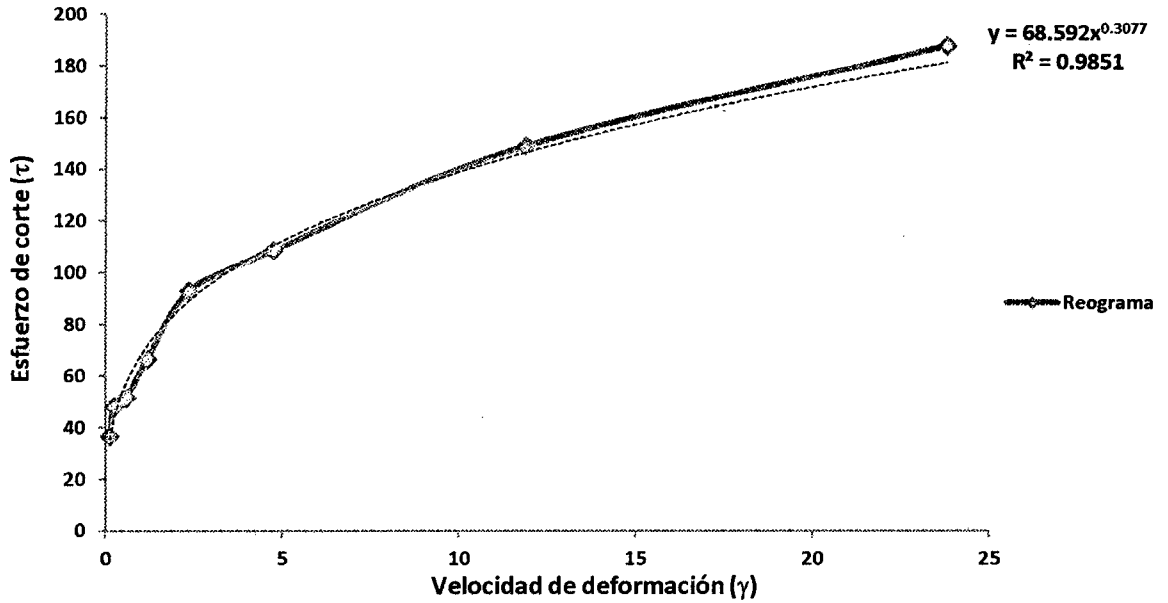
A-20. Reograma de la mermelada de mango con 50/50 pulpa/azúcar y 0,25 % de pectina.



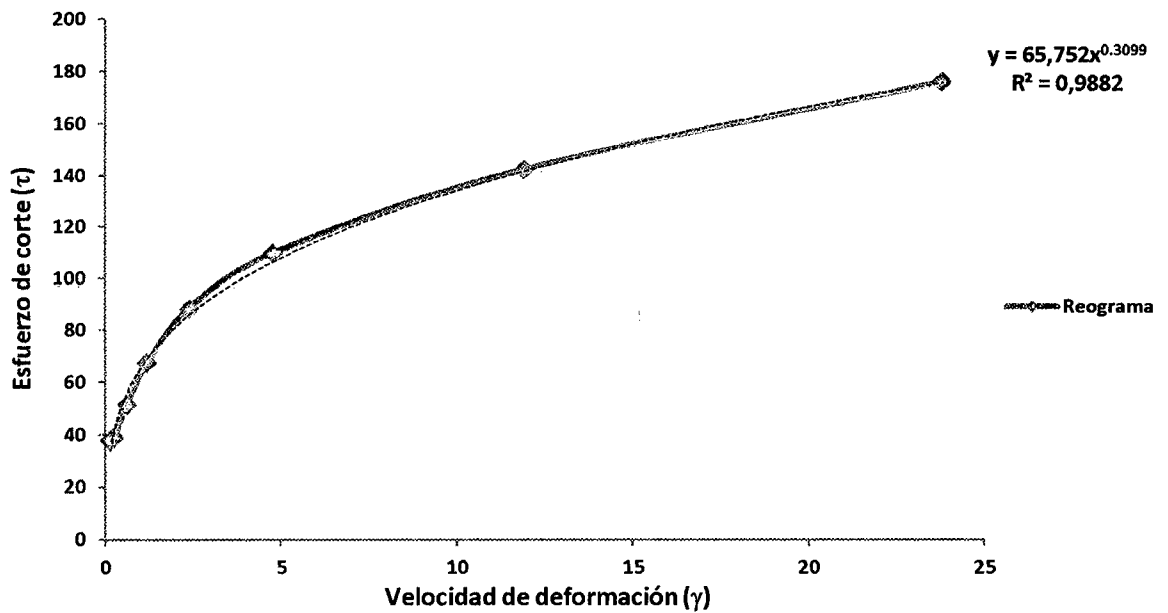
A-21. Reograma de la mermelada de mango con 50/50 pulpa/azúcar y 0,5 % de pectina.



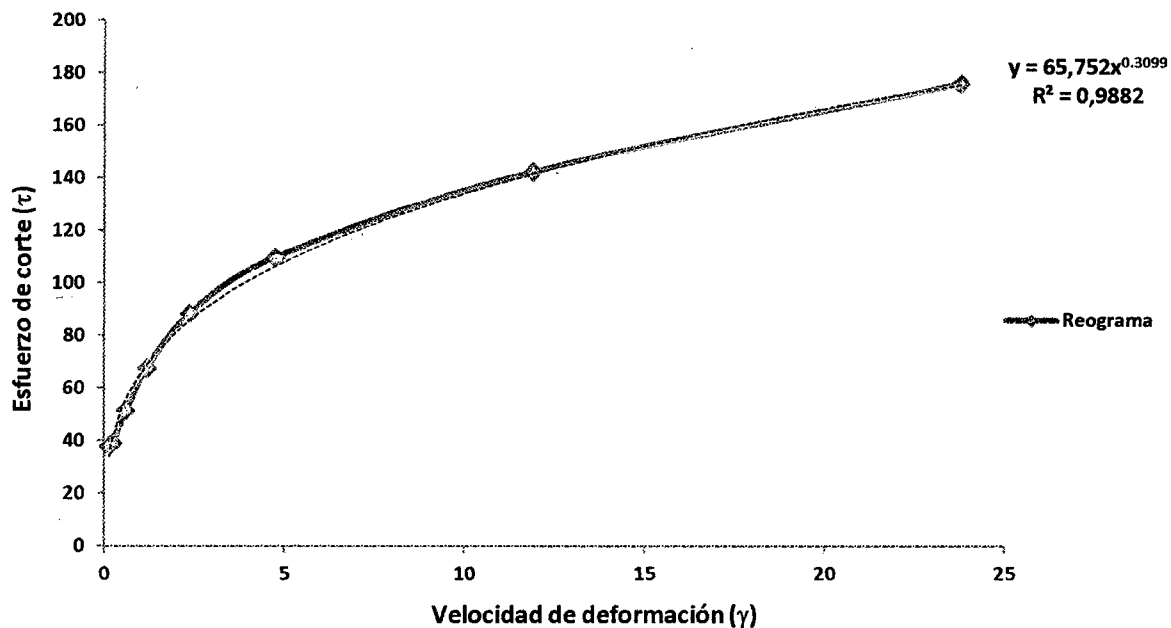
A-22. Reograma de la mermelada de mango con 50/50 pulpa/azúcar y 1 % de pectina.



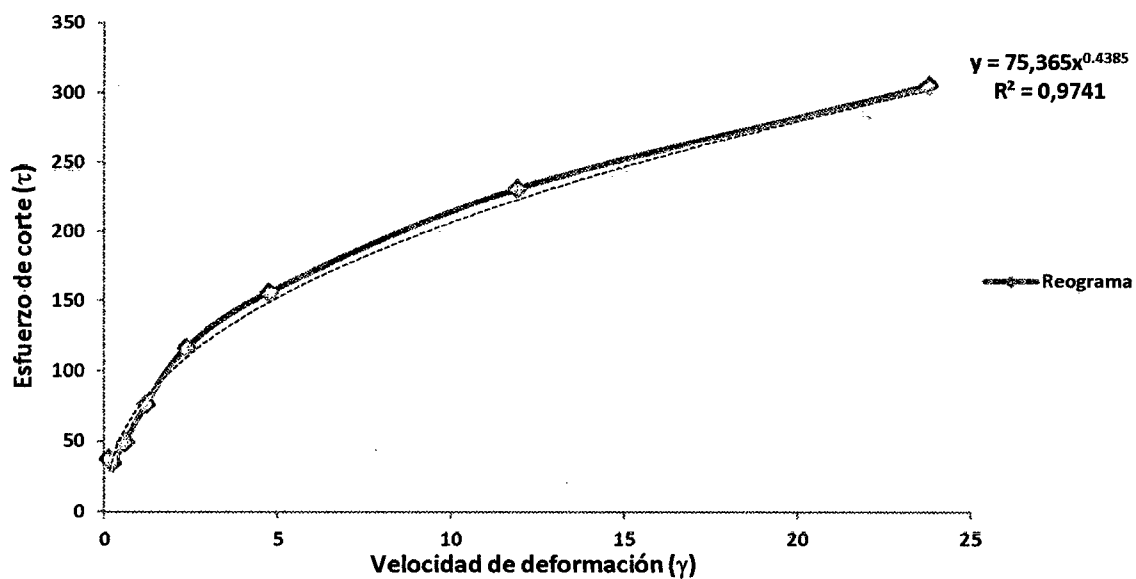
A-23. Reograma de la mermelada de mango con 60/40 pulpa/azúcar y 0,25 % de pectina.



A-24. Reograma de la mermelada de mango con 60/40 pulpa/azúcar y 0,5 % de pectina.



A-25. Reograma de la mermelada de mango con 60/40 pulpa/azúcar y 1 % de pectina.



A-26. Datos de la evaluación reológica para la muestra patrón.

Velocidad (RPM)	Viscosidad (cP)			
	Base	R ₁	R ₂	R ₃
0,5	322000,00	346000,00	344000,00	352000,00
1	187000,00	189000,00	193000,00	192000,00
2,5	76000,00	89600,00	97200,00	88800,00
5	54200,00	55600,00	57200,00	49200,00
10	38400,00	38500,00	28100,00	24900,00
20	18200,00	17950,00	18950,00	18800,00
50	8583,33	9380,00	9060,00	9440,00
100	5230,00	5070,00	5210,00	5900,00

A-27. Datos de la evaluación reológica durante el almacenamiento a 30 °C por 5 días.

Velocidad (RPM)	Viscosidad (cP)			
	Base	R ₁	R ₂	R ₃
0,5	306000,00	304000,00	316000,00	310000,00
1	175000,00	178000,00	179000,00	177000,00
2,5	90000,00	88000,00	89600,00	88800,00
5	52800,00	51800,00	51800,00	53000,00
10	30900,00	30900,00	27600,00	27300,00
20	17450,00	17450,00	17750,00	17450,00
50	8200,00	8220,00	8140,00	8200,00
100	4800,00	4560,00	5540,00	4470,00

A-28. Datos de la evaluación reológica durante el almacenamiento a 30 °C por 10 días.

Velocidad (RPM)	Viscosidad (cP)			
	Base	R₁	R₂	R₃
0,5	299000,00	288000,00	292000,00	300000,00
1	172000,00	175000,00	126000,00	177000,00
2,5	81600,00	81200,00	84600,00	87200,00
5	48000,00	47600,00	41000,00	41400,00
10	20000,00	27900,00	28300,00	28200,00
20	14000,00	15200,00	15300,00	15350,00
50	7916,00	6920,00	6840,00	7460,00
100	4010,00	4220,00	4180,00	4000,00

A-29. Datos de la evaluación reológica durante el almacenamiento a 30 °C por 15 días.

Velocidad (RPM)	Viscosidad (cP)			
	Base	R₁	R₂	R₃
0,5	260000,00	278000,00	286000,00	282000,00
1	142000,00	142000,00	145000,00	142000,00
2,5	79600,00	75200,00	82000,00	81600,00
5	40800,00	41400,00	42800,00	40200,00
10	22000,00	21400,00	23400,00	25100,00
20	13200,00	13900,00	13500,00	11633,33
50	6016,00	6360,00	6280,00	5900,00
100	3880,00	3500,00	3350,00	3200,00

A-30. Datos de la evaluación reológica durante el almacenamiento a 30 °C por 20 días.

Velocidad (RPM)	Viscosidad (cP)			
	Base	R ₁	R ₂	R ₃
0,5	206000,00	210000,00	220000,00	204000,00
1	134000,00	138000,00	135000,00	132000,00
2,5	62000,00	61000,00	73600,00	80000,00
5	37200,00	38000,00	38400,00	36800,00
10	18300,00	16200,00	25800,00	26600,00
20	12900,00	12350,00	12850,00	12350,00
50	6040,00	6100,00	6600,00	5680,00
100	3580,00	3540,00	3650,00	3630,00

A-31. Datos de la evaluación reológica durante el almacenamiento a 30 °C por 25 días.

Velocidad (RPM)	Viscosidad (cP)			
	Base	R ₁	R ₂	R ₃
0,5	199000,00	196000,00	186000,00	186000,00
1	129000,00	127000,00	125000,00	126000,00
2,5	58000,00	57000,00	56200,00	55200,00
5	35200,00	34666,67	35200,00	37400,00
10	17300,00	17400,00	22200,00	24850,00
20	11600,00	11766,00	11950,00	13700,00
50	6080,00	6040,00	5360,00	5660,00
100	3610,00	3060,00	1970,00	4960,00

A-32. Datos de la evaluación reológica durante el almacenamiento a 30 °C por 30 días.

Velocidad (RPM)	Viscosidad (cP)			
	Base	R ₁	R ₂	R ₃
0,5	186000,00	185000,00	188000,00	192000,00
1	119000,00	116000,00	125000,00	124000,00
2,5	55400,00	54600,00	51200,00	50600,00
5	32000,00	31200,00	32600,00	33600,00
10	16800,00	16900,00	21400,00	21900,00
20	11500,00	11233,33	11400,00	11100,00
50	5580,00	5260,00	5550,00	5120,00
100	3340,00	3133,33	3280,00	3070,00

A-33. Datos de la evaluación reológica durante el almacenamiento a 30 °C por 35 días.

Velocidad (RPM)	Viscosidad (cP)			
	Base	R ₁	R ₂	R ₃
0,5	178000,00	173000,00	170000,00	189000,00
1	87333,33	113000,00	116000,00	117000,00
2,5	49000,00	45200,00	51000,00	50400,00
5	28800,00	23800,00	34800,00	35000,00
10	15500,00	15400,00	20200,00	20200,00
20	10950,00	10500,00	10250,00	11050,00
50	5420,00	5166,67	4820,00	4760,00
100	3040,00	3010,00	3240,00	2610,00

A-34. Datos de la evaluación reológica durante el almacenamiento a 40 °C por 5 días.

Velocidad (RPM)	Viscosidad (cP)			
	Base	R ₁	R ₂	R ₃
0,5	298000,00	299000,00	290000,00	300000,00
1	169000,00	168000,00	164000,00	161000,00
2,5	89400,00	85800,00	90200,00	84000,00
5	48800,00	51400,00	49800,00	48000,00
10	28600,00	28200,00	28300,00	26100,00
20	15250,00	17950,00	17650,00	16000,00
50	7780,00	7820,00	7920,00	7860,00
100	4390,00	4422,00	4380,00	5240,00

A-35. Datos de la evaluación reológica durante el almacenamiento a 40 °C por 10 días.

Velocidad (RPM)	Viscosidad (cP)			
	Base	R ₁	R ₂	R ₃
0,5	288000,00	285000,00	282000,00	284000,00
1	153000,00	162000,00	153000,00	157000,00
2,5	80400,00	81200,00	76000,00	74000,00
5	42200,00	40400,00	45800,00	43400,00
10	27300,00	27200,00	27000,00	21400,00
20	14050,00	14000,00	14100,00	13900,00
50	6880,00	6840,00	6960,00	7080,00
100	3830,00	3900,00	3830,00	3630,00

A-36. Datos de la evaluación reológica durante el almacenamiento a 40 °C por 15 días.

Velocidad (RPM)	Viscosidad (cP)			
	Base	R ₁	R ₂	R ₃
0,5	259000,00	258000,00	255000,00	280000,00
1	130000,00	134000,00	148000,00	131000,00
2,5	69800,00	66800,00	69600,00	69200,00
5	38200,00	35400,00	39200,00	36400,00
10	21000,00	20900,00	20000,00	21200,00
20	12000,00	12350,00	12300,00	12000,00
50	5940,00	6220,00	5320,00	5020,00
100	3380,00	3280,00	3360,00	3000,00

A-37. Datos de la evaluación reológica durante el almacenamiento a 40 °C por 20 días.

Velocidad (RPM)	Viscosidad (cP)			
	Base	R ₁	R ₂	R ₃
0,5	195800,00	196000,00	208400,00	198000,00
1	152000,00	104000,00	132000,00	131000,00
2,5	63800,00	68000,00	57000,00	66800,00
5	34600,00	35600,00	34800,00	35600,00
10	20200,00	19800,00	19700,00	19900,00
20	11566,67	11000,00	11900,00	12950,00
50	5840,00	5560,00	5660,00	5600,00
100	3030,00	3050,00	3350,00	3600,00

A-38. Datos de la evaluación reológica durante el almacenamiento a 40 °C por 25 días.

Velocidad (RPM)	Viscosidad (cP)			
	Base	R₁	R₂	R₃
0,5	180000,00	175000,00	178000,00	186000,00
1	125000,00	124000,00	122000,00	121000,00
2,5	69400,00	6066,67	66800,00	68400,00
5	30000,00	32444,40	35800,00	32200,00
10	17000,00	16900,00	16800,00	24200,00
20	11033,00	10750,00	10000,00	10550,00
50	5300,00	5000,00	5580,00	5020,00
100	3050,00	3820,00	2700,00	2600,00

A-39. Datos de la evaluación reológica durante el almacenamiento a 40 °C por 30 días.

Velocidad (RPM)	Viscosidad (cP)			
	Base	R₁	R₂	R₃
0,5	175000,00	171000,00	179000,00	178000,00
1	115000,00	116000,00	99333,33	113000,00
2,5	50400,00	50200,00	48666,67	47000,00
5	29200,00	29500,00	29900,00	23400,00
10	15900,00	16500,00	16700,00	16600,00
20	10050,00	10150,00	9900,00	9850,00
50	5200,00	4880,00	4280,00	4680,00
100	2850,00	3070,00	2810,00	2410,00

A-40. Datos de la evaluación reológica durante el almacenamiento a 40 °C por 35 días.

Velocidad (RPM)	Viscosidad (cP)			
	Base	R ₁	R ₂	R ₃
0,5	165000,00	163000,00	162000,00	169000,00
1	80000,00	81000,00	89000,00	86000,00
2,5	45200,00	40400,00	41600,00	39000,00
5	25000,00	23933,00	25800,00	26500,00
10	14900,00	14900,00	15000,00	14500,00
20	8850,00	8750,00	8950,00	8500,00
50	4500,00	4220,00	3540,00	4400,00
100	2770,00	2370,00	2540,00	2060,00

A-41. Datos de la evaluación reológica durante el almacenamiento a 50 °C por 5 días.

Velocidad (RPM)	Viscosidad (cP)			
	Base	R ₁	R ₂	R ₃
0,5	270000,00	272000,00	256000,00	274000,00
1	150000,00	155000,00	152000,00	162000,00
2,5	71600,00	75200,00	77600,00	75200,00
5	42000,00	43200,00	44800,00	45600,00
10	26200,00	26500,00	26000,00	25100,00
20	14500,00	14250,00	14350,00	16150,00
50	7540,00	7840,00	7280,00	6660,00
100	4030,00	4270,00	4390,00	4820,00

A-42. Datos de la evaluación reológica durante el almacenamiento a 50 °C por 10 días.

Velocidad (RPM)	Viscosidad (cP)			
	Base	R ₁	R ₂	R ₃
0,5	253000,00	251000,00	252000,00	255000,00
1	148000,00	146000,00	141000,00	142000,00
2,5	68000,00	65000,00	64200,00	69800,00
5	37200,00	35600,00	37600,00	37200,00
10	22900,00	22500,00	22400,00	23200,00
20	13850,00	13700,00	12450,00	10750,00
50	6300,00	6160,00	6440,00	6060,00
100	3630,00	3600,00	3590,00	3600,00

A-43. Datos de la evaluación reológica durante el almacenamiento a 50 °C por 15 días.

Velocidad (RPM)	Viscosidad (cP)			
	Base	R ₁	R ₂	R ₃
0,5	242000,00	247000,00	248000,00	246000,00
1	130000,00	121000,00	129000,00	128000,00
2,5	54400,00	62800,00	64000,00	63600,00
5	33400,00	33800,00	33000,00	33600,00
10	20000,00	20100,00	20400,00	14100,00
20	10000,00	10000,00	11000,00	9900,00
50	4860,00	4800,00	4580,00	4380,00
100	2510,00	2840,00	2760,00	2290,00

A-44. Datos de la evaluación reológica durante el almacenamiento a 50 °C por 20 días.

Velocidad (RPM)	Viscosidad (cP)			
	Base	R ₁	R ₂	R ₃
0,5	176000,00	174000,00	172000,00	176000,00
1	99000,00	108000,00	102000,00	108000,00
2,5	44333,00	53200,00	47333,33	60400,00
5	30400,00	28200,00	27000,00	25200,00
10	16200,00	16600,00	16600,00	16000,00
20	9000,00	9250,00	9200,00	9450,00
50	3960,00	4480,00	4640,00	4820,00
100	2450,00	2380,00	2710,00	2570,00

A-45. Datos de la evaluación reológica durante el almacenamiento a 50 °C por 25 días.

Velocidad (RPM)	Viscosidad (cP)			
	Base	R ₁	R ₂	R ₃
0,5	169000,00	168000,00	167000,00	169000,00
1	111000,00	100000,00	102000,00	95000,00
2,5	40400,00	46400,00	48000,00	48400,00
5	27666,67	25400,00	23000,00	25600,00
10	15200,00	15700,00	15300,00	15400,00
20	8900,00	8800,00	8533,33	8600,00
50	3980,00	4080,00	4060,60	4060,00
100	2550,00	2280,00	2210,00	2170,00

A-46. Datos de la evaluación reológica durante el almacenamiento a 50 °C por 30 días.

Velocidad (RPM)	Viscosidad (cP)			
	Base	R ₁	R ₂	R ₃
0,5	159000,00	165000,00	160000,00	16000,00
1	89000,00	88000,00	92000,00	80000,00
2,5	40000,00	42000,00	38000,00	35600,00
5	24900,00	23800,00	21800,00	20000,00
10	13900,00	13700,00	13900,00	13500,00
20	8030,00	8050,00	7800,00	7500,00
50	3620,00	3900,00	4020,00	3660,00
100	2070,00	2250,00	2180,00	2380,00

A-47. Datos de la evaluación reológica durante el almacenamiento a 50 °C por 35 días.

Velocidad (RPM)	Viscosidad (cP)			
	Base	R ₁	R ₂	R ₃
0,5	119000,00	118000,00	124000,00	123000,00
1	72000,00	76000,00	73000,00	72000,00
2,5	33800,00	32200,00	35666,67	34555,50
5	19200,00	18800,00	18200,00	21800,00
10	11400,00	11600,00	11200,00	10600,00
20	6500,00	6750,00	6850,00	6250,00
50	3160,00	3280,00	3060,00	2980,00
100	1970,00	1850,00	1780,00	1580,00

A-48. Lecturas promedio de la evaluación reológica a la muestra patrón

Velocidad (RPM)	Viscosidad promedio (cP)	Pa-S	γ	τ (Pa)
0,5	341000,00	341,00	0,12	40,58
1	190250,00	190,25	0,24	45,28
2,5	87900,00	87,90	0,60	52,30
5	54050,00	54,05	1,19	64,32
10	32475,00	32,48	2,38	77,29
20	18475,00	18,48	4,76	87,94
50	9115,83	9,12	11,90	108,48
100	5352,50	5,35	23,80	127,39

A-49. Lecturas promedio de la evaluación reológica durante el almacenamiento a 30 °C por 5 días.

Velocidad (RPM)	Viscosidad promedio (cP)	Pa-S	γ	τ (Pa)
0,5	309000,00	309,00	0,12	36,77
1	177250,00	177,25	0,24	42,19
2,5	89100,00	89,10	0,60	53,01
5	52350,00	52,35	1,19	62,30
10	29175,00	29,18	2,38	69,44
20	17525,00	17,53	4,76	83,42
50	8190,00	8,19	11,90	97,46
100	4842,50	4,84	23,80	115,25

A-50. Lecturas promedio de la evaluación reológica durante el almacenamiento a 30 °C por 10 días.

Velocidad (RPM)	Viscosidad promedio (cP)	Pa-S	γ	τ (Pa)
0,5	294750,00	294,75	0,12	35,08
1	162500,00	162,50	0,24	38,68
2,5	83650,00	83,65	0,60	49,77
5	44500,00	44,50	1,19	52,96
10	26100,00	26,10	2,38	62,12
20	14962,50	14,96	4,76	71,22
50	7284,00	7,28	11,90	86,68
100	4102,50	4,10	23,80	97,64

A-51. Lecturas promedio de la evaluación reológica durante el almacenamiento a 30 °C por 15 días.

Velocidad (RPM)	Viscosidad promedio (cP)	Pa-S	γ	τ (Pa)
0,5	276500,00	276,50	0,12	32,90
1	142750,00	142,75	0,24	33,97
2,5	79600,00	79,60	0,60	47,36
5	41300,00	41,30	1,19	49,15
10	22975,00	22,98	2,38	54,68
20	13058,33	13,06	4,76	62,16
50	6139,00	6,14	11,90	73,05
100	3482,50	3,48	23,80	82,88

A-52. Lecturas promedio de la evaluación reológica durante el almacenamiento a 30 °C por 20 días.

Velocidad (RPM)	Viscosidad promedio (cP)	Pa-S	γ	τ (Pa)
0,5	210000,00	210,00	0,12	24,99
1	134750,00	134,75	0,24	32,07
2,5	69150,00	69,15	0,60	41,14
5	37600,00	37,60	1,19	44,74
10	21725,00	21,73	2,38	51,71
20	12612,50	12,61	4,76	60,04
50	6105,00	6,11	11,90	72,65
100	3600,00	3,60	23,80	85,68

A-53. Lecturas promedio de la evaluación reológica durante el almacenamiento a 30 °C por 25 días.

Velocidad (RPM)	Viscosidad promedio (cP)	Pa-S	γ	τ (Pa)
0,5	191750,00	191,75	0,12	22,82
1	126750,00	126,75	0,24	30,17
2,5	56600,00	56,60	0,60	33,68
5	35616,67	35,62	1,19	42,38
10	20437,50	20,44	2,38	48,64
20	12254,00	12,25	4,76	58,33
50	5785,00	5,79	11,90	68,84
100	3400,00	3,40	23,80	80,92

A-54 Lecturas promedio de la evaluación reológica durante el almacenamiento a 30 °C por 30 días.

Velocidad (RPM)	Viscosidad promedio (cP)	Pa-S	γ	τ (Pa)
0,5	187750,00	187,75	0,12	22,34
1	121000,00	121,00	0,24	28,80
2,5	52950,00	52,95	0,60	31,51
5	32350,00	32,35	1,19	38,50
10	19250,00	19,25	2,38	45,82
20	11308,33	11,31	4,76	53,83
50	5377,50	5,38	11,90	63,99
100	3205,83	3,21	23,80	76,30

A-55. Lecturas promedio de la evaluación reológica durante el almacenamiento a 30 °C por 35 días.

Velocidad (RPM)	Viscosidad promedio (cP)	Pa-S	γ	τ (Pa)
0,5	177500,00	177,50	0,12	21,12
1	108333,33	108,33	0,24	25,78
2,5	48900,00	48,90	0,60	29,10
5	30600,00	30,60	1,19	36,41
10	17825,00	17,83	2,38	42,42
20	10687,50	10,69	4,76	50,87
50	5041,67	5,04	11,90	60,00
100	2975,00	2,98	23,80	70,81

A-56. Lecturas promedio de la evaluación reológica durante el almacenamiento a 40 °C por 5 días.

Velocidad (RPM)	Viscosidad promedio (cP)	Pa-S	γ	τ (Pa)
0,5	296750,00	296,75	0,12	35,31
1	165500,00	165,50	0,24	39,39
2,5	87350,00	87,35	0,60	51,97
5	49500,00	49,50	1,19	58,91
10	27800,00	27,80	2,38	66,16
20	16712,50	16,71	4,76	79,55
50	7845,00	7,85	11,90	93,36
100	4608,00	4,61	23,80	109,67

A-57. Lecturas promedio de la evaluación reológica durante el almacenamiento a 40 °C por 10 días.

Velocidad (RPM)	Viscosidad promedio (cP)	Pa-S	γ	τ (Pa)
0,5	284750,00	284,75	0,12	33,89
1	156250,00	156,25	0,24	37,19
2,5	77900,00	77,90	0,60	46,35
5	42950,00	42,95	1,19	51,11
10	25725,00	25,73	2,38	61,23
20	14012,50	14,01	4,76	66,70
50	6940,00	6,94	11,90	82,59
100	3797,50	3,80	23,80	90,38

A-58. Lecturas promedio de la evaluación reológica durante el almacenamiento a 40 °C por 15 días.

Velocidad (RPM)	Viscosidad promedio			
	(cP)	Pa-S	γ	τ (Pa)
0,5	263000,00	263,00	0,12	31,30
1	135750,00	135,75	0,24	32,31
2,5	68850,00	68,85	0,60	40,97
5	37300,00	37,30	1,19	44,39
10	20775,00	20,78	2,38	49,44
20	12162,50	12,16	4,76	57,89
50	5625,00	5,63	11,90	66,94
100	3255,00	3,26	23,80	77,47

A-59. Lecturas promedio de la evaluación reológica durante el almacenamiento a 40 °C por 20 días.

Velocidad (RPM)	Viscosidad promedio			
	(cP)	Pa-S	γ	τ (Pa)
0,5	199550,00	199,55	0,12	23,75
1	129750,00	129,75	0,24	30,88
2,5	63900,00	63,90	0,60	38,02
5	35150,00	35,15	1,19	41,83
10	19900,00	19,90	2,38	47,36
20	11854,17	11,85	4,76	56,43
50	5665,00	5,67	11,90	67,41
100	3257,50	3,26	23,80	77,53

A-60. Lecturas promedio de la evaluación reológica durante el almacenamiento a 40 °C por 25 días.

Velocidad (RPM)	Viscosidad promedio (cP)	Pa-S	γ	τ (Pa)
0,5	179750,00	179,75	0,12	21,39
1	123000,00	123,00	0,24	29,27
2,5	52666,67	52,67	0,60	31,34
5	32611,10	32,61	1,19	38,81
10	18725,00	18,73	2,38	44,57
20	10583,25	10,58	4,76	50,38
50	5225,00	5,23	11,90	62,18
100	3042,50	3,04	23,80	72,41

A-61. Lecturas promedio de la evaluación reológica durante el almacenamiento a 40 °C por 30 días.

Velocidad (RPM)	Viscosidad promedio (cP)	Pa-S	γ	τ (Pa)
0,5	175750,00	175,75	0,12	20,91
1	110833,33	110,83	0,24	26,38
2,5	49066,67	49,07	0,60	29,19
5	28000,00	28,00	1,19	33,32
10	16425,00	16,43	2,38	39,09
20	9987,50	9,99	4,76	47,54
50	4760,00	4,76	11,90	56,64
100	2785,00	2,79	23,80	66,28

A-62. Lecturas promedio de la evaluación reológica durante el almacenamiento a 40 °C por 35 días.

Velocidad (RPM)	Viscosidad promedio (cP)	Pa-S	γ	τ (Pa)
0,5	164750,00	164,75	0,12	19,61
1	84000,00	84,00	0,24	19,99
2,5	41550,00	41,55	0,60	24,72
5	25308,25	25,31	1,19	30,12
10	14825,00	14,83	2,38	35,28
20	8762,50	8,76	4,76	41,71
50	4165,00	4,17	11,90	49,56
100	2435,00	2,44	23,80	57,95

A-63. Lecturas promedio de la evaluación reológica durante el almacenamiento a 50 °C por 5 días.

Velocidad (RPM)	Viscosidad promedio (cP)	Pa-S	γ	τ (Pa)
0,5	268000,00	268,00	0,12	31,89
1	154750,00	154,75	0,24	36,83
2,5	74900,00	74,90	0,60	44,57
5	43900,00	43,90	1,19	52,24
10	25950,00	25,95	2,38	61,76
20	14812,50	14,81	4,76	70,51
50	7330,00	7,33	11,90	87,23
100	4377,50	4,38	23,80	104,18

A-64. Lecturas promedio de la evaluación reológica durante el almacenamiento a 50 °C por 10 días.

Velocidad (RPM)	Viscosidad promedio (cP)	Pa-S	γ	τ (Pa)
0,5	252750,00	252,75	0,12	30,08
1	144250,00	144,25	0,24	34,33
2,5	66750,00	66,75	0,60	39,72
5	36900,00	36,90	1,19	43,91
10	22750,00	22,75	2,38	54,15
20	12687,50	12,69	4,76	60,39
50	6240,00	6,24	11,90	74,26
100	3605,00	3,61	23,80	85,80

A-65. Lecturas promedio de la evaluación reológica durante el almacenamiento a 50 °C por 15 días.

Velocidad (RPM)	Viscosidad promedio (cP)	Pa-S	γ	τ (Pa)
0,5	245750,00	245,75	0,12	29,24
1	127000,00	127,00	0,24	30,23
2,5	61200,00	61,20	0,60	36,41
5	33450,00	33,45	1,19	39,81
10	18650,00	18,65	2,38	44,39
20	10225,00	10,23	4,76	48,67
50	4655,00	4,66	11,90	55,39
100	2600,00	2,60	23,80	61,88

A-66. Lecturas promedio de la evaluación reológica durante el almacenamiento a 50 °C por 20 días.

Velocidad (RPM)	Viscosidad promedio (cP)	Pa-S	γ	τ (Pa)
0,5	174500,00	174,50	0,12	20,77
1	104250,00	104,25	0,24	24,81
2,5	51316,58	51,32	0,60	30,53
5	27700,00	27,70	1,19	32,96
10	16350,00	16,35	2,38	38,91
20	9225,00	9,23	4,76	43,91
50	4475,00	4,48	11,90	53,25
100	2527,50	2,53	23,80	60,15

A-67. Lecturas promedio de la evaluación reológica durante el almacenamiento a 50 °C por 25 días.

Velocidad (RPM)	Viscosidad promedio (cP)	Pa-S	γ	τ (Pa)
0,5	168250,00	168,25	0,12	20,02
1	102000,00	102,00	0,24	24,28
2,5	45800,00	45,80	0,60	27,25
5	25416,67	25,42	1,19	30,25
10	15400,00	15,40	2,38	36,65
20	8708,33	8,71	4,76	41,45
50	4045,15	4,05	11,90	48,14
100	2302,50	2,30	23,80	54,80

A-68. Lecturas promedio de la evaluación reológica durante el almacenamiento a 50 °C por 30 días.

Velocidad (RPM)	Viscosidad promedio (cP)	Pa-S	γ	τ (Pa)
0,5	125000,00	125,00	0,12	14,88
1	87250,00	87,25	0,24	20,77
2,5	38900,00	38,90	0,60	23,15
5	22625,00	22,63	1,19	26,92
10	13750,00	13,75	2,38	32,73
20	7845,00	7,85	4,76	37,34
50	3800,00	3,80	11,90	45,22
100	2220,00	2,22	23,80	52,84

A-69. Lecturas promedio de la evaluación reológica durante el almacenamiento a 50 °C por 35 días.

Velocidad (RPM)	Viscosidad promedio (cP)	Pa-S	γ	τ (Pa)
0,5	121000,00	121,00	0,12	14,40
1	73250,00	73,25	0,24	17,43
2,5	34055,54	34,06	0,60	20,26
5	19500,00	19,50	1,19	23,21
10	11200,00	11,20	2,38	26,66
20	6587,50	6,59	4,76	31,36
50	3120,00	3,12	11,90	37,13
100	1795,00	1,80	23,80	42,72