UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

EVALUACIÓN FISICOQUÍMICA, SENSORIAL Y REOLÓGICA DE LA MERMELADA DE TOMATE DE ÁRBOL (*Cyphomandra betacea*)

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

PRESENTADO POR:

CHAVEZ HUAYTA, MARIA FERNANDA

Promoción 2019-II

Tingo María – Perú

2022

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María
FACULTAD DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
Carretera Central Km. 1.21. Teléfono (062) 561385Apartado Postal 156 Tingo María
E.mail; fiia@unas.edu.pe

"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional".

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS Nº 005-2022

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos en acto público en forma virtual a las 10:00 horas del día 22 de marzo del 2022, en el equipo: Sustentación de Tesis de Pregrado FIIA-UNAS en la Plataforma Ms Teams, para calificar la tesis presentada por laBach. **CHAVEZ HUAYTA MARIA FERNANDA**, titulada:

EVALUACIÓN FISICOQUÍMICA, SENSORIAL Y REOLÓGICA DE MERMELADA DE TOMATE DE ÁRBOL (*Cyphomandra betacea*)

Después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las preguntas formuladas, lo declaran **APROBADO con** el calificativo de **MUY BUENO,** en consecuencia, la sustentante, queda apta para obtener el título de **Ingeniero en Industrias Alimentarias**,de conformidad con el artículo 45º numeral 45.2, de la Ley Universitaria 30220; los artículos 132 inciso “k” y 135 inciso “f” del Estatuto de la Universidad Nacional Agraria dela Selva.

Tingo María,22 de marzo de 2022

Ing. Alfredo Abelardo Carmona Ruiz
Presidente

Ing. Yolanda Jesús Ramírez Trujillo
Miembro

Dr. Jaime Eduardo Basilio Atencio
Miembro

Ing. Luz Milagros Follegatti Romero
Asesora

Ing. Hans Joan Tafur Pereda
Asesor

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL
(RIDUNAS)
Correo: repositorio@unas.edu.pe

"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 155 - 2023 - CS-RIDUNAS

El Coordinador de la Oficina de Repositorio Institucional Digital de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

CERTIFICA QUE:

El trabajo de investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Facultad:

Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de investigación	

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
EVALUACIÓN FISICOQUÍMICA, SENSORIAL Y REOLÓGICA DE LA MERMELADA DE TOMATE DE ÁRBOL (Cyphomandra betacea)	CHAVEZ HUAYTA, MARIA FERNANDA	21% Veintiuno

Tingo María, 15 de junio de 2023

Mg. Ing. García Villegas, Christian
Coordinador del Repositorio Institucional Digital (RIDUNAS)

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
OFICINA DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

REGISTRO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TITULO UNIVERSITARIO, INVESTIGACIÓN DOCENTE Y TESISTA

(Resol. Nº 113-2019-CU-R-UNAS)

I. Datos Generales de Pregrado

Universidad	:	Universidad Nacional Agraria de la Selva.
Facultad	:	Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias.
Título de tesis	:	Evaluación fisicoquímica, sensorial y reológica de la mermelada de tomate de árbol (*cyphomandra betacea*)
Autor	:	Chavez Huayta, María Fernanda
Asesor de tesis	:	Ing. M.Sc. Follegatti Romero, Luz Milagros Ing. M.Sc. Tafur Pereda, Hans
Escuela Profesional	:	Ingeniería en Industrias Alimentarias.
Programa de investigación	:	Ingeniería de alimentos.
Línea(s) de investigación	:	Ingeniería de alimentos.
Eje Temático	:	Propiedades termofísicas y reológicas
Lugar de ejecución	:	Universidad Nacional Agraria de la Selva
Duración	:	Inicio : Junio 2021 Término : Diciembre 2021
Financiamiento	:	FEDU : No. Propio : S/4242.70

Tingo María, Perú, mayo 2023.

Ing. M.Sc. Follegatti Romero, Luz Milagros Asesor	Ing. M.Sc. Tafur Pereda, Hans Asesor	Chavez Huayta, María Fernanda Tesista

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

EVALUACIÓN FISICOQUÍMICA, SENSORIAL Y REOLÓGICA DE LA MERMELADA DE TOMATE DE ÁRBOL (*Cyphomandra betacea*)

Autor : Chavez Huayta, María Fernanda

Asesores : Ing. M.Sc. Follegatti Romero, Luz Milagros
Ing. M.Sc. Tafur Pereda, Hans

Programa de investigación : Ingeniería de Alimentos

Línea de investigación : Ingeniería de Alimentos

Eje temático : Propiedades termofísicas y reológicas

Lugar de ejecución : Universidad Nacional Agraria de la Selva

Duración : 6 meses

Financiamiento : Propio

Tingo María - Perú 2023

DEDICATORIA

A **DIOS** por haberme dado sabiduría, salud y perseverancia para culminar uno de mis proyectos más importantes en mi vida además de su infinita bondad y amor.

A mis amados padres: **Florentina H., Daniel C**. merecen un reconocimiento especial por todo su amor, comprensión y apoyo incondicional durante el trayecto de mi vida profesional gracias por estar conmigo en todo momento.

A mis queridas hermanas: **Dayana y Mayra** ***(en memoria)*** gracias por los consejos, por su cariño, por creer en mí y por las palabras de aliento que me hacían sentir orgulloso de lo que soy y de lo que les puedo enseñar.

AGRADECIMIENTO

- A Dios por bendecirnos y fortalecer mi corazón e iluminar mi mente, por guiarnos a lo largo de nuestra existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad
- A mi familia que son mi motor y mi mayor inspiración, que a través de su amor, consejos y sacrificio he llegado a culminar un peldaño más de mi vida.
- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, mi alma mater por acogerme en sus aulas, a la facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias, docentes y administrativos, por haberme brindado sus conocimientos para desarrollarme en mi profesionalmente.
- A la Ing. M.Sc. Follegatti Luz Romero, Asesora, por sus orientaciones, confianza, paciencia en el asesoramiento del presente trabajo y al Ing. M.Sc. Hans Tafur Pereda por sus aportes y sugerencias para la culminación de la tesis.
- A los jurados de tesis Ing. Msc. Alfredo Abelardo Carmona Ruiz (presidente), a la Ing. Msc. Ramírez Trujillo, Yolanda Jesús (miembro), y al Ing. M.Sc. Jaime Eduardo Basilio Atencio, (miembro) por sus por sus orientaciones para el desarrollo y culminación de este trabajo de investigación.
- A todas aquellas amistades que compartieron buenos momentos y contribuyeron en la realización de este trabajo de investigación.

ÍNDICE

Página

I. INTRODUCCIÓN 1

II. REVISIÓN DE LITERATURA 3

2.1. Tomate de árbol 3

2.1.1. Origen y distribución geográfica 3

2.1.2. Clasificación taxonómica 3

2.1.3. Composición nutricional 4

2.1.4. Requerimientos de cultivo y producción 4

2.1.5. Características generales 5

2.1.6. Uso e industrialización 6

2.2. Mermelada 6

2.3. Materias primas e insumos 7

2.3.1. Frutas 7

2.3.2. Azúcar 7

2.3.3. Pectina 8

2.3.4. Ácido cítrico 8

2.3.5. Defectos de la mermelada 9

2.3.6. Mermelada poco firme 9

2.3.7. Mermelada fuerte 9

2.3.8. Sinéresis 9

2.3.9. Cristalización 9

2.3.10 Cambio de color 10

2.3.11 Desarrollo de microorganismos 10

2.4. Reología de alimentos 10

2.4.1. Clasificación de los fluidos 11

2.4.2. Modelos matemáticos de la reología de alimentos 12

2.4.3. Factores que afectan en el comportamiento reológico 13
2.5. Estabilidad en el almacenamiento 14
2.5.1. Pruebas aceleradas 14
2.5.2. Orden de reacción 15
III. MATERIALES Y MÉTODOS 17
3.1. Lugar de Ejecución 17
3.2. Muestra e insumos 17
3.2.1. Muestra 17
3.2.2. Insumos 17
3.3. Materiales y equipos 17
3.3.1. Materiales y/o instrumentos de vidrio 17
3.3.2. Materiales de plástico y madera 18
3.3.3. Equipos y máquinas para procesamiento 18
3.3.4. Reactivos 18
3.4. Metodología de análisis 18
3.4.1. Análisis fisicoquímico 18
3.4.2. Análisis sensorial 18
3.4.3. Análisis reológico 19
3.5. Metodología experimental 19
3.5.1. Evaluación fisicoquímica del tomate de árbol 19
3.5.2. Proceso de elaboración de mermelada 19
3.5.3. Evaluación sensorial 21
3.5.4. Evaluación reológica 21
3.5.5. Evaluación en el almacenamiento 21
3.5.6. Evaluación fisicoquímica de la mermelada más aceptable 22
3.6. Diseño experimental 22
3.7. Análisis estadístico 23

3.7.1. Evaluación sensorial 23
3.7.2. Evaluación reológica mermelada de tomate de árbol 23
3.7.3. Evaluación en el almacenamiento 24
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 25
4.1. Caracterización fisicoquímica de la fruta de tomate de árbol 25
4.2. Parámetros para la elaboración de mermelada 27
4.3. Análisis sensorial de la mermelada 27
4.3.1. Aroma 28
4.3.2. Color 28
4.3.3. Sabor 28
4.3.4. Textura 29
4.3.5. Apariencia 29
4.4. Evaluación reológica de los tratamientos 30
4.5. Evaluación durante el almacenamiento 38
4.5.1. Para el almacenamiento a diferentes temperaturas del mejor tratamiento 40
4.5.2. Determinación del orden de reacción 44
4.5.3. Energía de activación (Ea) para la cinética de pérdida de textura 45
4.6. Evaluación fisicoquímica de la mermelada de tomate de árbol 48
V. CONCLUSIONES 51
VI. RECOMENDACIONES 52
VII. REFERENCIA BIBLIOGRAFICA 53
ANEXOS 65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla Página

1. Composición química del tomate de árbol por 100 g de pulpa 4
2. Variedades de Tomate de árbol 5
3. Principales modelos matemáticos de reología de alimentos 12
4. Ecuación para los parámetros de calidad en función del tiempo para diferentes órdenes de reacción 16
5. Caracterización fisicoquímica de la fruta de tomate de árbol 25
6. Resultados de la evaluación sensorial 27
7. Parámetros reológicos de los tratamientos de elaboración de mermelada de tomate de árbol 30
8. Relación entre la evaluación reológica y sensorial 36
9. Valores promedio de los parámetros reológicos de la mermelada de tomate de árbol, almacenada a diferentes temperaturas. 38
10. Constantes de velocidad de reacción (k) y coeficientes de correlación (R2) para órdenes de reacción cero y uno 45
11. Coeficientes de velocidad de reacción (k) a diferentes temperaturas ajustada en orden cero 45
12. Coeficientes de velocidad de reacción (k) a diferentes temperaturas ajustada en orden uno 46
13. Evaluación fisicoquímica de la mermelada de tomate de árbol. 48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura Página

1. Tipos de fluidos independientes del tiempo 12
2. Flujograma para la elaboración de mermelada de tomate de árbol 20
3. Diseño experimental para la elaboración de mermelada de tomate de árbol 22
4. Diseño experimental para la evaluación reológica durante el almacenamiento a diferentes temperaturas del mejor tratamiento 22
5. Efectos principales para coeficientes de consistencia 32
6. Superficie de respuesta de la viscosidad aparente. 32
7. Contornos de Superficie de respuesta de la viscosidad aparente 33
8. Reograma del mejor tratamiento (50/50; 0% de pectina) 33
9. Efectos principales para índice de flujo 35
10. Superficie de respuesta del índice de flujo 35
11. Contornos de Superficie de respuesta del índice de flujo 36
12. Relación entre índice de consistencia con la evaluación sensorial para los diferentes tratamientos.. 37
13. Reogramas de la mermelada de tomate de árbol durante el almacenamiento a 40 °C. 39
14. Reogramas de la mermelada de tomate de árbol durante el almacenamiento a 50 °C 39
15. Reogramas de la mermelada de tomate de árbol durante el almacenamiento a 60 °C 40
16. Efectos principales en el Coeficiente de consistencia durante el almacenamiento 41
17. Superficie de respuesta de viscosidad aparente durante el almacenamiento 41
18. Contorno de la superficie de respuesta de la viscosidad aparente durante el almacenamiento.. 41
19. Efectos principales en el Índice de flujo durante el almacenamiento 42
20. Superficie de respuesta del índice de flujo durante el almacenamiento 43
21. Contorno de la superficie de respuesta del índice de flujo durante el almacenamiento 43
22. Índice de consistencia almacenada a diferentes temperaturas. Cinética de orden cero. 44
23. Índice de consistencia almacenada a diferentes temperaturas. Cinética de orden uno. 44
24. Relación de coeficiente de velocidad de reacción (k) con la inversa de temperatura ajustada en el orden cero 46
25. Relación de coeficiente de velocidad de reacción (k) con la inversa de temperatura ajustada en el orden uno 47

RESUMEN

El tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* S.) es una fruta originaria de los Andes peruanos que se distingue por su sabor peculiar y compuestos antioxidantes. Debido a su capacidad gelificante, se ha propuesto su uso en la elaboración de mermeladas, lo que requiere investigar sus características fisicoquímicas, evaluación sensorial, parámetros reológicos y estabilidad durante el almacenamiento a diferentes temperaturas (40, 50 y 60 °C). Se elaboraron seis tratamientos con diferentes concentraciones de pulpa, azúcar y pectina, y se evaluaron mediante pruebas sensoriales y reológicas para determinar el mejor tratamiento. El tratamiento con 50% de pulpa y 50% de azúcar sin pectina resultó en la mejor apreciación sensorial y tuvo una humedad del 29,66%, ceniza del 0,35%, proteína del 0,60%, grasa del 0,36%, fibra cruda del 1,36%, carbohidratos del 67,47%, acidez titulable de 0,87, pH de 3,5 y sólidos solubles (°Bx) de 65. Respecto a la evaluación reológica obtuvo un comportamiento pseudoplástico ($n<1$) con un índice de consistencia (m) de 32,136 $Pa\text{-}S^n$ ajustado al modelo de Ley de potencia. Durante el almacenamiento de la mermelada se evaluó la energía de activación (Ea=1,500 kcal/mol), la cual se relaciona con la degradación de la viscosidad y textura debido al aumento de temperatura y tiempo. Esta energía representa la cantidad de energía necesaria para las reacciones químicas que afectan las propiedades físicas de la mermelada durante el almacenamiento. En general, estos hallazgos proporcionan información importante para mejorar la calidad y estabilidad de la mermelada de tomate de árbol.

Palabras claves: energía de activación, mermelada, orden de reacción, reología, viscosidad.

ABSTRACT

The tree tomato (Cyphomandra betacea S.) is a fruit that originated in the Peruvian Andes, which is distinguished by its peculiar flavor and antioxidant compounds. Due to its jellification capacity, it has been proposed that it be used in the elaboration of jams, which required that its physicochemical characteristics, sensory evaluation, rheological parameters, and stability during storage at different temperatures (40, 50 y 60 °C) be researched. Six treatments were elaborated with different concentrations of pulp, sugar, and pectin, and they were evaluated through sensory and rheological tests in order to determine the best treatment. The treatment with 50% pulp and 50% sugar, without pectin, resulted to have the best sensory appreciation, and had a humidity of 29.66%, ash of 0.35%, protein of 0.60%, fat of 0.36%, raw fiber of 1.36%, carbohydrates of 67.47%, titratable acid of 0.87, pH of 3.5, and soluble solids of 65 °Bx. With respect to the rheological evaluation, a pseudoplastic behavior was obtained ($n<1$) with a consistency index (m) of 32.136 Pa-Sn, which fit the power law model. While the jam was stored, the activation energy was evaluated (Ea = 1.500 kcal/mol), which was related to the degradation of the viscosity and texture due to the increase in temperature and time. This energy represented the amount of energy necessary for the chemical reactions which affected the physical properties of the jam during storage. In general, these findings provided important information for improving the quality and stability of the tree tomato jam.

Keywords: activation energy, jam, reaction order, rheology, viscosity

I. INTRODUCCIÓN

El tamarillo, también denominado tomate de árbol (Cyphomandra betacea S.), es una fruta originaria de las regiones andinas. ampliamente cultivado en las zonas de clima frío moderado es originaria de los Andes Peruanos disperso en países como Bolivia, Ecuador, Colombia y Perú. Esta planta ha adquirido importancia por su contenido de compuestos antioxidantes, principalmente la vitamina C (ácido ascórbico), debido a sus propiedades medicinales está relacionada con capacidad de prevenir diversas enfermedades, como las cardiovasculares, el cáncer, la diabetes y la regulación del colesterol, entre otras condiciones de salud.

Actualmente, es una especie poco estudiada y conocida en nuestro país su producción es reducido a medianos productores debido a que su cultivo no se desarrolla a gran escala, afectando la calidad del fruto, susceptibilidad de insectos, plagas y enfermedades (Carrillo et al., 2015). Su consumo de esta fruta es diverso puesto a que presenta excelentes características tales como aroma agradable y sabor agridulce además de ser una rica fuente de pectina, la pulpa es utilizada en preparación de salsas, jaleas, mermeladas y una variedad de dulces estos son los productos de mayor perspectiva comercial por poseer una serie de aspectos favorables para su desarrollo y producción.

La mermelada de tomate de árbol es una alternativa para el aprovechamiento dándole valor agregado a la fruta, además de impulsar un producto con mayor contenido nutricional, actualmente el consumidor se ve atraído por su adición de productos exóticos naturales convirtiéndose en una opción atractiva y nutricional para la industria alimentaria.

El conocimiento reológico es necesario para el diseño del equipo de proceso y desarrollo del producto a menudo se utiliza como una herramienta esencial para control de calidad, esto se debe a que las propiedades reológicas de los alimentos pueden determinar la estabilidad de los productos líquidos y semisólidos fabricados en diferentes condiciones de almacenamiento incluso se puede predecir el comportamiento de flujo de una materia prima (Zheng, 2019).

Por otro lado, es importante tener información de las características reológicas de la mermelada de tomate de árbol debido que la textura es un elemento esencial para la palatabilidad de los alimentos estando directamente relacionada con la aceptabilidad del producto dicha información será necesaria para conocer las propiedades reológicas siendo útil para el diseño de equipos, control de calidad y tiempo de vida útil del producto.

Con la finalidad de conocer el procesamiento de mermelada de tomate de árbol y su comportamiento reológico se convierte en una buena opción para ingerir productos innovadores resaltando las características nutricionales y sensoriales del producto y de alguna manera se estaría promoviendo el consumo de la fruta, permitiendo su industrialización. Se establecieron los siguientes objetivos:

- Determinar la composición fisicoquímica del fruto tomate de árbol
- Optimizar de los parámetros para elaborar mermelada de tomate de árbol.
- Analizar el comportamiento reológico de la mermelada de tomate de árbol variando las concentraciones de pulpa, azúcar y pectina.
- Evaluar la estabilidad de la mermelada de tomate de árbol en el almacenamiento, empleando pruebas aceleradas variando temperaturas (40, 50 y 60 °C).
- Determinar la composición fisicoquímica del mejor tratamiento de la mermelada de tomate de árbol.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Tomate de árbol

2.1.1. Origen y distribución geográfica

Cyphomandra betacea conocido como tomate de árbol es considerado como un fruto andino exótico, resalta por sus cualidades nutricionales y componentes bioactivos, tiene un gran potencial para la obtención de productos alimenticios, como mermeladas y conservas (Acosta et al., 2015). Es una planta nativa de América del Sur, cuyo origen está en las regiones del clima moderado y tropical de Sudamérica, extendiéndose por Venezuela, Colombia, Ecuador, Chile, Bolivia y Perú es considerado el centro de domesticación de la planta. En los países de Colombia y Nueva Zelanda la producción comercial se está desarrollando para la exportación (Diaz et al., 2013). Actualmente el tomate de árbol *(Cyphomandra betacea*) es el principal productor y distribuidor a nivel mundial es Nueva Zelanda con 32000 TM anuales (Vasco et al., 2009).

En el Perú esta especie se desarrolla entre los 1500 a 3000 msnm existen dos variedades de este fruto, actualmente su mayor producción está en los departamentos Huancavelica, Huánuco, Junín, Ayacucho y Cusco; se ha registrado que su producción anualmente es de 50-70 toneladas en la región Andina, es por ello que existen pocos estudios relacionados a este fruto en el Perú (INIA, 2007).

2.1.2. Clasificación taxonómica

De acuerdo con UICN (2004), el tomate de árbol tiene la siguiente taxonómica:

Reino : Plantae
Clase : Dicotildoneas
Subclase: Simpetalas
Género : Cyhomandra
Orden : Tubifloras
Familia : Solanaceae
Especie : Cyhomandra betaceum cav
Nombre común : sacha tomate, tomate de árbol, tomatillo.

2.1.3. Composición nutricional

Gannasin (2015) menciona que esta fruta resalta por sus proporciones de fibra soluble, almidón, proteína, antocianinas y carotenoides convirtiéndola en una fruta características peculiares que contribuyen la prevención de enfermedades crónicas, los hidrocoloides que tiene esta fruta presentan buena capacidad de retención de agua, propiedades emulsionantes, también cuenta con cualidades pigmentarias, un factor importante en la retención de pigmentos polares (antocianinas) y no polares (carotenoides) se encuentran en el mesocarpio.

Preciado (2014) menciona que su componente principal es el agua (81-88%), posee mayor contenido en provitamina A, vitamina C, B6 y E, presenta mayor concentración de antioxidantes lo que le confiere a un menor riesgo de sufrir algún tipo de enfermedades. Arboleda et al. (2013) resalta que su consumo está asociado en la reducción del colesterol y el aporte de fibra de tal modo que favorece el tracto intestinal, es caracterizado por su contenido de minerales como Ca, Fe, P y aminoácidos libres su bajo nivel de calorías que varían según su variedad.

Tabla 1. Composición química del tomate de árbol por 100 g de pulpa

Componentes	Cantidad (100 g de pulpa)
Humedad (%)	85,46
Proteína total (g)	1,86
Grasa total (g)	0,63
Carbohidratos (g)	10,03
Fibra total (g)	1,20
Acido Ascorbico (mg)	25,0
Solidos totales (°Brix)	14,54
Azucares reductores (%)	5,29

Fuente: Tabares & Velásquez (2003)

2.1.4. Requerimientos de cultivo y producción

El tomate de árbol es más eficiente en zonas templadas y frías, desarrollándose en temperaturas entre 13 – 20 °C, crece entre los 2000 a 2400 m.s.n.m. (Prohens & Nuez, 2001). La humedad relativa para el cultivo varía entre 70%-80% de alguna manera es favorable para la polinización. Aviles (2012) considera que las ramas del tomate de árbol se quiebran fácilmente debido a que la planta no resiste lugares ventosos por lo que la producción se ve afectada.

El cultivo de este fruto es uno de los más importantes en climas fríos, sin embargo, las enfermedades patógenas disminuyen la capacidad fotosintética de la hoja a tal punto 0de desmejorar la calidad del fruto (tamaño, color y textura) (Fonseca et al., 2019). Su crecimiento se desarrolla mejor en suelos profundos y fértiles con buen contenido de materia orgánica ligeramente ácidos donde se cultivan cítricos con pH 5.5 – 6.5 puesto que a partir de las semillas su propagación es más fácil (Cerón et al., 2016).

2.1.5. Características generales

Según Carrera (2013), a medida que va alcanzando una altura entre 2 y 3 m su duración disminuye debido a que es una planta subtropical por lo regular en los trópicos esta planta se adapta mejor, pocas veces llega a medir 5 m de altura. En el Perú existen dos tipos: Las hojas son perennes y grandes, tienen un tamaño 30 a 40 cm de largo y forma de corazón, con respecto a sus flores son pequeñas y de color rosado (Revelo et al., 2011). En la Tabla 2 se presentan las variedades que son las más importantes:

Tabla 2. Variedades de Tomate de árbol

Variedad	Descripción
Rojo puntón	Esta variedad presenta una piel de color rojo con vetas moradas, mientras que la pulpa y el mucílago que rodean a las semillas tienen un tono anaranjado medio. Estos frutos exhiben un contenido de azúcar de 14,8 °Brix y tienen un peso promedio de 60 g.
Anaranjado gigante	El color de piel son anaranjados en su interior la pulpa es gelatinosa y jugosa contiene muchas semillas color amarillo, presenta 13,2 °Brix; tienen un peso de 118 g.
Amarillo puntón	La piel, pulpa y mucílago son de color anaranjado. Con una madurez 14,42 grados °Brix, esta variedad es poco cultivado y comercializado con un peso de 85 g.
Morado puntón	La piel es de color rojo oscuro, la pulpa y mucílago son de color rojo oscuro a púrpura, con. 15 °Brix, es más requerido por los consumidores debido a su color, es más atractivo aunque el sabor es más ácido que el anaranjado con un peso de 117 g.

Fuente: Ávila, (2009).

2.1.6. Uso e industrialización

Consumo: Se ha incursionado esta fruta exótica, siendo apropiado para el consumo en forma natural o en elaboración de bebidas, jugos, concentrados, helados, mermeladas, jaleas, salsas, se ha reportado que próximamente se aplicaran en productos de panadería, papillas para bebés y salsas picantes (Revelo et al., 2011; Silva et al., 2017). Según Prohens & Nuez (2001) manifiesta que tiene excelentes características para el enlatado en almíbar, elaboración de jaleas, yogurt, debido a su alto contenido de pectina.

Salud: Ceron & Cardona (2010) reportaron estudios de propiedades medicinales por su capacidad antioxidante, utilizando para la prevención de ciertas enfermedades cardiovasculares. Actualmente se está utilizando la cascara de esta fruta como tratamiento antimicrobiano (Ávila et al., 2016).

2.2. Mermelada

La preparación de mermeladas es una técnica adecuada que permite la conservación de frutas perecederas, se considera un producto obtenido por concentración a partir de la pulpa de una sola fruta o frutas mixtas con adición de azúcar (sacarosa), pectina, ácido y otros ingredientes (conservante, cantidad limitada de cáscaras de fruta); debe contener un mínimo de fruta del 40% y el contenido total de sólidos solubles no debe ser inferior al 68% (Featherstone et al., 2016).

La calidad de la mermelada se ve afectada por diversos factores, como la sanidad, madurez y composición de las frutas utilizadas. Es importante evitar el procesamiento de frutas que presenten signos de descomposición, así como altos niveles de pesticidas y sustancias utilizadas para prevenir plagas, ya que pueden alterar el sabor y la calidad sanitaria de la mermelada (Javanmard & Endan, 2010). La fruta proporciona a la mermelada características específicas como es el sabor; si bien la pectina, los ácidos y azúcares permiten la formación de gel en dicho producto, la cantidad de pectina varía según el tipo de variedad y estado de madurez (Azofeifa, 2016).

La elaboración de mermeladas es el método común de conservación de la fruta y una alternativa importante para procesamiento, recuperación y consumo de frutos, el principal factor es una alta concentración de azúcar que ayuda a la conservación esta azúcar agregada debe estar alrededor 65 a 68% de solidos solubles o grados Brix, de tal manera previene los contaminantes alimentarios como B.cereus y S. cerevisiae de crecer y causar el deterioro del producto (De souza et al., 2018).

Las bacterias, levaduras y hongos son destruidos mediante altas temperaturas de cocción, generalmente entre 70 y 80 °C. Si el producto mantiene un pH dentro del rango establecido de 2,8 a 3,8, estará protegido contra el crecimiento de microorganismos, ya que no pueden desarrollarse en este nivel de acidez. Además, este proceso de producción utiliza métodos de conservación que implican la reducción de la actividad del agua y los sólidos solubles, lo que permite prolongar la vida útil de las frutas (Valle, 2017).

2.3. Materias primas e insumos

2.3.1. Frutas

La materia prima e insumos a utilizar serán parámetros críticos en la elaboración de la mermelada, se debe considerar en la elaboración frutas sanas, color, apariencia, consistencia, grado de descomposición y madurez (Escobar et al., 2021). Para la elaboración de mermelada, la materia prima a utilizar debe estar libre de cualquier agente patógeno, mohos, levaduras y bacterias, de esa manera evitar riesgo de deterioro microbiológico, después de su recolección debe ser manejada apropiadamente (Perez, 2015).

Las frutas deben cosecharse en la etapa óptima de maduración, ya que las frutas verdes son deficientes en varios aspectos sensoriales, como el sabor, aroma y color, las frutas con una sobre maduración tienden a no formar gel, debido a las pérdidas de pectina por acción enzimática (Tavassoli-Kafrani et al., 2020).

2.3.2. Azúcar

El azúcar es un insumo primordial que es aportado con la finalidad de funcionar como edulcorante y conservante, la interacción entre la pectina y el azúcar contribuyen a la formación de la consistencia del gel además atrae y retiene el agua, en el proceso de gelificación, el color de la fruta se mantiene permitiendo conservar las características de la mermelada (Shinwari & Rao, 2020). El factor principal de conservación es la alta concentración de azúcar es decir a mayor cantidad de sacarosa inhibe el crecimiento microbiano (Disha et al., 2017).

Javanmard & Endan (2010) consideran que el azúcar es un componente importante en la mermelada debido a su capacidad para prolongar la vida útil, su adición mejora el sabor, textura y apariencia del producto estos factores permiten que el azúcar sea uno de los más importantes constituyentes para productos elaborados con frutas. El azúcar invertido es preparado a alta temperatura y acidez, se produce la inversión de la sacarosa, la inversión es una hidrolisis en medio acido se descompone en glucosa y fructosa conocido como azúcar

invertido, la tasa de inversión depende de la temperatura, tiempo de calentamiento y del pH de la solución (mezcla) (De Michelis, 2008).

El incremento de azúcar tendrá influencia en la relación de pectina y agua mientras la pectina se coagula y se forma el gel, la densidad esta determinada por la cantidad de pectina y azúcar utilizada es por ello cuanto mayor sea los niveles de pectina y azúcar más denso se obtiene el producto (Naeem et al., 2017). Su adición al producto en cantidad baja podría causar una fermentación, mientras que en grandes cantidades podría provocar cristalización en el producto (Garcia, 2019).

2.3.3. Pectina

La pectina es un polisacárido, debido a su capacidad para formar gel contribuyendo también a la textura y estabilidad del producto final está presente en varios tejidos vegetales, puede usarse como espesante y estabilizador en alimentos (Correa & Zapata, 2017). Otras frutas, como albaricoques, arándanos, cerezas, melocotones, piña y fresas son bajas en pectina, para formar un gel es por ello que deben combinarse con una de las frutas con mayor contenido de pectina (Ciriminna et al., 2015).

La pectina es un aditivo que se usa con la función tecnología espesante y esencial para la formación de gel, el grado de metoxilación tendrá efecto directo en la gelificación de las pectinas. La pectina es un compuesto polimérico que puede unirse al agua, formar un gel o espesar un líquido con azúcar y ácido. Las pectinas de bajo metoxilo (LM) debido a su bajo contenido de azúcar tienen aplicaciones en alimentos con bajas calorías y dietéticos sin embargo las pectinas de alto metoxilo se gelifican debido a las interacciones hidrofóbicas y puentes de hidrógeno entre sus moléculas. Esto ocurre a bajo pH (≈ 3) y con alto contenido de azúcar, formando una red tridimensional (gelificación). (Abid et al., 2018).

2.3.4. Ácido cítrico

Este ácido es utilizado en el procesamiento de alimentos se puede encontrar naturalmente en frutas, verduras, también se puede obtener del proceso de fermentación de microorganismos; en las frutas, los ácidos proporcionan la acidez esencial para la formación de gel; la acidez en la fruta depende del tipo y la cantidad de ácido presente (Gomes, 2015). Cuanto menor sea el nivel de acidez de una fruta, es necesario añadir ácido, siendo una alternativa el zumo de limón o ácido cítrico comercial para regular la acidez del producto.

La cantidad de ácido cítrico es agregada en proporciones de 0,15 y 0,2 % del total de la mermelada, una alta acidez puede aglomerar el gel liberando el agua atrapada del producto ocasionando que el gel sea más compacto (Perez, 2015; Ávila, 2015). Jackix (1988), afirma que la acidez debe mantenerse entre 0.8 a 0,3%. Si la acidez es superior al 0,8% en mermeladas puede producirse una sinéresis.

2.4. Defectos de la mermelada

La producción de mermeladas puede verse afectada por diversos factores, lo que puede dar lugar a defectos en el producto final. A continuación, se describen algunos de estos errores identificados por Pérez (2015).

2.4.1. Mermelada poco firme

Se produce por la hidrólisis excesiva de pectina debido a la cocción prolongada que destruye los componentes responsables de la coagulación del producto, se debe agregar pectina lo más cerca posible al punto final; baja acidez afecta la formación del gel, enfriar la mermelada a una temperatura muy baja antes de llenarla puede causar gelificación previa, el movimiento excesivo del recipiente antes de la gelificación completa puede causar la ruptura del gel.

2.4.2. Mermelada fuerte

Es causada por la adición de pectina excesiva conduce a la gelificacion anticipada, el contenido elevado de solidos solubles debido a una concentración excesiva

2.4.3. Sinéresis

Se manifiesta por una acidez excesiva; deficiencia de pectina; bajo contenido de sólidos (debido a la ebullición insuficiente); exceso de azúcar invertido; alto contenido de calcio (debido al agua dura); llenado a baja temperatura causa gelificación.

2.4.4. Cristalización

Se produce por excesiva cantidad de sacarosa (formando cristales); acidez elevada, la granulación de glucosa puede ocurrir cuando se agrega una cantidad de azúcar invertido; poca inversión de azúcar, formando cristales de sacarosa que acentúan durante el almacenamiento, tiempo de cocción prolongado y adición corta de azúcar invertido en el procesamiento para vacío.

2.4.5. Cambio de color

El color de la mermelada no refleja al de la materia prima original esto es debido a una caramelización del azúcar por una cocción prolongada y puede alterar el color verde del pigmento (clorofila); al utilizar pulpa o frutas descoloridas se ha reportado degradación de color por efecto del calentamiento (cocción) , las frutas verdes cambian el color ya que tienen un color menos intenso que las frutas maduras.

2.4.6. Desarrollo de microorganismos

En la superficie del recipiente hay puntos de diferentes colores, que estarían conformados por la levadura, es causado por el bajo contenido de sólidos solubles, contaminación anterior al cierre del envase, humedad y alta temperatura en el almacenamiento, ausencia de vacío en envases herméticos, la contaminación de mermelada ocurre cuando la temperatura de llenado es baja.

2.5. Reología de alimentos

La reología se centra en el estudio de la deformación y el comportamiento de los fluidos, incluyendo los alimentos. La viscosidad de las pulpas se ve afectada por la variación de temperatura, lo cual es especialmente importante en el procesamiento de frutas y vegetales a altas temperaturas. Según Somaris et al. (2017), la relación entre la temperatura y la viscosidad juega un papel crucial en el comportamiento reológico de frutas y vegetales durante el procesamiento a temperaturas elevadas.

Las operaciones industriales que se realizan con frecuencia en productos con fase líquida o semilíquidos son: concentración, evaporación, pasteurización, bombeo; el buen diseño de cada tipo de equipo es eficaz para un procesamiento óptimo es por ello se recomienda conocer las características tales como el comportamiento reológico del fluido de la materia prima a utilizar.

Para determinar las pruebas reológicas de una fruta es necesario establecer lo cálculos adecuados por ello, los modelos matemáticos son útiles para la descripción y predicción del comportamiento reológico de los alimentos (Ibarz & Barbosa, 2011; Berk, 2018).

La reología de los alimentos desempeña un papel crucial en el control de calidad durante varias etapas de procesamiento, así como en el diseño de máquinas para su procesamiento. Las propiedades reológicas del producto son fundamentales en numerosos

procesos de la industria alimentaria, ya que contribuyen a la calidad final del producto y afectan su aceptabilidad. Las propiedades de textura del alimento, que están relacionadas con la deformación y fluidez, son especialmente relevantes en este aspecto (Gonçalves & Lannes, 2010).

2.5.1. Clasificación de los fluidos

Los fluidos son cualquier sustancia que presenta una deformación al ser sometida a un esfuerzo cortante (Masoliver et al., 2017). Según Diaz (2018) clasifica los fluidos alimenticios respecto a su comportamiento reológico:

Fluido Newtoniano: Es aquel en el que existe una relación lineal entre el esfuerzo cortante (fuerza aplicada por unidad de área) y la velocidad de deformación (cambio en la forma o tamaño del fluido). La viscosidad de un fluido Newtoniano no depende del tiempo en el que se aplique el esfuerzo, sino de la temperatura y la presión a las que se encuentre. Los líquidos Newtonianos se caracterizan por tener una estructura simple compuesta por elementos de bajo peso molecular.

Fluidos no Newtonianos: Se caracterizan por tener una relación no lineal entre el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación. A diferencia de los fluidos Newtonianos, la viscosidad de los fluidos no Newtonianos no se mantiene constante cuando la temperatura y la composición se mantienen invariables. En cambio, la viscosidad de estos fluidos depende del esfuerzo cortante y del tiempo de aplicación del esfuerzo. Es importante considerar el tipo de muestra utilizada, ya que diferentes fluidos no Newtonianos pueden presentar diferentes comportamientos reológicos y viscosidades variables.

Pseudoplásticos: Exhiben una disminución en la viscosidad y el esfuerzo cortante a medida que aumenta la velocidad de deformación, lo que resulta en una disminución de su espesor. Este comportamiento se debe a que su viscosidad aparente disminuye a medida que aumenta el gradiente de velocidad de deformación. Esto indica que la estructura del fluido presenta una menor resistencia al flujo. Algunos ejemplos de fluidos pseudoplásticos incluyen kétchup, mostaza y ciertas pinturas.

Dilatantes: Estos fluidos presentan un aumento en la viscosidad y el esfuerzo cortante a medida que la velocidad de deformación se incrementa. Este comportamiento se debe a la mayor turbulencia en el movimiento, lo que resulta en un mayor esfuerzo cortante y, por ende, un aumento en la viscosidad.

Plásticos y plásticos de Bingham: exhiben un comportamiento similar al de un sólido hasta que se supera un valor mínimo de esfuerzo cortante, conocido como esfuerzo

umbral. Una vez que se alcanza este valor, el fluido comienza a fluir y se comporta como un líquido. Estos fluidos tienen la capacidad de formar coloides, donde las fuerzas repulsivas entre las partículas crean una estructura tipo gel. Ejemplos de fluidos con comportamiento plástico incluyen el chocolate, la arcilla, la mantequilla, la mayonesa, la pasta dental y las espumas, entre otros.

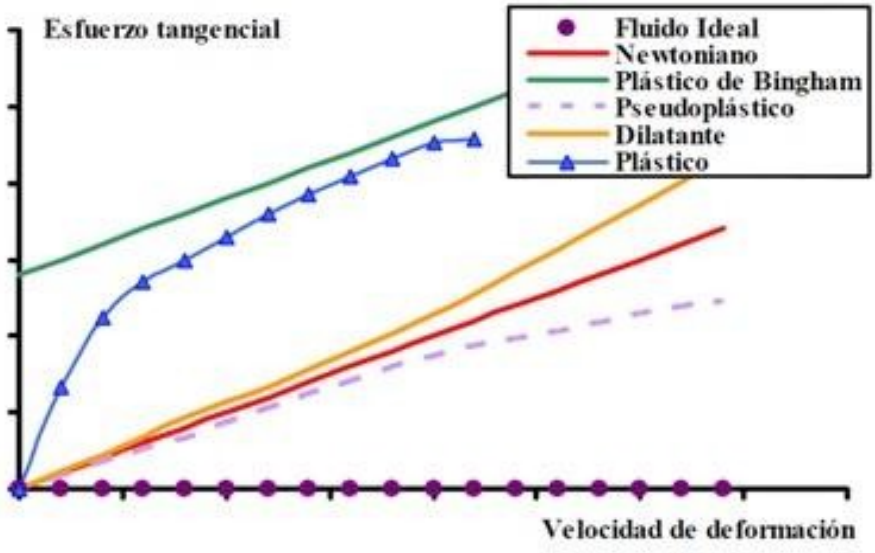


Figura 1. Tipos de fluidos independientes del tiempo

2.5.2. Modelos matemáticos de la reología de alimentos

Un modelo es aquella representación utilizada para describir el comportamiento de las propiedades de flujo de las sustancias, el comportamiento reológico de los alimentos donde relacionan el esfuerzo cortante y velocidad de deformación, mediante ecuaciones Daubert & Foegeding (2010), considera que los modelos reológicos permiten obtener una mayor comprensión de la respuesta del flujo a su vez estas expresiones matemáticas están relacionadas con el esfuerzo cortante y velocidad de deformación esto permiten predecir el comportamiento reológico a través de una amplia gama de condiciones de procesamiento.

Tabla 3. Principales modelos matemáticos de reología de alimentos

Tipo de Fluido	Ecuación
Ley de Newton	$\sigma = \mu y$
Ley de potencia	$\sigma = Ky^n$
Modelo de Bingham	$\sigma = \sigma_\circ + ny$

Fuente: Regalado & Noriega (2008).

En donde: σ = es el esfuerzo cortante (Pa); μ = es la viscosidad aparente (Pa*s); y = Es la velocidad de deformación (1/s); K = es el coeficiente o índice de consistencia de flujo (Pa sn) ; $\sigma°$ = es el umbral de fluencia (Pa) y n= es el índice de flujo.

2.5.3. Factores que afectan en el comportamiento reológico

En el procesamiento de alimentos existen factores que afectan el comportamiento reológico tales como la temperatura, concentración de solutos, tamaño de partículas y estructura del alimento, pero los más importantes son la temperatura y la concentración de sólidos.

Variación de la temperatura: La viscosidad se reduce al incrementar la temperatura por lo tanto los parámetros como viscosidad, índice de consistencia e índice de comportamiento utilizados en el modelamiento reológico son afectados por la temperatura (Corzo y Sánchez, 2008).

Los tratamientos térmicos aplicados en el procesamiento de alimentos, modifican sus propiedades reológicas. La expresión que se relaciona la viscosidad con la temperatura es la ecuación de Arrhenius:

$$n = Ae^{Ea/RT} \qquad K = K_T e^{Ea/RT}$$

Fluidos newtonianos **Fluidos no newtonianos**

Dónde: ɳ = viscosidad, K = Factor de frecuencia, Ea = Energía de activación de flujo, R = 1,987 cal/g mol.K constante universal de los gases perfectos y T= Temperatura absoluta.

Variación de la concentración: La viscosidad de los alimentos aumenta a medida que se incrementa la concentración de sólidos solubles, lo cual afecta el índice de consistencia del producto. Existe una relación entre la concentración de sólidos solubles, contenido de pectinas y sólidos totales en alimentos derivados de frutas. Mediante el uso de ecuaciones potenciales se obtienen resultados excelentes para purés de frutas, mientras que las ecuaciones exponenciales son más adecuadas para zumos, salsas, concentrados de frutas y pastas. Estos hallazgos son respaldados por investigaciones realizadas por Rao (2014) y Talens (2018).

El incremento de la concentración o viscosidad de alguna manera afecta el umbral de fluencia e índice de comportamiento al flujo (Tórrales & Vendruscolo, 2006). Se describen dos tipos de modelos matemáticos para considerar el efecto de la concentración sobre la viscosidad (Rao et al., 1984), según un modelo potencial:

$0 = K_1 C A_1$

Y otra según un modelo exponencial

$0 = K_2 exp\ (A_2 C)$

En estas ecuaciones K_1, K_2, A_1 y A_2 son constantes y C es el contenido en sólidos solubles del fluido expresado en ºBrix.

2.6. Estabilidad en el almacenamiento

La vida útil de un alimento es el periodo de tiempo en donde el alimento conserva los atributos deseados por el consumidor y cumple con los estándares de calidad asimismo logra su máxima comercialización (Martinez, 2019).

La estabilidad es el tiempo donde un producto mantiene sus propiedades y cualidades que posee durante su elaboración, depende de las condiciones y periodo de almacenamiento, estas propiedades son organolépticas, microbiológicas, los parámetros físicos y químicos que determinan el periodo de caducidad y las condiciones de calidad en las que se debe almacenar para su posterior comercializado (Dueñas et al., 2016).

2.6.1. Pruebas aceleradas

Los estudios de vida útil acelerada permiten recopilar información en tiempos significativamente más cortos, el alimento está sometido a bajas condiciones controladas en diferentes temperaturas, esta temperatura debe ser superior a la de almacenamiento y comercialización para que las reacciones de deterioro se aceleren y puede alcanzar los valores en períodos más cortos (Rodríguez, 2004). La combinación de temperatura y tiempo de almacenamiento son parámetros fundamentales para la industria de esa manera la pérdida de calidad en los alimentos será mínima (Quinteros & Cabrera, 2016).

La prueba acelerada se fundamenta en diversos métodos para reducir la vida de un producto como también prolongar su deterioro. Las variables de aceleración o esfuerzo se utilizan para estimar la distribución de vida del producto (Jiménez, 2009). La prueba de almacenamiento acelerado es la más utilizada por la frecuencia de temperatura, se emplea para productos estables o de larga vida útil en la cual se incrementa la velocidad de deterioro de esa manera va aumentando la temperatura de almacenamiento (Robertson, 2010).

Los resultados obtenidos se extrapolan para después elaborar predicciones como conservación, la velocidad influye en las reacciones bioquímicas e incrementa la temperatura. La relación de la vida útil de los alimentos con respecto a la temperatura de

almacenamiento consiste en aplicar la ecuación de Arrhenius ya que es un parámetro clave para la determinación de la energía de activación (Casp, 2003; Labuza, 1985).

2.6.2. Orden de reacción

Según Labuza (2000), determinar un sistema alimentario en relación a las pérdidas de calidad es un proceso complejo. Estas pérdidas de calidad pueden estar relacionadas con la disminución de un factor deseable de calidad, como el sabor (representado por el factor A), o el aumento de componentes indeseables, como el peróxido.

Según Kong & Singh (2016), la velocidad del deterioro es un factor crucial para evaluar las variaciones en la calidad de los alimentos y su vida útil. La velocidad de una reacción química o descomposición se utiliza como un indicador de calidad y se define como el cambio en la concentración de un reactivo (A) en un intervalo de tiempo dado (t), tal como se expresa en la Ecuación 1.

$$\pm\frac{dA}{dt} = kA^n$$

$\boldsymbol{A}$: Componente o característica del alimento

$\boldsymbol{n}$: Orden de la reacción

$\boldsymbol{t}$: Tiempo

$\boldsymbol{k}$: Constante de velocidad de reacción

$\pm\boldsymbol{dA/dt}$: Velocidad de cambio de A con el tiempo

A partir de esta ecuación se obtienen ecuaciones para expresar la pérdida de la propiedad deseada (A) y el aumento de la propiedad indeseable (B) con sus respectivas constantes cinéticas de cambio en el tiempo.

Tabla 4. Ecuación para los parámetros de calidad en función del tiempo para diferentesórdenes de reacción

Orden de reacción (n)	Función de calidad
0	$A_0 - A = kt$
1	$Ln\left(\frac{A_0}{A}\right) = kt$
n≠1	$\frac{1}{A^{n-1}} - \frac{1}{A_0^{n-1}} = K.A^n$

Fuente: Labuza (2000)

Según Labuza (1985), las órdenes de reacción son necesarias para los siguientes casos:

Reacciones de orden cero: desempeñan un papel importante en varios procesos de deterioro de alimentos. Estas reacciones incluyen la degradación enzimática en frutas frescas y vegetales, así como en alimentos congelados y pastas refrigeradas. También se observa el pardeamiento no enzimático en cereales y productos lácteos deshidratados, y la oxidación de lípidos en alimentos congelados y deshidratados. Estas reacciones afectan la calidad de los alimentos al provocar cambios en su sabor, color y textura. Por lo tanto, es crucial comprender y controlar estas reacciones para garantizar la calidad y vida útil adecuadas de los productos alimentarios.

Reacciones de primer orden: son responsables de la rancidez en aceites y alimentos deshidratados, el crecimiento de microorganismos y sus efectos negativos, la pérdida de vitaminas en alimentos enlatados y deshidratados, así como la pérdida de calidad de las proteínas en alimentos deshidratados. Estas reacciones afectan la calidad y la vida útil de los alimentos.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de Ejecución

El presente estudio se llevó a cabo en los laboratorios de Análisis de Alimentos, Ingeniería de Alimentos y Análisis Sensorial de Alimentos de la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias. Estos laboratorios se encuentran ubicados dentro del campus de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en el distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, Región de Huánuco. La ubicación geográfica de los laboratorios es a una altitud de 660 metros sobre el nivel del mar, a 09° 44' 24.6" de latitud sur y a 76° 5' 40.4" de longitud oeste. La zona presenta una humedad relativa media anual de 84% y una temperatura promedio de 28 °C.

3.2. Muestra e insumos

3.2.1. Muestra

La materia prima que se utilizo fue el tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) de variedad amarilla, adquirida en el distrito de Acomayo, región Huánuco, con una altitud de 2110 m.s.n.m, humedad relativa de 90% y temperatura promedio 17 °C.

3.2.2. Insumos

Para la formulación de la mermelada se utilizaron los siguientes insumos: Azúcar blanca, (marca BELL'S bolsa 2 kg provincia Huánuco), Pectina cítrica (2 kg obtenido de Montana S.A. con dirección, Av. Los rosales 280, Ate, Lima), Ácido cítrico (CADEMSA, ubicada en Av. Tito Jaime 571, Tingo María.).

3.3. Materiales y equipos

3.3.1. Materiales y/o instrumentos de vidrio

Vasos de precipitación (500, 100, 50, 10 mL.). termómetro de capacidad de 0 a 100 °C, probeta de 50 mL marca KIMAX (USA), pipeta de 1mL marca FORTUNA (Alemania), frasco de vidrio de tapa rosca de 225 g de capacidad, mechero, placas Petri, tubos de ensayo, balones de digestión, matraz

3.3.2. Materiales de plástico y madera

Jarras medidoras de 1 L, baldes de 10 a 20 L, pisceta, tablas de picar, ollas de 5, 20 y 50 L, tazones de 5 y 10 L, cuchillos.

3.3.3. Equipos y máquinas para procesamiento

Balanza analítica, marca Ohaus, modelo Pioner, 250 g de capacidad (USA), multiparámetro marca Thermo Scientific, modelo Orion Star A215, refractómetro de marca ATAGO modelo N-3E (Japón), viscosímetro rotacional, marca Brookfield, modelo RV DV-III, licuadora (Oster), refrigerador (LG).

3.3.4. Reactivos

Hidróxido de sodio 0,1 N, fenolftaleína 1% (indicador), ácido sulfúrico concentrado, éter de petróleo, hidróxido de sodio al 50 %, alcohol de 70°, agua destilada, ácido clorhídrico 0,1 N, ácido bórico al 2 %, catalizador

3.4. Metodología de análisis

3.4.1. Análisis fisicoquímico

- Humedad (Método de la estufa A.O.A.C 2008)
- Cenizas (Método de incineración en mufla A.O.A.C 2008).
- Proteína (Método Kjeldahl 920.152 A.O.A.C 2005)
- Grasa (Método Soxhlet 948.22 A.O.A.C 2005).
- Carbohidratos (Método diferencial, A. O. A. C 2005)
- Grados Brix (Método de refractometría 931.12 AOAC, 2005).
- pH (Método del potenciómetro 981.12 A.O.A..C, 2005).
- Acidez titulable (Método Titulación volumétrica 942.15 AOAC, 2005).
- Fibra (Método ADF A.O.A.C. 2003)

3.4.2. Análisis sensorial

Se realizó la evaluación sensorial, con un panel de jueces semi entrenados que expresaron su reacción subjetiva ante el producto, este análisis se basó en una escala hedónica de 9 puntos (Villanueva et al., 2020).

3.4.3. Análisis reológico

Se determinó la viscosidad mediante el viscosímetro de Brookfield RV DV- III Ultra, se realizaron los cálculos de índice de flujo (n), viscosidad aparente (m) para cada tratamiento y se utilizó el modelo matemático de la ley de la potencia.

3.5. Metodología experimental

3.5.1. Evaluación fisicoquímica del tomate de árbol

Se realizaron las evaluaciones fisicoquímicas del fruto descritos en el ítem 3.4.1. Metodología análisis.

3.5.2. Proceso de elaboración de mermelada

Se evaluaron a diferentes concentraciones (60/40, 50/50 y 40/60; con pectina de 0 y 0.5%), y fueron sometida a evaluación sensorial y reológico.

Recepción de la materia prima: Para asegurar que la materia prima presente las características mínimas (estado de madurez, color, aroma), se descartó aquellas que tienen daños físicos y biológicos.

Selección / Clasificación: Se retiró los frutos que se encontraban en mal estado y se clasifico los frutos maduros para la elaboración de este producto.

Lavado: Se realizó el lavado con agua corriente con la finalidad de reducir partículas extrañas, restos de tierra y demas impurezas adheridas en la superficie de la fruta.

Pesado 1: Se determinó el control de pesos de la materia prima para determinar los rendimientos del proceso y calcular la cantidad de los insumos que se adicionaran posteriormente.

Blanqueado: La fruta se sometió a un tratamiento térmico de 85 °C por 3 minutos hasta que se ablande los tejidos de la fruta con el fin de inactivar de las enzimas que oxidan la materia prima.

Pulpeado: Se utilizó una extractora para extraer la pulpa de la fruta libre de cáscaras y semillas, obteniéndose la pulpa de tomate de árbol fina.

Pesado 2: Se realizó el segundo pesado para tener conocimiento de la cantidad de pulpa que se va a procesar con la condición de realizar los cálculos del azúcar y demás ingredientes.

Mezclado: Se realizó la mezcla de pulpa/azúcar y se añadió la primera parte de la cantidad de azúcar, al cabo de un tiempo la segunda conforme a los porcentajes determinados en el diseño experimental.

Cocción: Con una temperatura de ebullición, la pectina es incorporada al final de la cocción mezclado con la última parte del azúcar, se consiguió el punto final de la mermelada al llegar a una concentración de 65 °Brix.

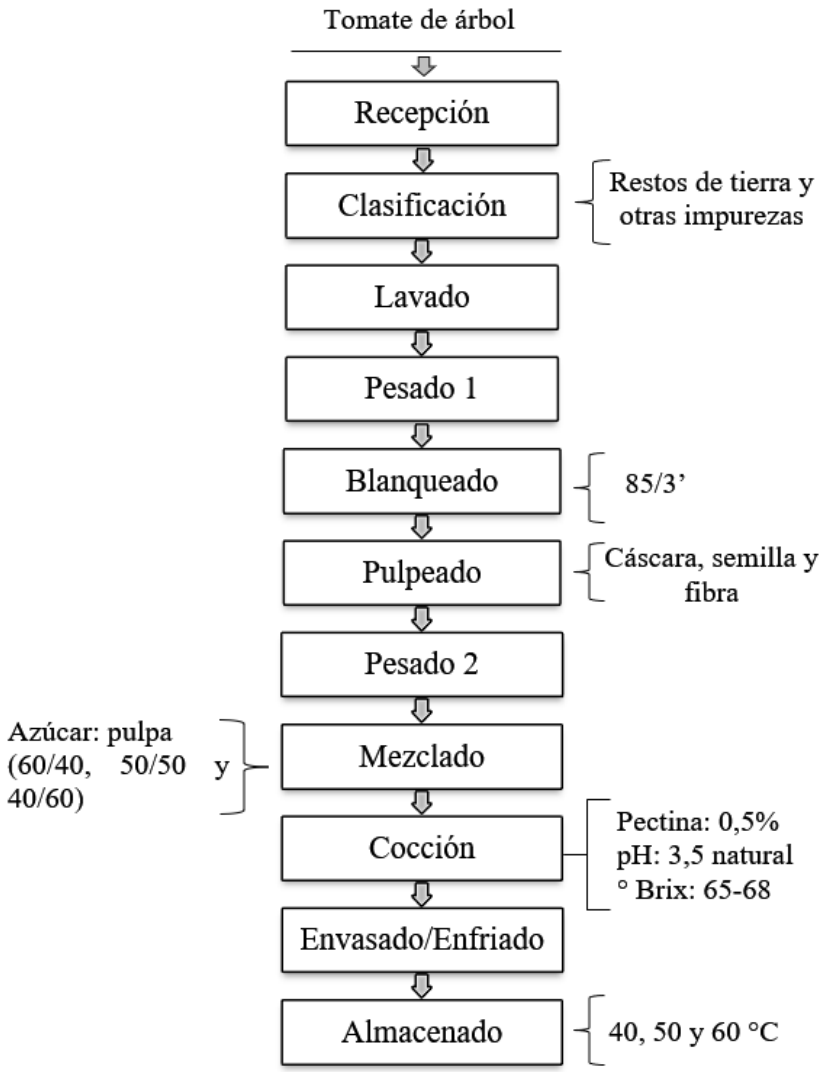


Figura 2. Flujograma para la elaboración de mermelada de tomate de árbol

Envasado/ Enfriado: Se realizó el llenado a una temperatura regular de 85 °C (permite una mayor fluidez) en frascos de vidrio previamente esterilizados de 225 g de capacidad y se colocó de forma invertida para obtener un vacío adecuado y se dejó enfriar a temperatura ambiente para conseguir la formación de gel en la mermelada.

Almacenado: El producto terminado se almacenó a temperaturas de 40,50 y 60 °C para determinar su estabilidad mediante pruebas aceleradas.

3.5.3. Evaluación sensorial

Se siguió el procedimiento descrito por Villanueva (2020) para realizar un análisis afectivo de tipo aceptación de la mermelada de tomate. Se utilizó una escala hedónica de 9 puntos, donde 1 representaba "me disgusta extremadamente" y 9 representaba "me gusta extremadamente". El análisis se llevó a cabo con la participación de 20 panelistas semientrenados. Se evaluaron 6 tratamientos diferentes de la mermelada de tomate, cada uno codificado con tres dígitos al azar. A cada panelista se le sirvieron 6 muestras de aproximadamente 6 g de mermelada, junto con galletas simples y un vaso de agua para limpiar el paladar. Los panelistas completaron una boleta donde indicaron su nivel de aceptación mediante una "X", evaluando los atributos de color, sabor, textura, aroma y apariencia general.

3.5.4. Evaluación reológica

La evaluación reológica se realizó con el Viscosímetro Brookfield DV-111 Ultra, se calculó el esfuerzo de corte (r) y velocidad de deformación (γ) por cada tratamiento, para después obtener lecturas de viscosidad a diferentes velocidades de rotación, se determinó el índice reológico (n) y el índice de consistencia (m), aplicando el modelo de la Ley de Potencia. Se utilizó el programa estadístico Statgraphics Centurion, el tratamiento con mejor puntuación obtenida en el análisis sensorial fue dispuesta para la siguiente evaluación.

3.5.5. Evaluación en el almacenamiento

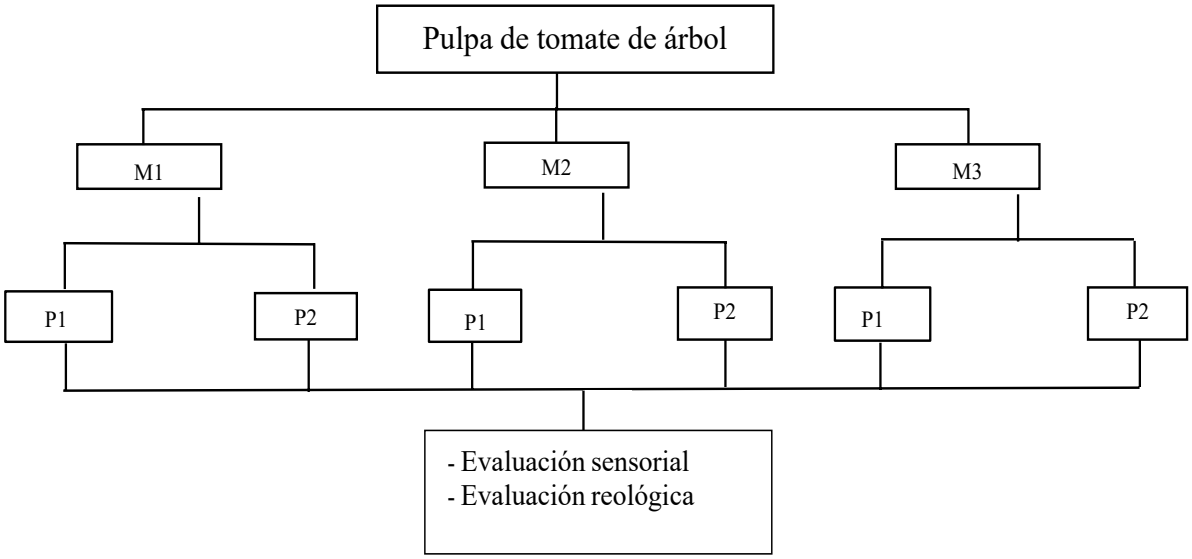
Para evaluar la pérdida de calidad durante el almacenamiento de la mermelada de tomate de árbol se consideró el tratamiento que obtuvo máximo puntaje y se sometió a pruebas aceleradas almacenándose a 40, 50 y 60 °C, las evaluaciones reológicas se realizó cada 5 días por un periodo de 35 días. El orden de reacción y la constante de velocidad de reacción "k" son el resultado de las lecturas que predicen el comportamiento reológico a diferentes temperaturas de almacenamiento utilizando la ecuación de Arrhenius para determinar la energía de activación (Ea).

3.5.6. Evaluación fisicoquímica de la mermelada más aceptable

Se realizaron las evaluaciones de: humedad, proteína, ceniza, grasa, fibra cruda, carbohidratos, pH, °Brix, acidez titulable, se analizó de acuerdo a los métodos analíticos descritos en el inciso 3.4.1 de Materiales y Métodos.

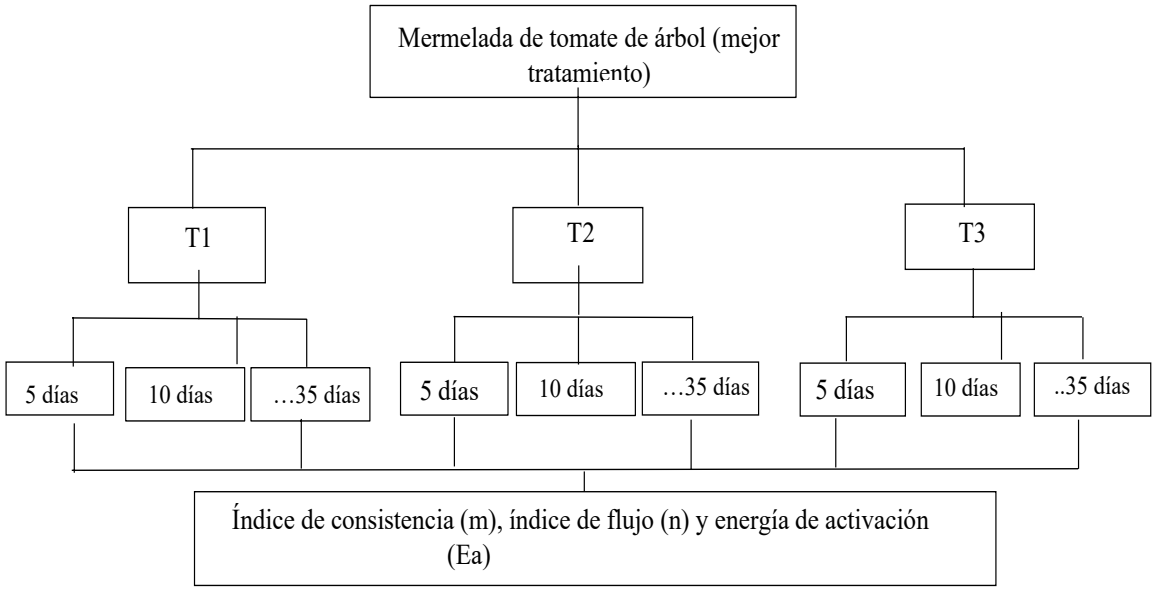
3.6. Diseño experimental

En las Figuras 3 y 4 se presentan el esquema experimental de la investigación.



Donde: M1: 60% de pulpa, 40% de azúcar; M2: 50% de pulpa, 50% de azúcar M3: 40% de pulpa, 60% de azúcar; P1: 0% de pectina; P2: 0,5% de pectina Repeticiones: R1, R2 y R3.

Figura 3. Diseño experimental para la elaboración de mermelada de tomate de árbol



Temperaturas de almacenamiento: T1 (40°C), T2 (50°C) y T3 (60°C); Repeticiones: R1, R2 y R3

Figura 4. Diseño experimental para la evaluación reológica durante el almacenamiento adiferentes temperaturas del mejor tratamiento

3.7. Análisis estadístico

3.7.1. Evaluación sensorial

Los resultados se evaluarón estadísticamente mediante un diseño completo al azar DCA; para lo cual se utilizó el siguiente modelo matemático:

$$Yij = \mu + \theta i + Eij$$

Donde:

Yij = Resultados de la evaluación sensorial.

μ = Efecto de la media general de las evaluaciones.

θi = Efecto de los tratamientos.

Eij = Error experimental.

Variables independientes: Tratamientos de la mermelada de tomate de árbol

Variables dependientes: Resultados de la evaluación sensorial. Se evaluó con la prueba de Kruskal Walls.

3.7.2. Evaluación reológica mermelada de tomate de árbol

Se desarrollará en diseño completo al azar DCA con arreglo factorial de 3x2 usando el modelo lineal.

$$Yijk = U + Mj + Pk + MPik + eij$$

Donde:

Yijk: Es la variable respuesta de la evaluación reológica (índice de consistencia, comportamiento de flujo).

Factor M es el efecto de la adición de azúcar:

M1: Adición del 60% de azúcar y 40% de la pulpa.

M2: Adición de 50% de azúcar y 50% de la pulpa.

M2: Adición de 40% de azúcar y 60% de la pulpa.

Factor P es el efecto de la adición de pectina:

P: Adición de 0 y 0.5%. de pectina, en función de la mezcla total (azúcar, y pulpa).

Variables independientes: Tratamientos de la mermelada de tomate de árbol

Variables dependientes: Resultados de la evaluación reológica (índice de consistencia, comportamiento de flujo).

3.7.3. Evaluación en el almacenamiento

El efecto de la temperatura y los días de almacenamiento se evaluará mediante un DCA con arreglo factorial cuyo modelo matemático será:

$$Yijk = U + Ti + Bj + eij$$

Dónde:

Factor T es el efecto de la temperatura de almacenamiento

Yijk: Resultado de evaluación reológica (mejor tratamiento), Índicede consistencia (m), Índice reológico (n).

U: Efecto medio de las evaluaciones

Ti: Temperatura con 3 niveles (40, 50 y 60 °C)

Bj: Repeticiones

eij: Error experimental

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Caracterización fisicoquímica de la fruta de tomate de árbol

En la Tabla 5 se presentan las propiedades fisicoquímicas de la fruta de tomate de árbol.

Tabla 5. Caracterización fisicoquímica de la fruta de tomate de árbol

Análisis	Resultado
Humedad (%)	86,16 ± 0,17
Ceniza (%)	1,47 ± 0,05
Proteína (%N x 6,25)	2,31 ± 0,05
Grasa (%)	3,15 ± 0,01
Fibra cruda (%)	2,12 ± 0,10
Carbohidratos (%)	4,70 ± 0,14
Acidez titulable (% de ácido cítrico)	1,87 ± 0,03
pH	3,9 ± 0,10
Sólidos solubles (°Bx)	10,34 ± 0,50

Los valores representan (promedio ± SEM) datos provienen del experimento (n=3).

La relación del agua con los alimentos contribuye en la textura e interactúa con los componentes químicos de los mismos, el contenido de humedad que presento la fruta de tomate de árbol fue de (86,16 ± 0,17%), este valor es superior a lo mencionado por Cardona y Díez (2020) quienes determinaron (81,11 ± 0,15%) sin embargo Cerón et al. (2017) obtuvo (88, 60 ± 0.23%) estos datos fueron inferiores a lo obtenido, esto se debe al contenido de humedad de los frutos que está relacionado con la procedencia (factores climáticos).

El porcentaje de cenizas encontrado para la pulpa de tomate de árbol fue de (1,47 ± 0,05%) sin embargo dicho valor difiere a los encontrados en la literatura, Cuevas (2012) reportó un valor de 2,64%; asimismo Rojas (2013) encontró un valor de (0,83 ± 0,03%) la variabilidad en el contenido de cenizas se debe a que existe modificaciones en el cultivo, clima,

suelo, variedad del fruto. Santander et al. (2013) señalan que esta fruta es rica en fuente de minerales.

El contenido de proteína en esta investigación es de (2,31 ± 0,05%); dicho valor se asemeja a lo señalado por Navarro et al. (2018) quienes determinaron (2,27 ± 0,03%). Rojas et al. (2017) reportaron (1,49 ± 0,02%) este valor es inferior a lo obtenido, por otro lado, Gil (2010) menciona que en las frutas el contenido de proteínas es bajo oscilan entre 0,5 y 3%.

El porcentaje de grasa fue de (3,14 ± 0,06%) este valor es similar a lo reportado por Revelo (2014) que obtuvo (3.28 ± 0.93%), asimismo demostraron que las variaciones del contenido se deben a que en las semillas de este fruto (tomate de árbol) se considera rico en ácido linoleico, superando el contenido del mismo en aceites de soya, maíz, sésamo y girasol.

En los valores para fibra fueron (2,12 ± 0,02%) la diferencia de porcentajes puede deberse a las distintas variedades y la ubicación geográfica como también el mayor contenido de tejido placentario que esta rodea a las semillas, composición química y calidad de los frutos en comparación con los otros autores fueron ligeramente superiores a lo informado por Navarro et al. (2018) quienes determinaron (9,87 ± 0,21%).

Los carbohidratos totales analizada en tomate de árbol corresponde a (4,70 ± 0,14%) dicho valor se aproxima (6,14 ± 0,10%) pero es superior (2,60 ± 0,21) reportado por Torres (2012) quien en evaluó el tomate de árbol procedente de dos zonas refiriendo que la diferencia de cantidad de minerales en los suelos es debido a que los suelos desarrollados mayormente en rocas y derivados tiene una baja fertilidad con niveles bajos de materia orgánicas en cambio suelos con fertilidad media, que son dedicados a actividades agrícolas y pecuarias tiene mayor componente de materia orgánica.

La acidez fue de (1,87 ± 0,03%) similar a lo reportado por Mazón (2015) quien obtuvo (1,5 ± 0.02%). Portilla (2013) indica que el promedio de acidez fue de 2,78% con un valor máximo de 3,45 y un mínimo de 1,78%.

Márquez et al. (2007) manifiesta que la acidez en el tomate de árbol se incrementa debido al desarrollo para después disminuir gradualmente por lo que su pH va aumentando y en algunas ocasiones permanece constante si la variación en la acidez no es muy significativa. El pH de la pulpa de tomate de árbol obtuvo un valor de (3,9 ± 0,1), según Herrera (2018) obtuvo el valor de pH 3.52 a comparación con el resultado obtenido se ve que es superior relacionándolo con el estado de madurez del fruto. Se determinó (10,34 ± 0,5) °Brix siendo

inferior a lo indicado por Rojas et al. (2017) quienes determinaron para la pulpa de tomate de árbol (11,09 ± 0,27) °Brix, como puede observarse el valor de (10,34 ± 0,5) °Brix es inferior comparado a los demás autores lo cual precisan cierta diversidad en la concentración de azúcares en la pulpa de tomate de árbol.

4.2. Parámetros para la elaboración de mermelada

Según la NTP 203.047 (2017) de mermelada de frutas, es un producto obtenido con propiedades aceptables, pertenece a la clase I por la preparación de frutas de una sola especie y clase II porque contiene fruta en trozos y semillas. Para la formulación y elaboración de mermelada se realizaron pruebas experimentales y se estableció el proceso definitivo para la elaboración de mermelada teniendo 6 tratamientos elaborados con diferentes niveles pulpa/azúcar de (60/40, 50/50 y 40/60; con pectina de 0 y 0.5%), con una concentración final de 65 °Brix, luego fueron sometidos a evaluación sensorial con diferentes atributos como textura, sabor, olor, color y apariencia general, los datos obtenidos fueron analizados estadísticamente por la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis usando el Software STATGRAPHICS versión 15, se presentan en el Anexo-II. El proceso de elaboración requiere un equilibrio óptimo entre la relación de pulpa/azúcar, la cantidad de pectina y acidez se consideró los estándares basados en normas de producción de mermelada como se presenta en la Figura 1.

4.3. Análisis sensorial de la mermelada

En el Tabla 6 se presenta los promedios de los resultados de la evaluación sensorial de los diferentes tratamientos de la mermelada de tomate de árbol que fueron analizados estadísticamente por la prueba no paramétrica Kruskal-Walls, se muestran en los anexos (Anexo I -Anexo AIII).

Tabla 6. Resultados de la evaluación sensorial

Atributos	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6
Aroma	$5,75^{a}$	$6,20^{ab}$	$7,15^{b}$	$6,95^{b}$	$6,40^{ab}$	$5,35^{a}$
Color	$6,20^{ab}$	$6,15^{ab}$	$6,90^{b}$	$6,30^{ab}$	$5,70^{a}$	$5,35^{a}$
Sabor	$6,55^{bc}$	$6,85^{bc}$	$7,50^{c}$	$6,60^{bc}$	$5,95^{ab}$	$5,00^{a}$
Textura	$5,90^{a}$	$5,40^{a}$	$7,65^{c}$	$7,35^{bc}$	$6,10^{ab}$	$5,30^{a}$
Apariencia	$5,40^{a}$	$5,90^{ab}$	$7,21^{b}$	$6,80^{b}$	$6,30^{ab}$	$5,15^{a}$

Los valores representan el promedio ± SEM, provienen de experimentos con tres repeticiones, letras distintas en las columnas indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$).

4.3.1. Aroma

Según los resultados de la Tabla 2, se observa que el tratamiento T3 (50 pulpa:50 azúcar; 0% pectina) obtuvo el puntaje más alto en cuanto al aroma, con un valor de 7,15. Este tratamiento mostró similitud estadística con los tratamientos T4 (50 pulpa:50 azúcar; 0,5% pectina), T5 (40 pulpa:60 azúcar; 0% pectina) y T2 (60 pulpa:40 azúcar; 0,5% pectina), pero difirió estadísticamente de los tratamientos T1 (60 pulpa:40 azúcar; 0% pectina) y T6 (40 pulpa:60 azúcar; 0,5% pectina) ($p<0,05$). Estos resultados indican que los panelistas percibieron diferentes aromas en cada formulación de mermelada, existiendo una diferencia significativa en la apreciación de los panelistas.

4.3.2. Color

Según el análisis de medias, se determinó que el tratamiento T3 (50 pulpa:50 azúcar; 0% pectina) obtuvo la mejor puntuación en cuanto al atributo color, con un valor de 6,90. Este tratamiento mostró similitud estadística con los tratamientos T4 (50 pulpa:50 azúcar; 0,5% pectina), T1 (60 pulpa:40 azúcar; 0% pectina) y T2 (60 pulpa:40 azúcar; 0,5% pectina), pero difirió estadísticamente de los tratamientos T5 (40 pulpa:60 azúcar; 0% pectina) y T6 (40 pulpa:60 azúcar; 0,5% pectina) en cuanto al atributo color ($p<0,05$). En resumen, el tratamiento T3 (50 pulpa:50 azúcar; 0% pectina) fue el más aceptado en comparación con las demás formulaciones en términos de color.

4.3.3. Sabor

El tratamiento que obtuvo la mayor aceptación en cuanto al atributo de sabor fue el T3 (50 pulpa:50 azúcar; 0% pectina), con una puntuación de 7,50. Este resultado fue similar en términos estadísticos a los tratamientos T2 (60 pulpa:40 azúcar; 0,5% pectina), T4 (50 pulpa:50 azúcar; 0,5% pectina) y T1 (60 pulpa:40 azúcar; 0% pectina), pero mostró una diferencia estadísticamente significativa con los tratamientos T5 (40 pulpa:60 azúcar; 0% pectina) y T6 (40 pulpa:60 azúcar; 0,5% pectina). Estos resultados indican una diferencia altamente significativa entre los tratamientos en términos de sabor, con un valor de $p<0,05$.

4.3.4. Textura

El mejor tratamiento fue T3 (50 pulpa:50 azúcar; 0% pectina) con puntaje 7,65 para el atributo de textura el cual estadísticamente es igual al T4 (50 pulpa:50 azúcar; 0,5% pectina) pero estadísticamente diferente de los tratamientos T1 (60 pulpa:40 azúcar; 0% pectina), T2 (60 pulpa:40 azúcar; 0,5% pectina), T5 (40 pulpa:60 azúcar; 0% pectina) y T6 (40

pulpa:60 azúcar; 0,5% pectina), el valor ($p<0,05$), existe una diferencia estadísticamente significativa con respecto a la apreciación de los panelistas en la textura de la mermelada.

4.3.5. Apariencia

En relación con el atributo de apariencia general, se observó una diferencia estadísticamente significativa ($p<0,05$) entre los tratamientos. El tratamiento que obtuvo la mejor puntuación fue el T3 (50 pulpa:50 azúcar; 0% pectina), con un puntaje de 7,21. Este resultado fue similar en términos estadísticos a los tratamientos T4 (50 pulpa:50 azúcar; 0,5% pectina), T5 (40 pulpa:60 azúcar; 0% pectina) y T2 (60 pulpa:40 azúcar; 0,5% pectina), pero mostró una diferencia estadísticamente significativa en comparación con los tratamientos T1 (60 pulpa:40 azúcar; 0% pectina) y T6 (40 pulpa:60 azúcar; 0,5% pectina). Esta diferencia significativa puede deberse a las condiciones de procesamiento, como la proporción de pulpa/azúcar y la presencia de pectina. Además, el color de la mermelada también puede estar relacionado con el aumento de azúcar, pectina y ácido cítrico en la formulación.

El tratamiento con 40 pulpa:60 azúcar presento una textura débil, es decir a mayor cantidad de azúcar se obtiene un producto de consistencia floja concordamos con Garcia & Tigrero (2009) señalan que a mayor cantidad de azúcar corresponde una menor cantidad de líquidos es decir reduce la densidad de la estructura para retenerla por lo que contiene menos pectina con una consistencia suelta. El tratamiento con 60 pulpa:40 azúcar presento una consistencia espesa esto puede ser debido a la pectina propia de la fruta por ello Winarno (2002) menciona que al adicionar poca azúcar a la mermelada obtendrá una consistencia espesa dependiendo del tipo de fruta a utilizar.

Leonarski et al., (2020) señala que la adición de pectina al 0,5% presento una consistencia semisólida en la mermelada de guabiroba, que es adecuada para la formación de gel sin embargo Shinwari & Rao (2018) indica que hasta 1,0% de pectina es suficiente para producir una mermelada, considerando que la cantidad de pectina dependerá de la cantidad y calidad de pectina que la fruta contenga. Nurani (2021) indica que a mayor cantidad de pectina agregada causará que el gel endurezca, es por ello que la pectina solo se adiciona a aquellas frutas con bajo contenido en pectina de esa manera se obtendrá un gel consistente, existe frutas que no requieren añadir pectina debido a la composición del fruto.

Se determinó la mejor formulación de mermelada de tomate de árbol con niveles de 50 pulpa:50 azúcar; 0% pectina cuyo tratamiento presento mejores características obtuvo mayor puntaje en la evaluación sensorial, para la elaboración de una buena mermelada

dependerá de la calidad de insumos, ciertas frutas que no requieren necesariamente el uso de pectina debido a que cada fruta tiene diferente contenido de pectina por lo tanto ciertas mermeladas tienden a tener más consistencia a comparación de otras.

4.4. Evaluación reológica de los tratamientos

A partir de los resultados de las mediciones de viscosidad realizadas a diferentes velocidades de rotación (RPM), se llevaron a cabo los cálculos correspondientes para determinar el esfuerzo de corte (r) y la velocidad de deformación (γ) para cada tratamiento. Posteriormente, utilizando el modelo matemático de la ley de potencia, se calcularon el índice de flujo (n) y el índice de consistencia (m). Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 7.

Tabla 7. Parámetros reológicos de los tratamientos de elaboración de mermelada detomate de árbol

% pulpa	% azúcar	% pectina	Índice de consistencia (m)	Índice de flujo (n)
60	40	0	42,014 ± 0,26^{b}	0,2225 ± 0,006^{a}
60	40	0,5	55,826 ± 0,13^{a}	0,2160 ± 0,001^{a}
50	50	0	32,136 ± 0,21^{d}	0,3131 ± 0,003^{b}
50	50	0,5	38,134 ± 0,23^{c}	0,2981 ± 0,011^{b}
40	60	0	21,900 ± 0,43^{f}	0,4997 ± 0,010^{c}
40	60	0,5	29,992 ± 0,02^{e}	0,4387 ± 0,003^{d}

Los valores representan el promedio ± SEM, provienen de experimentos con tres repeticiones, letras distintas en las columnas indican diferencias significativas (P ≤ 0.05).

Del Tabla 7 se tiene el promedio del coeficiente de consistencia de la mermeladade tomate de árbol en función al % de azúcar y de la pectina, el índice de consistencia (K) presenta valores en el intervalo de 21,900 a 55,826 Pa-sn para los diferentes tratamientos, los datos son muy variados entre los distintos tipos de memeladas; la variación se debe a que conforme se aumenta el contenido pectina, se incrementa el índice de consistencia debido al contenido de pectina que tiene la fruta relacionándolo con la influencia en la viscosidad.

Para realizar el ANVA factorial multinivel se aprecia determinar el efecto que tienen la concentración de pulpa: azúcar y concentración de pectina sobre el índice de

consistencia de la mermelada de tomate de árbol que para todos los factores y la interacción la viscosidad aparente es altamente significativa (Anexo-IV).

Bazan (2019) reporta un comportamiento pseudoplástico para mermelada de camu camu (*Myrciaria dubia* HBK McVaugh), obteniendo valores similares de índice consistencia que varían de 12,603 hasta 51,481 Pa-Sn, los valores obtenidos de la mermelada de tomate de árbol no se asemejan debido a la composición de la fruta teniendo en cuenta que el camu camu es una fruta que tiene bajo contenido de pectina por ello existe diferencias significativas. Sagdic et al. (2015) encontró valores en la mermelada de rosa mosqueta con índice de consistencia que varía entre (17,6 - 29,4, Pa-sn) según el autor esta vinculado con la cantidad de sacarosa añadida al producto es por ello la alta concentración de azúcar conlleva a disminuir la viscosidad del producto.

Otiniano (2017) realizó un estudio en mermelada de naranjilla (*Solanum quitoense* Lam.) reportando un índice de consistencia (m) de 34,126 a 83,160 Pa-Sn, sin embargo, los resultados obtenidos son similares para los tratamientos 50/50 de pulpa/azúcar (34,126 a 61,042 Pa-sn) pero diferente para los demás tratamientos, por eso la viscosidad en la mermelada depende de factores como la cantidad y tipo de azúcar, la proporción y tipo de pectina utilizado y el contenido de pulpa de la fruta esto afecta las propiedades reológicas de la mermelada.

De los resultados se puede deducir que los dos niveles de pulpa: azúcar son estadísticamente diferentes entre sí, presentando un mayor índice de consistencia la formulación 60/40 pulpa: azúcar, 0,5 pectina. El porcentaje de pectina influyen en los datos de viscosidad de las muestras, a mayor concentración de pectina origino que la mermelada sea espesa y difícil para su degustación siendo menos aceptables en comparación a muestras con una menor concentración de pectina.

La Figura 5 se observa que a medida que aumenta la concentración de azúcar disminuye la viscosidad aparente y al incrementarse el porcentaje de pectina aumenta la consistencia. En la Figura 6 se tiene la superficie de respuesta de la viscosidad aparente donde se cumple la relación que a menor porcentaje de pulpa y mayor porcentaje de azúcar disminuye el coeficiente de consistencia, pero a mayor contenido de pectina aumenta esta propiedad reológica. En los contornos de Superficie de respuesta de la viscosidad aparente que se muestra en la Figura 7 se observa con mayor claridad la tendencia y comportamiento descrito.

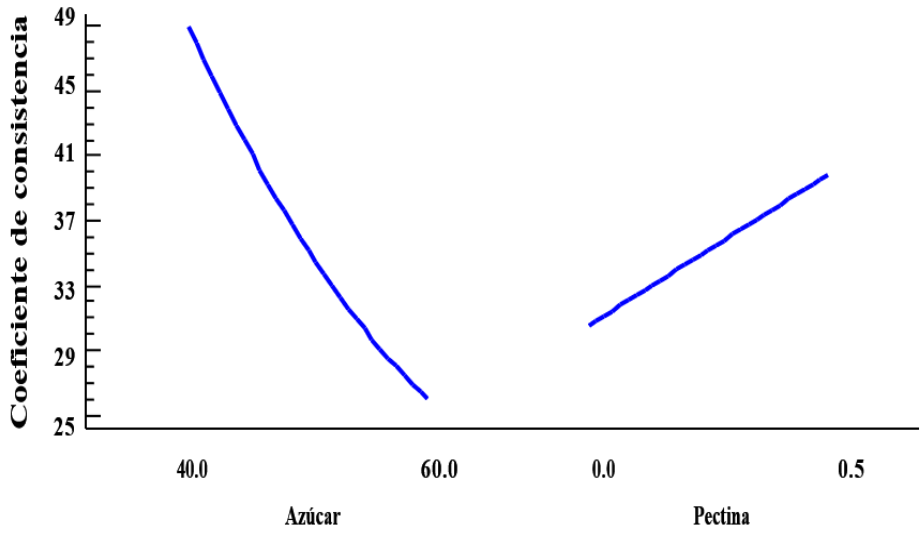


Figura 5. Efectos principales para coeficientes de consistencia.

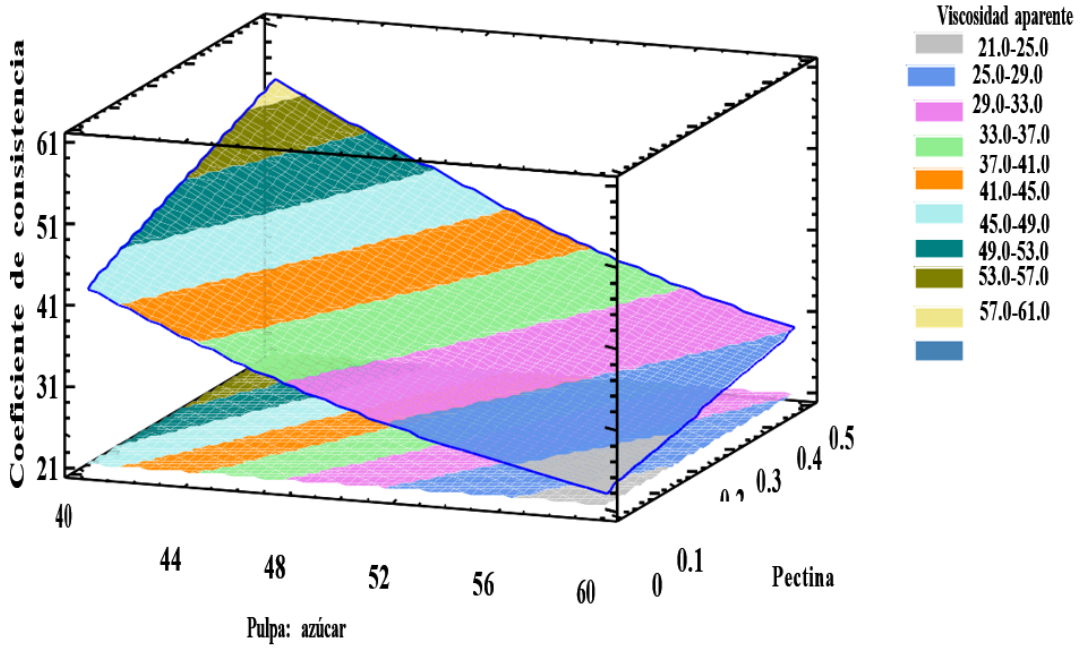


Figura 6. Superficie de respuesta de la viscosidad aparente

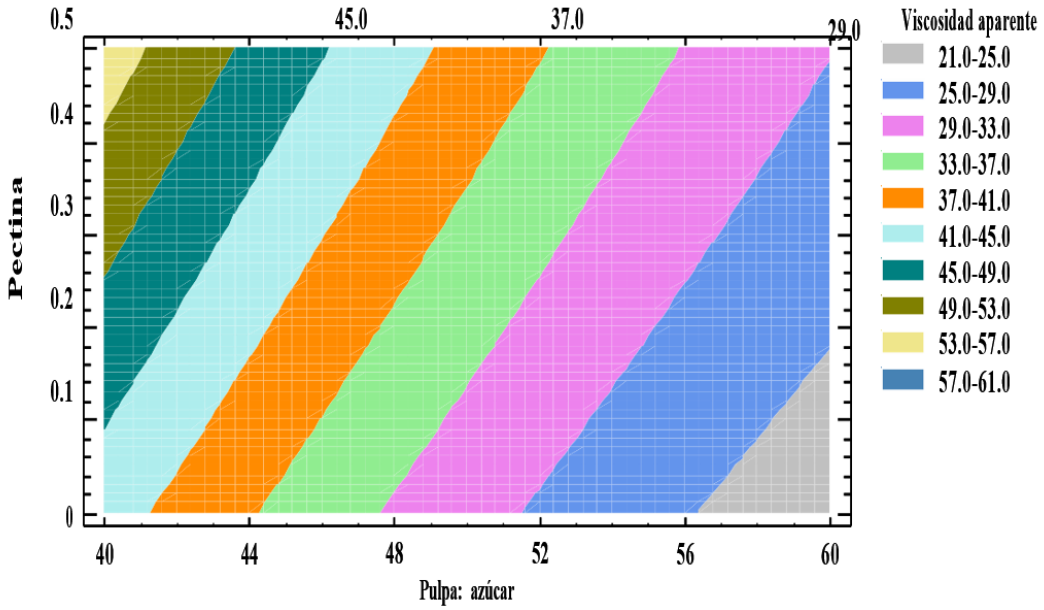


Figura 7. Contornos de Superficie de respuesta de la viscosidad aparente.

El mejor tratamiento de mermelada de tomate de árbol se presenta en el reograma de la Figura 8. En cuanto a los valores del índice de comportamiento de flujo (n), los valores obtenidos en este experimento resultan ser similares a los que se obtienen en las demás investigaciones, la mermelada de tomate de árbol representa un comportamiento de un fluido pseudoplástico, ya que el índice reológico es inferior (n < 1) para todos los tratamientos, al aumentar la concentración de sacarosa y pectina, el índice de flujo disminuye.

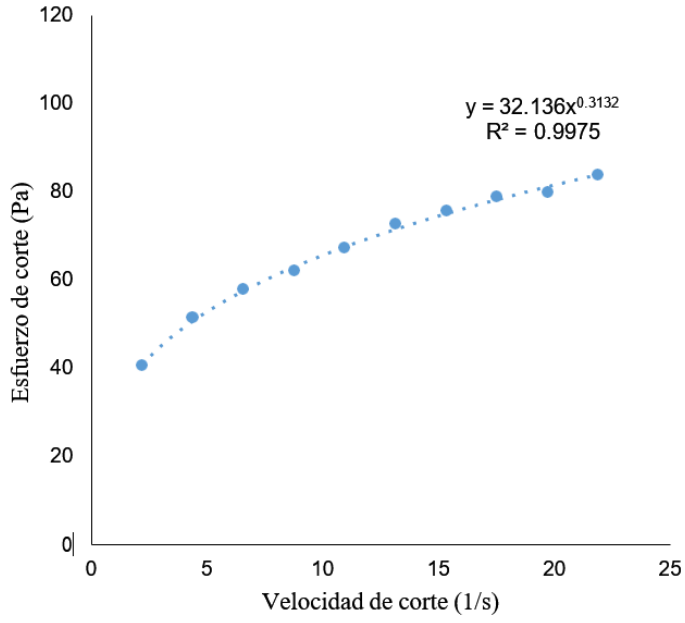


Figura 8. Reograma del mejor tratamiento (50/50; 0% de pectina).

En el Tabla 7 se tiene el promedio del índice de flujo de la mermelada de tomate de árbol en función al % de azúcar y de la pectina, se realizó el ANVA factorial multinivel para todos los factores y la interacción la viscosidad aparente es altamente significativa (Anexo-V).

Uribe et al. (2021) reporto en mermelada de manzana que presentaban características de gelificación débil, asimismo tenían una mayor capacidad de resistencia a comparación de otras mermeladas, esto pudiendo atribuirse a la pectina que se encuentra en las manzanas donde muestra valores de viscosidad más altos.

Tiwari et al. (2016) encontró que la mermelada de yaca tiene un índice de flujo de 0.385 s-1 ajustándose al modelo ley de potencia, teniendo una excelente formación de gel y un sabor agradable por lo tanto considera que las mermeladas presentan un comportamiento pseudoplástico. Özbek et al. (2019) exhibieron un comportamiento pseudoplástico siendo ajustado al modelo de Herschel-Bulkley; los valores de índice de flujo de la mermelada de fresa reportaron 0.32-0.59 s-1, respectivamente. Julca Salvador (2014) considera que la mermelada de mango presenta ajuste al modelo tipo Herschel-Bulkley, tiene los valores del índice de flujo (n) de 0,2524 a 0,4385 s-1 asociado al fluido pseudoplástico.

Ibarz & Barbosa (2005) reportó para la mermelada de manzana un índice de consistencia (m) de 222,90 Pa-s y un índice de flujo (n) de 0,1450 s-1, estos valores obtenidos de la mermelada de tomate de árbol son bajos, debiéndose a la composición del fruto y sus condiciones de cultivo.

En la Figura 9 se observa que la tendencia a medida que se incrementa la concentración de azúcar influye en el aumento del índice de flujo ocasionando un aumento de la pseudoplasticidad no Newtoniana y al incrementarse el porcentaje de pectina disminuye el índice de flujo. En la Figura 10 se observa la superficie de respuesta del índice de flujo donde se cumple la relación que a menor porcentaje de pulpa y mayor porcentaje de azúcar aumente el índice de flujo, pero a mayor contenido de pectina disminuye esta propiedad reológica, es decir para el porcentaje de azúcar aumenta la pseudoplasticidad y para la pectina disminuye. En los contornos de Superficie de respuesta de la viscosidad aparente que se muestra en la Figura 11 se observa la tendencia y comportamiento descrito.

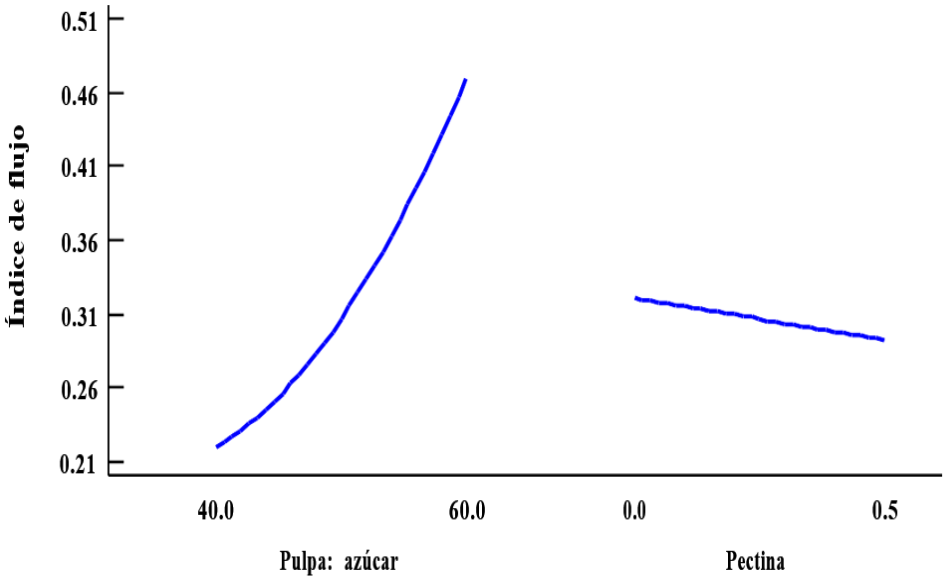


Figura 9. Efectos principales para índice de flujo

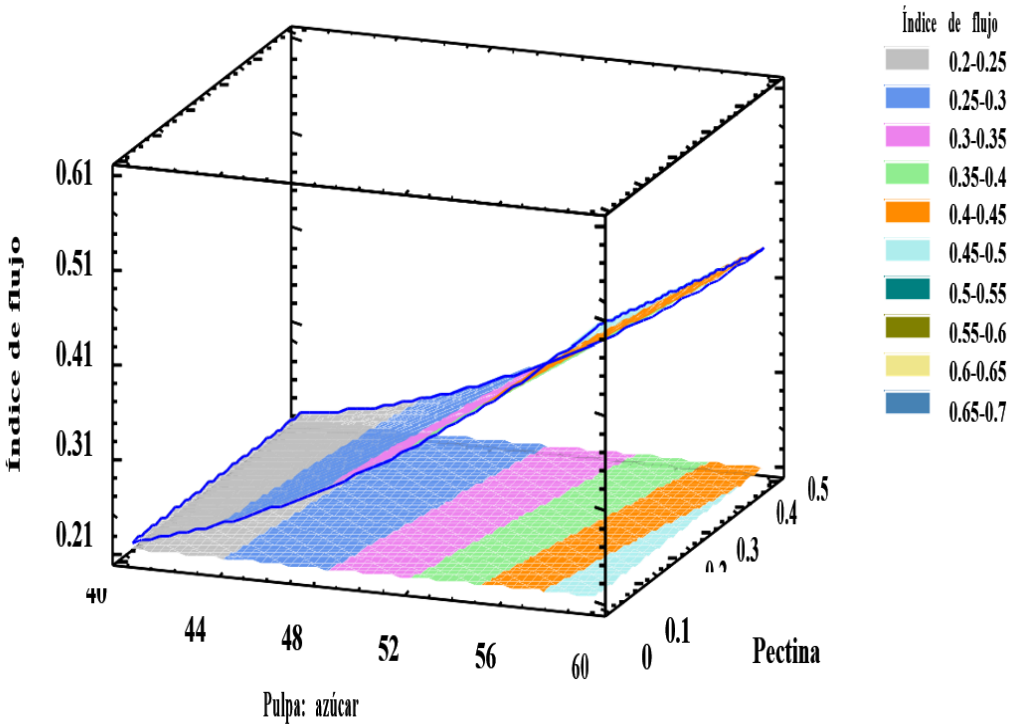


Figura 10. Superficie de respuesta del índice de flujo.

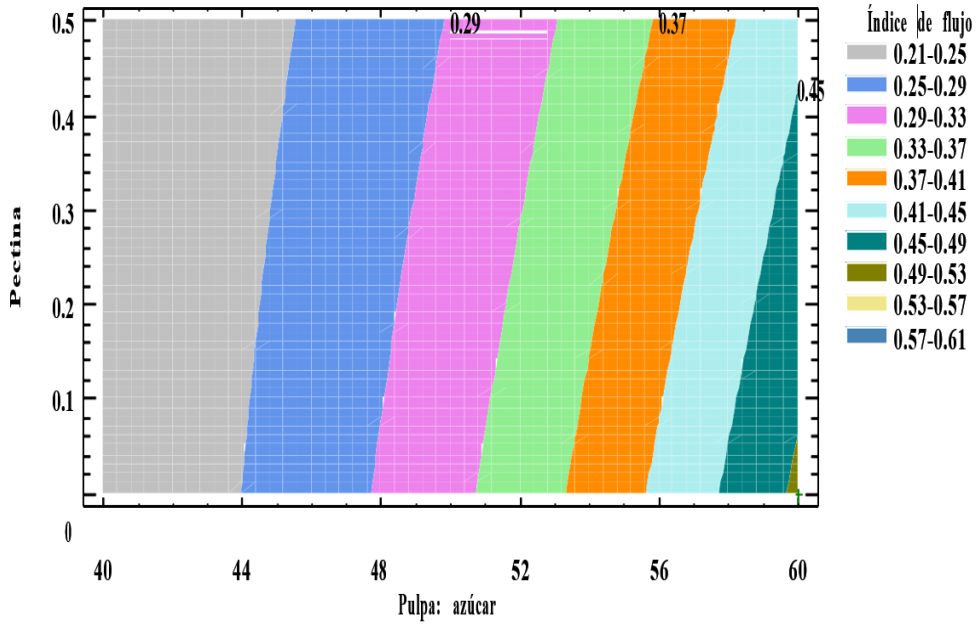


Figura 11. Contornos de Superficie de respuesta del índice de flujo

4.4.1. Relación de la evaluación sensorial y reológica

Los datos correspondientes al índice de consistencia (m) y la evaluación sensorial en cuanto al atributo de textura se encuentran registrados en la Tabla 8. Además, se presenta la representación gráfica de estos datos en la Figura 12.

Tabla 8. Relación entre la evaluación reológica y sensorial

% pulpa	% azúcar	% pectina	Índice de consistencia (m)	Evaluación sensorial
60	40	0	42,010	5,90^{a}
60	40	0,5	55,826	5,40^{a}
50	50	0	32,136	7,65^{c}
50	50	0,5	38,134	7,35^{bc}
40	60	0	21,900	6,10^{ab}
40	60	0,5	29,992	5,30^{a}

Los valores representan el promedio ± SEM, letras distintas en las columnas indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$).

De la Tabla 8 se aprecia que los mejores tratamientos son T3 (50 pulpa:50 azúcar; 0% pectina) y T4 (50 pulpa:50 azúcar; 0,5% pectina); teniendo puntajes superiores existiendo diferencia con el atributo textura de la mermelada entre los panelistas. En la Figura

12 los tratamientos con un índice de consistencia (32,136 y 38,134) tienen mejor aceptación con respecto a los demás tratamientos esto debido a que las mermeladas elaboradas con mayor proporción de pulpa presentan una textura densa difícil de percibir por los panelistas teniendo mayor viscosidad sin embargo las mermeladas con mayor contenido de azúcar demostraron una menor consistencia, mayor extensibilidad como resultado de una débil gelificación próxima a jalea al no tener la característica de formación de gel de una mermelada.

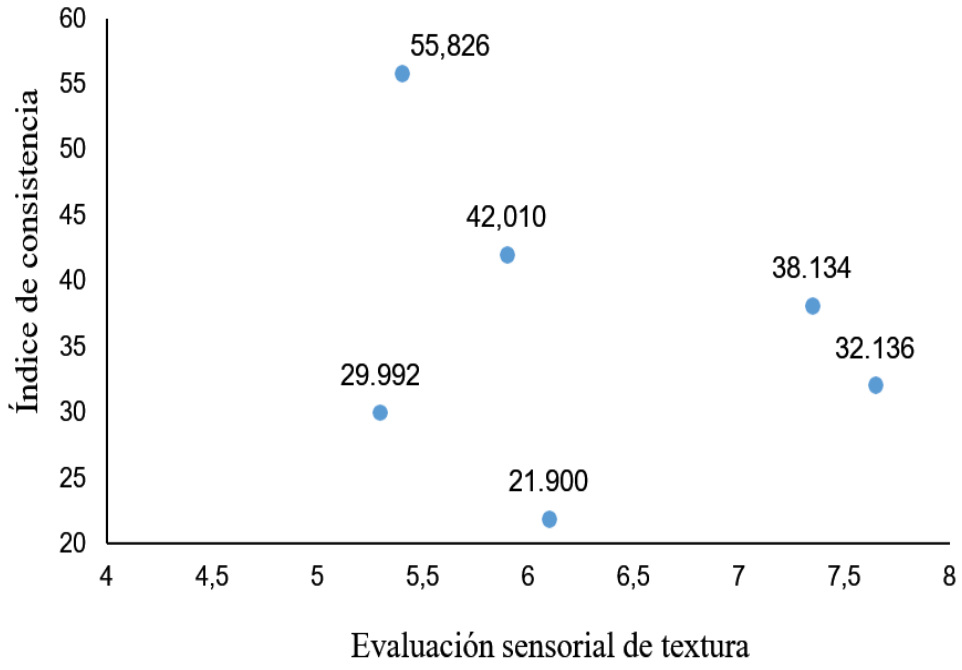


Figura 12. Relación entre índice de consistencia con la evaluación sensorial para losdiferentes tratamientos.

Joyner (2019) señala que los alimentos con características reológicas se están convirtiendo en utilidad pues permite la predicción de resultados sensoriales, asimismo se relaciona con la aceptabilidad del consumidor los cambios en el comportamiento reológico reflejan que existe modificación en el atributo de textura por ello la aplicación de modelos estadísticos y medidas reológicas correlacionadas son importantes para su evaluación.

Ahmed et al. (2017) indica que existe un interés por comprender el conocimiento reológico y microestructura de los alimentos de esa manera ayuda a reducir los defectos de textura en alimentos elaborados mejorando la satisfacción del consumidor.

4.5. Evaluación durante el almacenamiento

Se tomaron registros de la evaluación reológica de las muestras almacenadas a diferentes temperaturas de 40, 50 y 60 °C. Los parámetros reológicos obtenidos se encuentran detallados en el Anexo-IX, mientras que los reogramas correspondientes se presentan en las Figuras 13, 14 y 15. Se determinaron los valores del índice de consistencia (m) y el índice de flujo (n) utilizando el modelo de la ley de la potencia, el cual fue ajustado de manera satisfactoria a las diferentes temperaturas. En la Tabla 9 se pueden observar los valores de los índices de consistencia K, los cuales disminuyen a medida que la temperatura aumenta.

Tabla 9. Valores promedio de los parámetros reológicos de la mermelada de tomate de árbol, almacenada a diferentes temperaturas.

Temperatura	Días	m (Pa.sn)	n
40 °C	5	53,870	0,2926
	10	45,064	0,2652
	15	39,246	0,2443
	20	32,237	0,2572
	25	25,970	0,3444
	30	25,243	0,2284
	35	23,180	0,2971
50 °C	5	44,154	0,2335
	10	34,584	0,2776
	15	29,786	0,2905
	20	29,453	0,2705
	25	23,801	0,2576
	30	22,787	0,2820
	35	18,332	0,3322
60 °C	5	33,259	0,2356
	10	26,788	0,2412
	15	24,830	0,2275
	20	23,529	0,2233
	25	20,798	0,2318
	30	15,008	0,2877
	35	12,524	0,3381

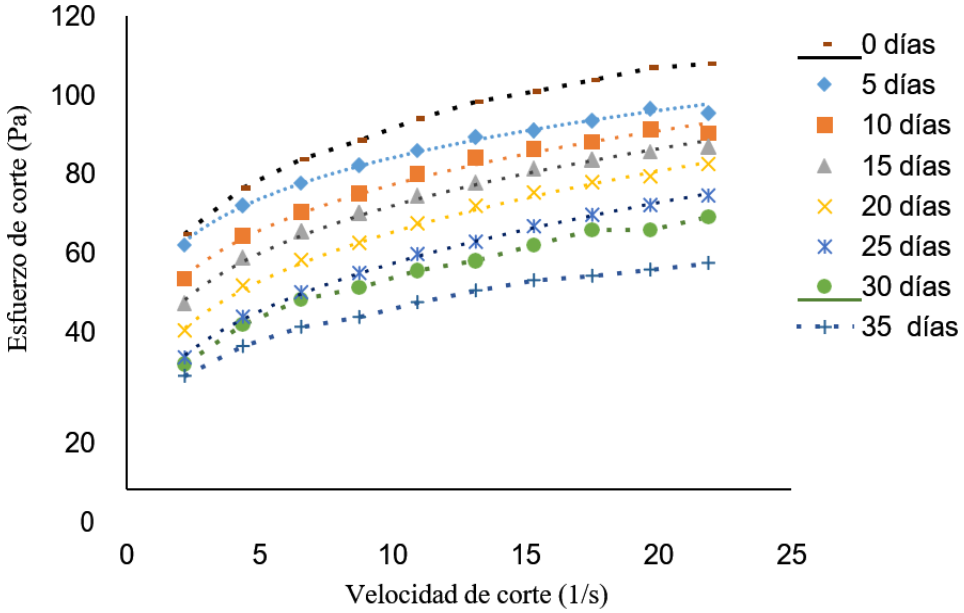


Figura 13. Reogramas de la mermelada de tomate de árbol durante el almacenamiento a 40 °C

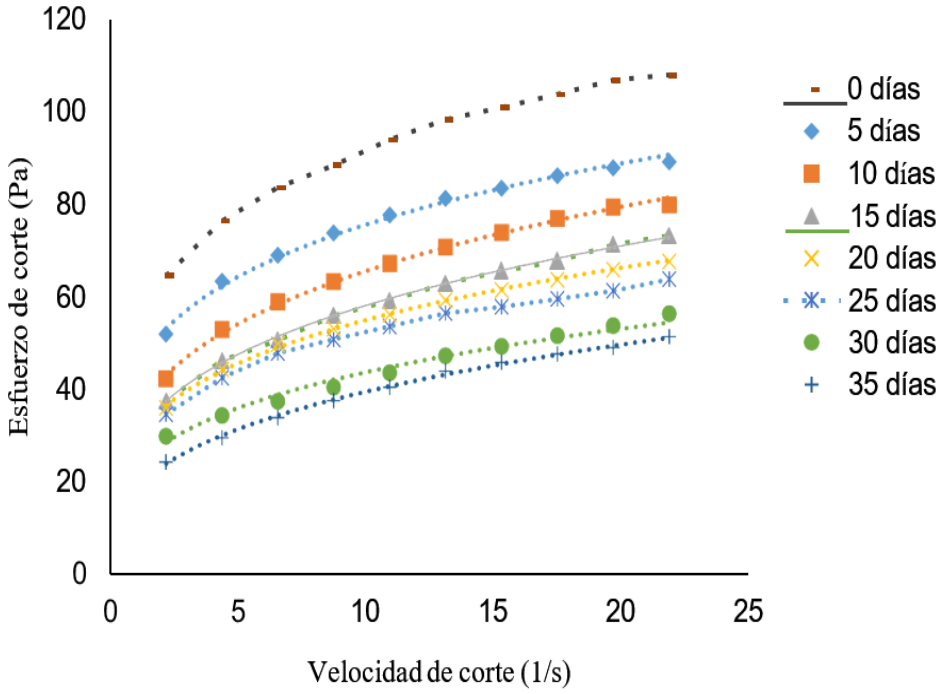


Figura 14. Reogramas de la mermelada de tomate de árbol durante el almacenamiento a 50°C

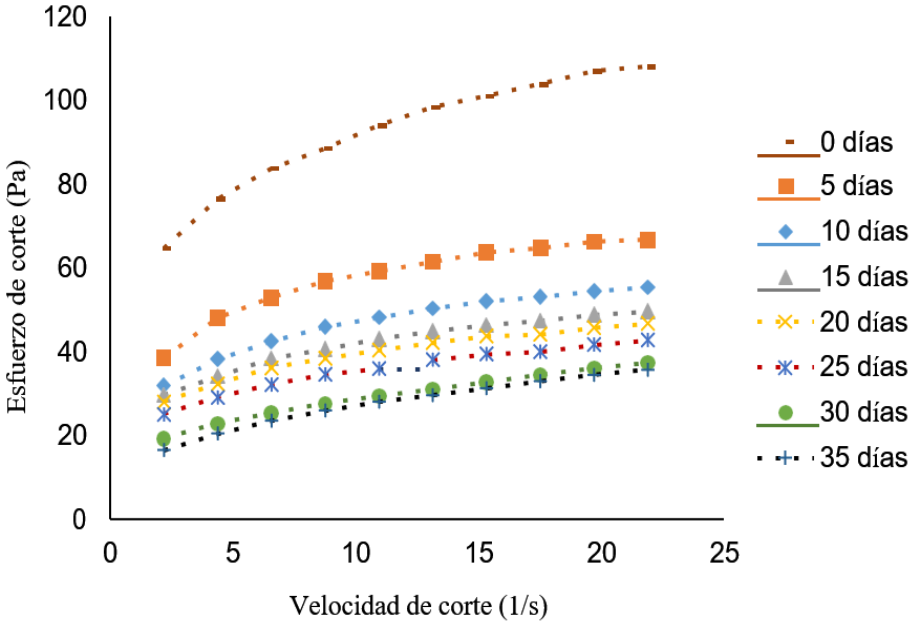


Figura 15. Reogramas de la mermelada de tomate de árbol durante el almacenamiento a 60 °C.

4.5.1. Para el almacenamiento a diferentes temperaturas del mejor tratamiento

Para el coeficiente de consistencia y el índice de flujo se tomó los valores de la Tabla 9 donde tenemos los promedios de índice de flujo del mejor tratamiento donde se evaluaron en función a la temperatura y el tiempo de almacenamiento. Se hizo el ANVA del coeficiente de consistencia que se tiene en la Anexo- VI donde se observa que para temperatura y tiempo de almacenamiento no hay tratamientos iguales todos varían significativamente incluyendo las interacciones.

En la Figura 16 se visualiza que al incrementarse la temperatura y al transcurrir el tiempo de almacenado disminuye la viscosidad aparente. En las Figuras 17 y 18 se observa la relación inversa que existe de la viscosidad aparente en relación a la temperatura es decir a una mayor temperatura se presenta una menor viscosidad aparente y a mayor tiempo disminuye la viscosidad aparente. Meher (2017) afirma que a una temperatura mayor causa la hidrolisis de la pectina relacionando la degradación de la estructura de la pectina con la pérdida de firmeza y propiedades reológicas del fruto. En el periodo de almacenamiento las muestras estaban a temperaturas 40, 50 y 60 °C observándose que la mermelada de tomate de árbol disminuyo su viscosidad perdiendo gradualmente su poder gelificante presentado una tonalidad oscura teniendo un pardeamiento no enzimático debido a los compuestos bioactivos y contenido de azucares que posee el fruto.

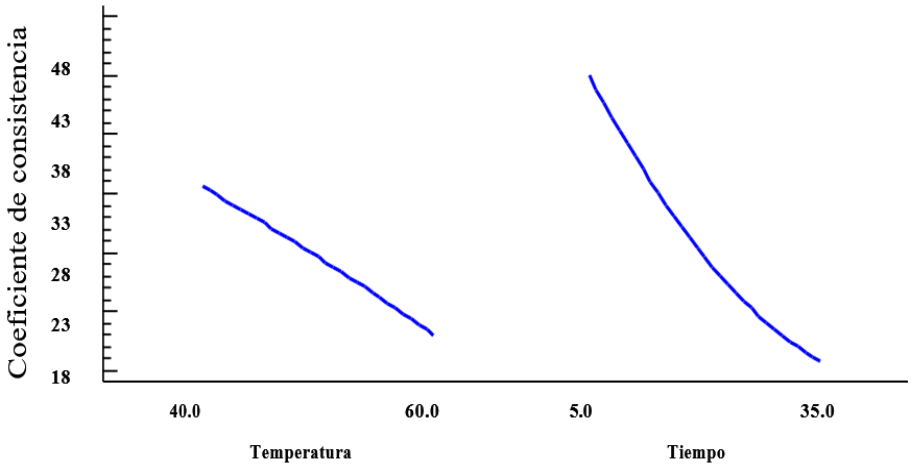


Figura 16. Efectos principales en el Coeficiente de consistencia durante elalmacenamiento

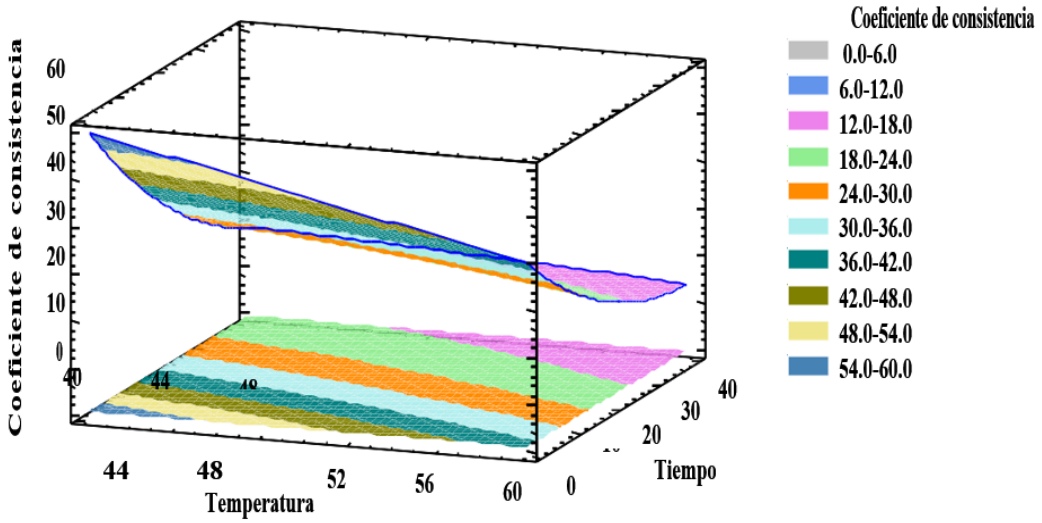


Figura 17. Superficie de respuesta de viscosidad aparente durante el almacenamiento

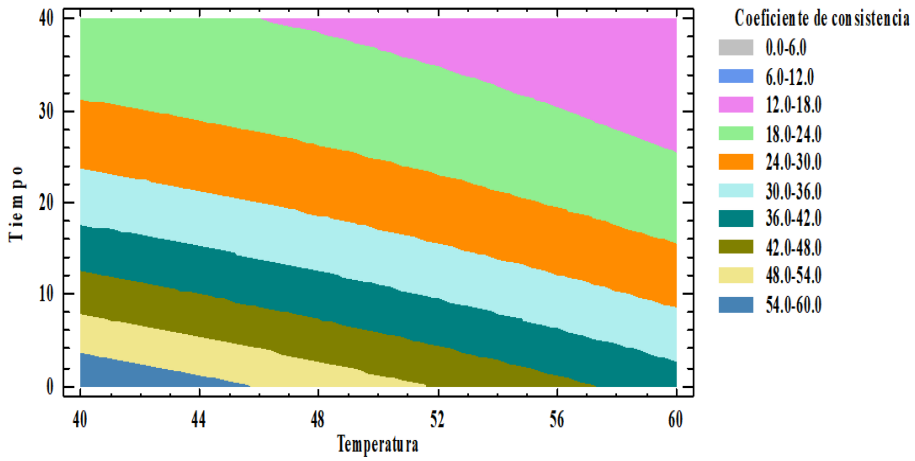


Figura 18. Contorno de la superficie de respuesta de la viscosidad aparente durante el almacenamiento.

A partir de la Tabla 9 se hizo el ANVA del índice de flujo que se tiene en Anexo-VII donde se observa que para temperatura estadísticamente no hay diferencia ya que El valor-p es mayor a 0,05 y en el tiempo de almacenamiento si hay tratamientos diferentes es decir hay diferencia estadística.

Figueroa et al. (2017) menciona que el incremento de la temperatura produce una interacción intermolecular provocando una repulsión entre las partículas teniendo una menor resistencia al flujo, lo cual está relacionado con la disminución del índice de consistencia K. Los valores del índice de consistencia disminuyen con el aumento gradual de temperaturas entre (10-50 °C) teniendo comportamiento pseudoplástico. En la Figura 19 se visualiza que al incrementarse la temperatura disminuye la tendencia psuedoplástica y al transcurrir el tiempo de almacenado aumenta esta tendencia. En las Figuras 20 y 21 se observa la relación inversa que existe del índice de flujo en relación con la temperatura es decir a mayor temperatura menor índice de flujo y la relación directa con el tiempo es decir a mayor tiempo aumenta el índice de flujo.

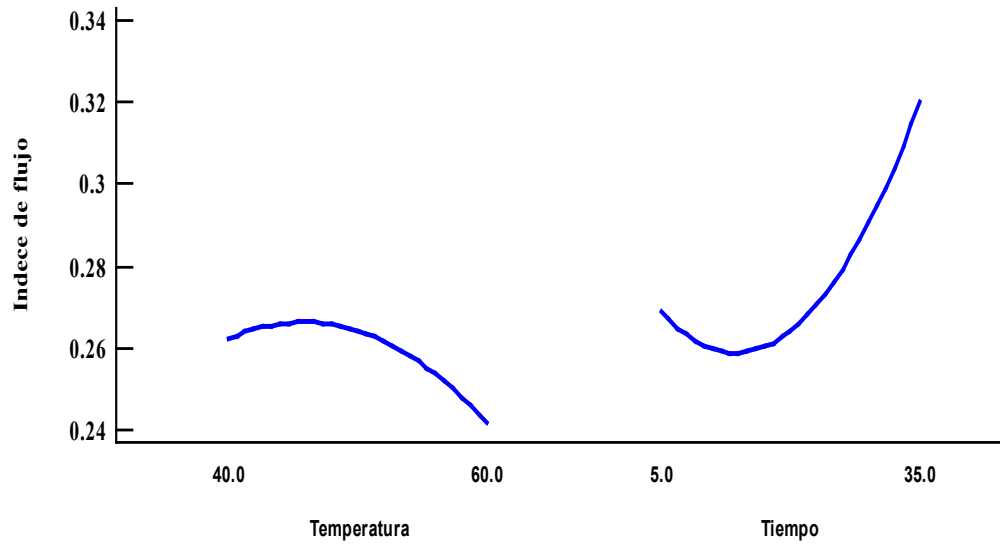


Figura 19. Efectos principales en el Índice de flujo durante el almacenamiento

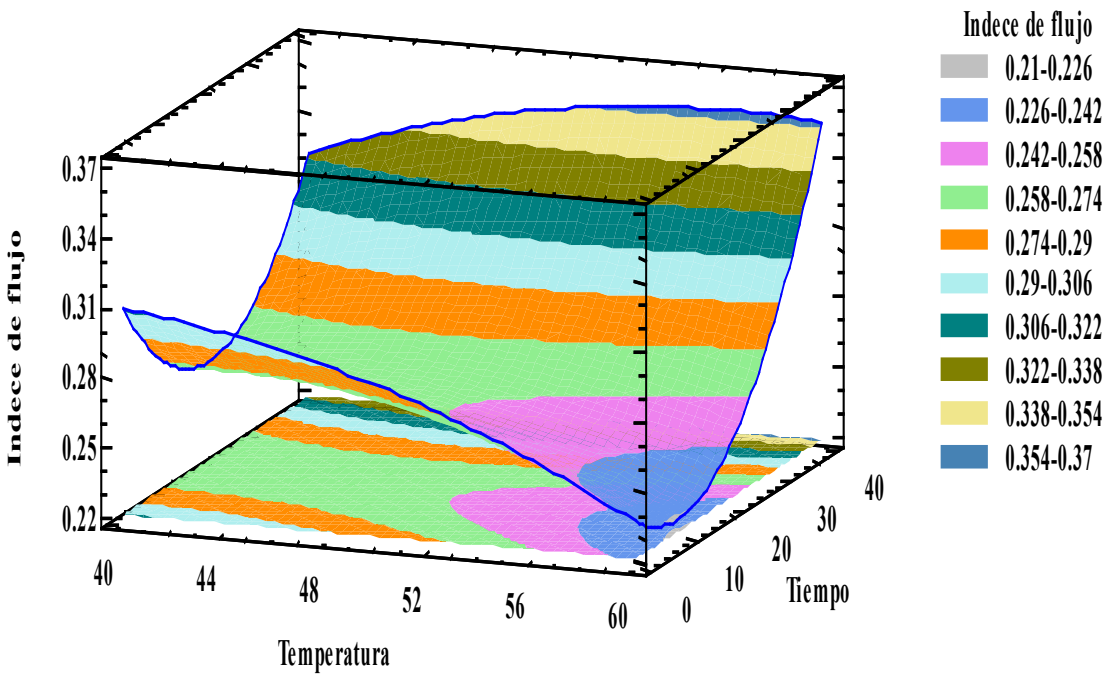


Figura 20. Superficie de respuesta del índice de flujo durante el almacenamiento

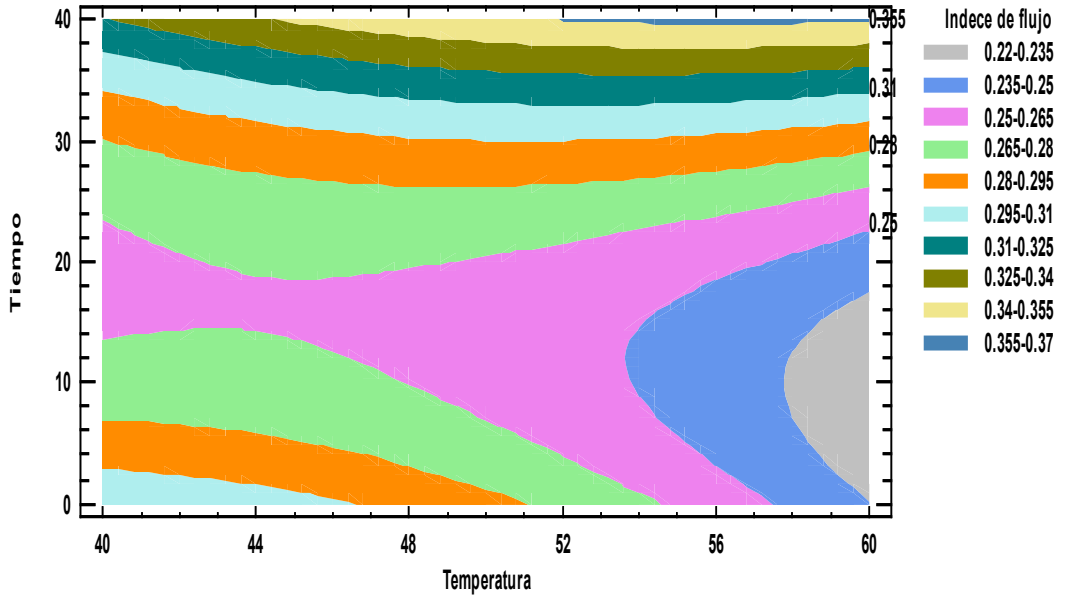


Figura 21. Contorno de la superficie de respuesta del índice de flujo durante el almacenamiento

4.5.2. Determinación del orden de reacción

Los datos experimentales utilizados para ajustar el orden cero y uno, son mostradas en las Figuras 22 y 23. La constante de velocidad (k) de reacción de ambas órdenes de reacción; considerando los coeficientes de correlación se muestra en la Tabla 10, tal como se presenta los coeficientes de correlación (R2) se aproximan a 1, la mermelada de tomate de árbol se ajusta a los datos de orden uno.

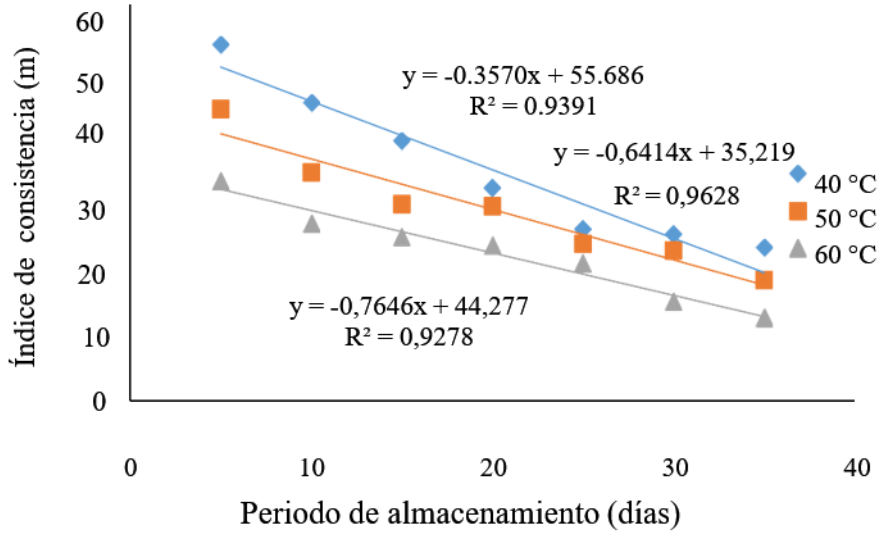


Figura 22. Índice de consistencia almacenada a diferentes temperaturas. Cinética de orden cero.

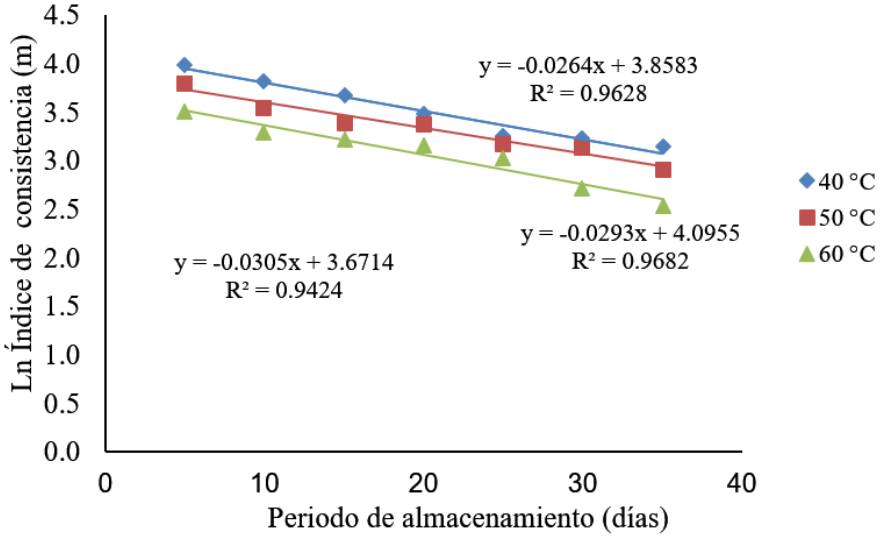


Figura 23. Índice de consistencia almacenada a diferentes temperaturas. Cinética de orden uno.

Tabla 10. Constantes de velocidad de reacción (*k*) y coeficientes de correlación (R^2) para órdenes de reacción cero y uno.

Día	Orden cero		Orden uno	
	K	**R^2**	***K***	**R^2**
40 °C	0,3570	0,9391	0,0264	0,9628
50 °C	0,6414	0,9278	0,0293	0,9682
60 °C	0,7646	0,9678	0,0305	0,9424

Donde: (*k*) es la velocidad de reacción.

En la Tabla 10 se muestran las constantes de velocidad de reacción del orden cero y primer orden, determinando que el valor del coeficiente de correlación (R2=0,9578) se ajusta siendo los datos de primer orden para las diferentes temperaturas lo cual coincide con lo mencionado por Anggraini et al., (2017) quien señalo en su trabajo de mermelada de fruta de palma que la pérdida de textura se relaciona con el orden cero (orden cero < primer orden). Nikolić et al. (2018) en la preparación de mermelada de mora silvestre fueron ajustadas a ecuaciones cinéticas de primer orden lo cual considera que la degradación acelera a mayor temperatura en la mermelada.

4.5.3. Energía de activación (Ea) para la cinética de pérdida de textura

Los coeficientes de velocidad de reacción (*K*) de la cinética orden cero y orden uno a diferentes temperaturas se muestra en la Tabla 11 y 12, se ajustaron al modelo de Arrhenius, los resultados se presentan en las siguientes Figuras 24 y 25.

Tabla 11. Coeficientes de velocidad de reacción (*k*) a diferentes temperaturas ajustada en orden cero.

Temperatura			**Orden cero**
°C	**°K**	**1/ °K**	**K**
40 °C	313	0,003195	0,3570
50 °C	323	0,003096	0,6414
60 °C	333	0,003003	0,7646

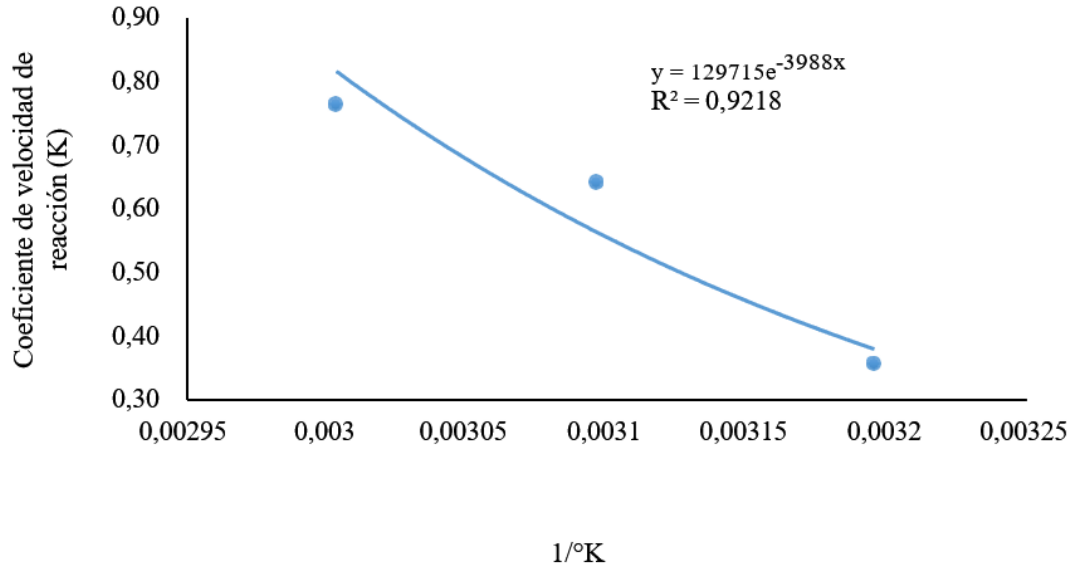


Figura 24. Relación de coeficiente de velocidad de reacción (k) con la inversa de temperatura ajustada en el orden cero.

$$K = K_T e^{-Ea/RT}$$

$$K = 1{,}98717 e^{-(3988/T)}$$

$$\frac{Ea}{R} = \frac{Ea}{1{,}98717 \frac{calorias}{mol^{-1}} °K^{-1}} = 3988$$

$$Ea = 7{,}924\ kcal/mol$$

Tabla 12. Coeficientes de velocidad de reacción (k) a diferentes temperaturas ajustadaen orden uno.

Temperatura			**Orden uno**
°C	**°K**	**1/ °K**	**K**
40 °C	313	0,003195	0,0264
50 °C	323	0,003096	0,0293
60 °C	333	0,003003	0,0305

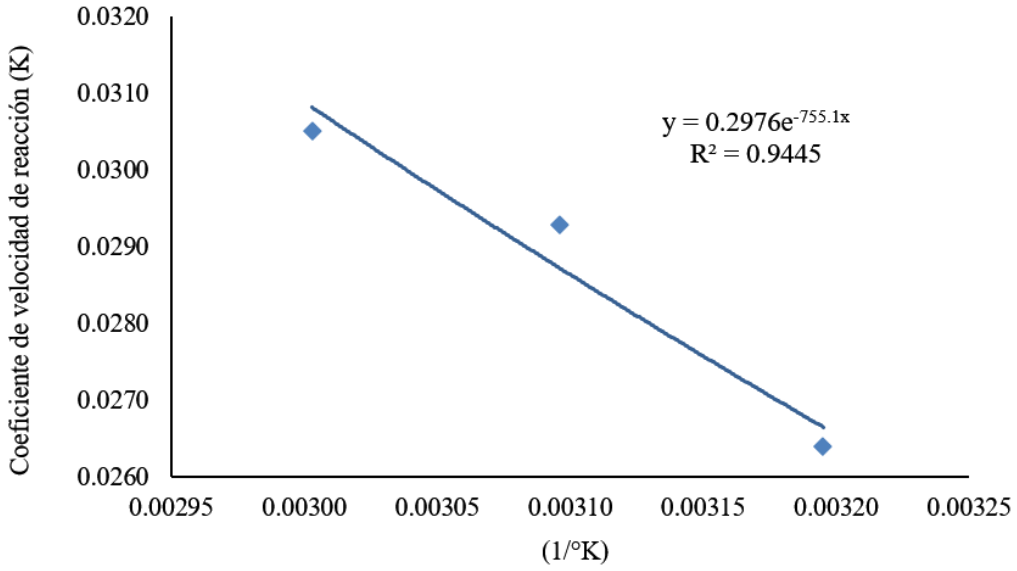


Figura 25. Relación de coeficiente de velocidad de reacción (k) con la inversa de temperatura ajustada en el orden uno.

$$K = K_T e^{-Ea/RT}$$

$$K = 1{,}98717 e^{-(755{,}1/T)}$$

$$\frac{Ea}{R} = \frac{Ea}{1{,}98717\ calorias/mol^{-1}°K^{-1}} = 755{,}1$$

$$Ea = 1{,}500\ kcal/mol$$

La energía de activación del fluido es un parámetro que indica la sensibilidad de la viscosidad aparente a los cambios de temperatura. En este estudio, se determinaron las constantes de velocidad de reacción para los modelos de Orden cero y Primer orden a diferentes temperaturas. Estos datos se ajustaron al modelo de Arrhenius, obteniendo una energía de activación (Ea) de 1,500 kcal/mol. El ajuste al modelo de Primer orden indica que la temperatura tiene una influencia significativa en el deterioro de la viscosidad durante el período de almacenamiento de la mermelada. Como consecuencia de este deterioro, se produce una pérdida de textura en el producto.

Otiniano (2017) señala que la cinética de deterioro de la mermelada de naranjilla corresponde a una reacción de primer orden teniendo un coeficiente de regresión (R2=0,9330); con una energía de activación de 3,696 Kcal.mol. Bazan (2019) reporta en su

trabajo de mermelada de camu camu que se adecua a una orden de reacción cero, con una energía de activación de 2,5495 Kcal.mol-1 (R2 = 0,9997) sin embargo Basu & Shivhare (2010) indican que los valores de energía de activación (Ea) para la mermelada de mango fue más alta en comparación a la pulpa de mango (2.516-9.177 Kcal.mol-1) debiéndose a que la mermelada es un gel físico, proporcionando mayor resistencia a la deformación que una pulpa, influye el pH, pectina y concentración de azúcar.

Según el valor reportado de energía de activación (Ea) en comparación a otras mermeladas es inferior lo cual implica que la degradación es más susceptible cuando se incrementa la temperatura, teniendo en cuenta que a una mayor cantidad de azúcar en la mermelada existe una mayor degradación originando cambios de color y perdida de textura en el producto.

4.6. Evaluación fisicoquímica de la mermelada de tomate de árbol

Los resultados de la evaluación fisicoquímica de la mermelada de tomate de árbol más aceptada sensorialmente (T3) se muestran:

Tabla 13. Evaluación fisicoquímica de la mermelada de tomate de árbol

Análisis	Resultado
Humedad (%)	29,66 ± 0,390
Ceniza (%)	0,35 ± 0,021
Proteína (%N x 6,25)	0,60 ± 0,040
Grasa (%)	0,36 ± 0,005
Fibra cruda (%)	1,36 ± 0,002
Carbohidratos (%)	67,47 ± 0,030
Acidez titulable (% de ácido cítrico)	0,87 ± 0,010
pH	3,5
Sólidos solubles (°Bx)	65

Los valores representan (promedio ±SEM) datos provienen del experimento (n=3) valores del mejor tratamiento de mermelada.

El contenido de humedad en el presente estudio se encuentra en un rango de (29,66 ± 0,390%) este dato es similar a los mencionado por Salazar et al. (2018) quien indica que la mermelada tiene una humedad (29,02%) debiéndose a la concentración de azúcar y pectina aumenta existiendo una disminución en el contenido de humedad.

El contenido de ceniza que presenta es (0,35 ± 0,021), este contenido de ceniza indica que la mermelada es una rica fuente de minerales. Bekele et al. (2020) quien indica que el contenido de ceniza de la mermelada mango estuvo en el rango de 0.29 a 0.55%, esta variación se debe a los compuestos inorgánicos, especialmente el ion calcio que se encuentra presente en la pectina. Diaz (2003) indica que la cantidad de ceniza presente en la mermelada dependen del contenido de azúcar, así como también los cristales de azúcar más grandes tienen bajo contenido de ceniza

El contenido de proteína total de la mermelada de tomate de árbol fue de 0.48%, este resultado es similar al contenido de proteína de 0.53% reportado por Nduko et al. (2018) en mermelada de piña; siendo inferior puesto a que los insumos utilizados (frutas, azúcar, pectina y ácido cítrico) no son buenas fuentes de proteínas y grasas.

El contenido de grasa fue de (0,36 ± 0,05%), este valor es superior a lo mencionado por Jaiswal & Naik (2015) quienes obtuvieron (0.27 ± 0.06%) en mermelada de ciruela Mohd Naeem et al. (2017) explican que La fruta tomate de árbol no contiene grasas saturadas, lo que la convierte en una fruta saludable.

El porcentaje de fibra cruda fue (1,36 ± 0,002%) este dato es ligeramente mayor en comparación con el valor (0.74 ± 0.03%) para mermelada de melón reportado por (Aruna et al. 2017). Garg et al. (2019) señala que el contenido de fibra cruda en las mermeladas generalmente está en un rango de (0.44–1.61%), se encontró que en mermelada (uva, albaricoque, arándano y fresa) posee contenido de fibra alto.

Se encontró que el contenido de carbohidratos es de (67,47 ± 0,030%). Mohd Naeem et al. (2017) reporto en mermeladas preparadas a partir de uva (65.99%), fresa (67.65%) y mora azul (67.25%). Adedeji (2017) informo en mermelada de sandía y papaya el contenido osciló entre (62,10 ± 0,18 - 67,16 ± 0,24%); siendo estos datos similares a lo encontrado en la mermelada de tomate de árbol, el contenido alto de carbohidratos es debido a la presencia de frutas y azúcar en ella, con este contenido de carbohidratos la mermelada es una buena fuente de energía.

La acidez titulable fue (0,87 ± 0,010%), este resultado es similar a lo reportado por Rahman (2018) que en mermelada de fresa determino una acidez con un contenido de 0,65%, este autor considera que la acidez titulable es un factor de calidad a su vez está relacionado con el sabor se debe tener en cuenta que la acidez demasiada baja, ocasiona que el producto sea insípido y poco atractivo.

Según indica la (NTP 203.047- 1991) (revisada el 2017) afirma que la mermelada debe estar en un rango de pH de 3 a 3,8 y °Brix siendo menor a 65, el tratamiento optimo resulto con 3.5 y el nivel de solidos solubles esta 64 es decir estos valores se ajustan a las especificaciones de la norma.

V. CONCLUSIONES

- El tomate de árbol presentó las siguientes características: Humedad (86,16%), ceniza (1,47%), proteína (2,31%), grasa (3,15%), fibra cruda (16,60%), carbohidratos (4,70%), acidez titulable (1,87), pH (3,9), sólidos solubles (°Bx) (10,34).
- Se determinó los parámetros adecuados para la elaboración de mermelada de tomate de árbol mediante una evaluación sensorial siendo calificada como mejor tratamiento:50 pulpa/50 azúcar; 0% pectina, teniendo un mayor efecto significativo con el atributotextura.
- Todos los tratamientos presentan un comportamiento pseudoplástico, ajustado almodelo de la Ley de potencia teniendo: Índice de flujo (n): 0,2160 a 0,4997 e índice de consistencia (m): 21,900 a 55,826. El mejor tratamiento tiene un índice de consistencia de 32,136 $Pa.s^n$ y un índice reológico de 0,3132 s^{-1}.
- La cinética de deterioro de la mermelada de tomate de árbol se ajusto al modelo de ecuación de Orden uno teniendo coeficientes de velocidad de reacción K40°C = 0,0264; K50°C = 0,0293 y K60°C = 0,0305; energía de activación (Ea) de 1,500 kcal/mol.
- El análisis fisicoquímico del tratamiento con mayor aceptación a nivel consumidor (T3) son: Humedad (29,66%), ceniza (0,35%), proteína (0,60%), grasa (0,36%), fibracruda (1,36%), carbohidratos (67,47%), acidez titulable (0,87), pH (3,5), sólidos solubles (°Bx) (65).

VI. RECOMENDACIONES

- Estudiar el proceso de formulación de mermeladas bajas en calorías debido a sus propiedades curativas, con diferentes variedades de tomate de árbol y evaluar el comportamiento reológico.
- Estudiar las propiedades reológicas de mermelada de tomate de árbol con diferentes concentraciones de edulcorante a fin de conocer su comportamiento aplicando modelos reológicos.
- Determinar el contenido de vitamina C, capacidad antioxidante y polifenoles en la pulpa y mermelada de tomate de árbol, con el propósito de aplicar estos parámetros en la elaboración y obtener un producto final con mayor valor nutricional y beneficios para la salud.
- Se propone realizar un estudio de la mermelada con adición de otra fruta de aspectos sensoriales similares a fin de mejorar la aceptabilidad de sus características sensoriales del producto final.

VII. REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

Abid, M., Yaich, H., Hidouri, H., Attia, H., Ayadi, M. A. (2018). Effect of substituted gelling agents from pomegranate peel on colour, textural and sensory properties of pomegranate jam. Food chemistry. Tunisia. 239: 1047-1054. doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.07.006

Acosta-quezada, P., Raigón, M., Riofrío-Cuenca, T., García, M., Plazas, M., Burneo, J. I., Figueroa, J., Vilanova, S., Prohens, J. (2015). Diversity for chemical composition in a collection of different varietal types of tree tomato (Solanum betaceum Cav.), an Andean exotic fruit. Food chemistry, 169:327-335. doi: 10.1016/j.foodchem.2014.07.152

Adedeji, T. (2017). Desarrollo y evaluación de la calidad de Mermelada de jugo de Sandía (Citrullus lanatus) y Papaya (Carica papaya). Archivo de Ciencias de la Alimentación y la Nutrición. Nigeria. 1(1): 63-71. doi:10.29328/journal.afns.1001010.

Ahmed, J., Ptaszek, P., Basu, S. (2017). Reología alimentaria: desarrollo científico e importancia para la industria alimentaria. Avances en la reología de los alimentos y sus aplicaciones. 1(1):1–4. doi:10.1016/b978-0-08-100431-9.00001-2

Andrade, G., Carrera P. (2013). Determinación de las propiedades fisicoquímicas del jugo de tomate de árbol (Solanum betaceum cav) preparado a diferentes tiempos de cocción del fruto. Tesis Ing. Quimico. Quito, Ecuador. Universidad Central del Ecuador. [Tesis Universidad Central del Ecuador]. http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/2784122.

Anggraini, A., Sayuti, K. Yenrina, R. (2019). Método de prueba de vida útil acelerada (ASLT) con enfoque de Arrhenius para la estimación de la vida útil de la mermelada de fruta de palma de azúcar con la adición de melastoma asiático (Melastoma malabathricum, l.) en el envase del frasco y la bolsa. Revista de ciencia y tecnología agrícolas aplicadas., Indonesia. 3(2): 268-279. doi: https://doi.org/10.3923/pjn.2018.140.145

Association of Official Analytical Chemists. (2005). Official Methods of Analysis. The scientific dedicated to analytical Exellence.Gaithersuburgh, Maryland, USA.: AOAC International.

Arboleda, M., Duque G., Urrea C. (2013). Significados del consumo de frutas y hortalizas en dos comunidades de zona rural del municipio de Turbo, Urabá Antioqueño. Rev. Saúde e Sociedade, 22(1): 1247-1256. Doi: org/10.1590/S0104-12902013000400025.

Aruna, R., Kumar, K., Vinay, Promod., Jayamma, P.(2017). Estandarización y Análisis Proximado De Muskmelon Jam. International Journal of Agricultural Science and Research (IJASR). Andhra Pradesh, India. 7(5): 329-344.

Ávila, J., Ruales, J. (2016). Influencia del estrés luminoso e hídrico en la postcosecha, propiedades físico-químicas y estimación de la capacidad antioxidante del tomate de árbol (Solanum betaceum Cav.) genotipo gigante amarillo. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, 17(1): 30-40. Doi: https://www.redalyc.org//813/81346341005.pdf.

Ávila, J. (2009). Caracterización de cuatro genotipos de tomate de árbol (Solanum betaceum Cav.) cultivados en Ecuador y estudio del efecto del estrés hídrico y luminoso sobre las propiedades físico-químicas en la poscosecha y estimación de la actitud antioxidante de los compuestos fenólicos del genotipo anaranjado gigante. Tesis de grado. Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador. 88 p. http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/8232.

Ávila. E. (2015). Manual Mermelada del Tomate de Árbol. Programa de apoyo Agrícola y Agroindustrial. Vicepresidencia de fortalecimiento empresarial. Cámara de comercio de Bogotá. (Colombia). 36 p. http://hdl.handle.net/11520/14308.

Aviles, M. (2012). Estudio del Proceso de rehidratación de tomate de árbol deshidratado (Solanum betaceum cav) variedad anaranjado gigante. [Trabajo de Grado Bachiller en Bioquímico Farmaceútico, Escuela Superior Politécnica Chimborazo, Ecuador]. http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/2017.

Azofeifa, A. (2016). Evaluación de la aceptación sensorial y del concepto de producto de tres mermeladas de vegetales con especias y determinación de la vida útil de la mermelada más susceptible al deterioro mediante un estudio de almacenamiento. [Tesis en Ingeniería de Alimentos. Universidad de Costa Rica. Facultad de Ciencias Agroalimentarias. Costa Rica.]. https://hdl.handle.net/10669/73926.

Baldizón, C., Córdoba, M; Valle, G.(2017). Evaluación de la vida útil de una pasta de tomate mediante pruebas aceleradas por temperatura. Revista Ingeniería. Costa Rica. 21(2): 31-38. Doi: 10.15517/ring.v18i1-2.653.

Basu., S. Shivhare. (2010). Propiedades reológicas, texturales, microestructurales y sensoriales de la mermelada de mango. Revista de ingeniería alimentaria. Chandigarh., India. 100 (2): 357-365. Doi: https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.04.022.

Bazan, J. (2019). Elaboración y evaluación reológica de mermelada de camu (Myrciaria dubia HBK McVaugh) y estabilidad en el almacenamiento. [Tesis Ingeniero en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria de la Selva] http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1586.

Bekele, M., Satheesh, N., Jemal, S. (2020). Selección de cultivares de mango de Etiopía para determinar su idoneidad para preparar mermelada y determinación de los efectos de la pectina, el azúcar y el ácido sobre las propiedades físico-químicas y sensoriales de la mermelada de mango. Scientific African. Etiopía. 7(1): 100-277. Doi: 10.5829/idosi.gv.2016.16.04.103136

Berk, Z. (2018). Food process engineering and technology. Academic press, Elsevier.

Cambridge, USA. 3era ed. p. 744-793. Biofuels, Bioproducts And Biorefining. Rev. Wiley. 4(1): 368-377. doi:10.1016/b978-0-12-370901-1.50021-0.

Cardona, J., Díez, M. (2020). Evaluación de la estabilidad de probióticos en pulpa de tomate de árbol (Solanum betaceum) variedad amarillo común, deshidratada por ventana refractiva. Rev. Ciencia y Tecnología Alimentaria. 18(1): 34-44. Colombia. Doi: http://dx.doi.org/10.24054/16927125.v1.n1.2020.4149.

Carrera, P. (2013). Determinación de las propiedades fisicoquímicas del jugo de tomate de árbol (Solanum betaceum Cav) preparado a diferentes tiempos de cocción del fruto. [Tesis Ingeniero en Quimica, Universidad Central del Ecuador]. http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/1880.

Carrillo, E., Aller, Á., Cruz, S., Alvarez, J. (2015). Andean berries from Ecuador: A review on Botany, Agronomy, Chemistry and Health Potential. Rev. Journal of Berry Research. Ecuador. 2(2): 49–69. doi:10.3233/JBR-140093.

Castro, J. (2014). Fenología y crecimiento del tomate de árbol (Cyphomandra betacea) (Cav.) Sendt), cualtivado con coberturas plásticas en el suelo. [Tesis de Maestría. Nariño, Colombia. Universidad de Nariño.] http://sired.udenar.edu.co/id/eprint/3291.

Cerón, A., Mejía, D., Osorio, O. (2016). Cinética de inactivación térmica de la enzima Pectinmetilesterasa en zumo de tomate de árbol (Solanum betaceum Cav.). Rev. Información tecnológica. Ecuador. 27(2): 67-76. doi: 10.4067/S0718-07642016000200009.

Cerón, I., Higuita, J., Cardona, C. (2010). Capacidad antioxidante y contenido fenólico total de tres frutas cultivadas en la región andina. Departamento de Ingeniería Química. Colombia. Universidad Nacional de Colombia. 57 p.

Ciriminna, R., Chavarría - Hernández, N., Rodríguez, H., Pagliaro, M. (2015). Pectina: una nueva perspectiva desde el punto de vista de la biorrefinería. Biocombustibles, bioproductos y biorrefinación. 9(4): 368-377. doi: https://doi.org/10.31226/osf.io/c89h3.

Correa, J., Zapata, A.(2017). Enzymatic extraction of pectin from passion fruit peel (Passiflora edulisf. flavicarpa) at laboraty and bench scale. Food Science and Technology. Medellín, Colombia. 80(1): 280-285. Doi: https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.02.024.

Corzo, O., Sánchez, M. (2008). Estudio reológico del proceso de elaboración de aceite de maíz. Revista Multidisciplinaria del Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente. Venezuela. 20(3): 329-333.

Cuevas, M. (2012). Desarrollo de láminas flexibles enriquecidas con calcio de parchita. (Passiflora edulis F. Flavicarpa Degenerer) con tomate de árbol (Chymondra betacea Sendth) y parchita con fresa (Fragaria sp). [Tesis Licenciatura, Universidad Central de Venezuela].

Daubert, C., Foegeding, E. (2010). Principios reológicos para el análisis de alimentos. Rev. Análisis de alimentos. Springer, Boston. 5(1): 541-554.

De Michelis, A. (2008). Elaboración y conservación de frutas y hortalizas; procedimientos para el hogar y para pequeños emprendimientos comerciales. AR. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires. 110 p.

De Souza, C., Jonathan, M., Saad, S., Schols, H., Venema, K. (2018). Characterization and in vitro digestibility of by products from Brazilian food industry: cassava bagasse, orange bagasse and passion fruit peel. J. Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre. USA. 16(1): 90-99. doi: https://doi.org/10.1016/j.bcdf.2018.08.001.

Díaz, O. (2018). Reología aplicada a sistemas alimentarios. Ediciones Grupo Compás. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Guayaquil-Ecuador. 104 pág. http://142.93.18.15:8080/jspui/handle/123456789/270

Díaz, A. (2013). Manejo integrado del gusano perforador de fruto del lulo y tomate de árbol. Antioquia. Fontagro Corpoica. Colombia. http://hdl.handle.net/20.500.12324/12957

Díaz. A. (2003). Proyecto de una fábrica de mermelada. España: s/n.

Do Nascimento, G., Hamm, L., Baggio, C., Werner, M. ,De P., Iacomini, M., y Cordeiro,

L. (2013). Structure of a galactoarabinoglucuronoxylan from tamarillo (Solanum betaceum), a tropical exotic fruit, and its biological activity. Food Chemistry, Brasil 141(1):510–516. doi: 10.1016/j.foodchem.2013.03.023.

Dueñas, A., Alcívar, U., Sacon, E., Casdelo, N., Villanueva, G. (2016). Escalado y dimensionamiento de una planta piloto para la producción de un extracto acuoso de Chuquiraga. Rev.Tecnología Química. Manabí, Ecuador. 36(3): 255-266. doi:10.1590/2224-6185.2016.3.1.

Escobar, Á., Párraga, A., Bosquez, D., Soto, N., Fuentes, J. (2021). Evaluación de las Características Físico-Químicas y Sensoriales de la jalea (Ananas comosus) y (Passiflora edulis). Revista InGenio. Quevedo, Ecuador. 4(2): 49-60. https://doi.org/10.18779/ingenio.v4i2.415

Feicán, M., Encalada, A., Becerril, R. (2016). Descripción agronómica del cultivo de tomate de árbol (Solanum betaceum Cav.). Rev. Agroproductividad. Mexico. 9(8): 78-87.

Featherstone., S. (2016). A Complete Course in Canning and Related Processes.

Woodhead Publishing, Cambridge, UK. 3(14): 534.

Figueroa, J., Barragán, K., Salcedo, J. (2017). Comportamiento reológico en pulpa edulcorada de mango (Mangifera indica L. cv. Magdalena). Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 18(3): 615-627. doi: https://doi.org/10.21930/rcta.vol18_num3_art:748

Fonseca, J., Castañeda, A., Escarraga, J., Cubillos, D. (2019). Caracterización de enfermedades fitopatógenas en el cultivo de tomate de árbol (Solanum betaceum) en la finca el reposo en el municipio Facatativá, Cundinamarca. Rev. de Ciencias agropecuarias. Cundinamarca, Colombia. 5(1): 24-31. doi:10.36436/24223484.192.

Funami, T. (2017). Enfoques in vivo y reológicos para caracterizar el procesamiento oral de alimentos y la utilidad de los polisacáridos como modificadores de textura: una revisión. Hidrocoloides alimentarios. 68(1): 2-14. doi: 10.1017/j.foodchem.2015.03.010.

Gannasin, S., Adzahan, N., Hamzah, M., Mustafa, S., Muhammad, K.(2015). Propiedades fisicoquímicas de las fracciones hidrocoloides de tamarillo (Solanum betaceum Cav.). Rev. Química de los alimentos. Malasia. 182(1): 292- 301. doi: 10.1016/j.foodchem.2015.03.010.

García, G. (2019). Desarrollo y caracterización de mermelada producida a partir del fruto de mate (Crescentia cujete L.). [Tesis Ing. Ingeniería en Alimentos. Universidad Técnica Ambato.] Repositorio. https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/30555.

Garg, S., Ghosh, P., Rana, S., Pradhan, R. (2019). Elaboración y evaluación de la calidad de mermeladas enriquecidas nutricionalmente a partir de mezclas de moras de la India y otras frutas. Revista Internacional de Ciencia de la Fruta. India. 19(1): 29-44. doi: 10.1080/15538362.2018.1536872.

Gil, F. (2010). Composición y calidad nutritiva de los alimentos. Trad. por Ruiz López. 2 ed. Granada, España. 53 p.

Gomes, S. (2015). Desenvolvimento e caracterização de geleia mista de maracujá e acerola. Tesis Ing. en Alimentos. Brasil. Universidad de Federal da Paraíba] Repositorio. https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/904.

Gonçalves, E., Lannes, S.(2010). Reología del chocolate. Rev. Ciencia y tecnología de los alimentos. 30(1): 845-851.

Ibarz, A., Pagán, J., Garza, S. (2006). Aspectos reológicos de zumos y purés de frutas. Alimentaria: Revista de tecnología e higiene de los alimentos, Catalunya. 370:81-91. https://doi.org/10.1080/19476337.2018.1513955.

INIA. (2007). Los cultivos nativos en las comunidades del Perú. Dirección de Investigación Agraria Subdirección de Recursos Genéticos. Instituto Nacional de Investigación Agraria. Lima (Perú). 25 p

Jackix, M.(1988). Doces, geléias e frutas em calda. Campinas: UNICAMP/SP. 172p.

Jaiswal, S., Patel, M., Naik, S. (2015). Propiedades físico-químicas de la mermelada de

Syzygium cuminii (L.) y estudio comparativo de antioxidantes con otras mermeladas de frutas. Revista India de Productos y Recursos Naturales. India 6(1): 9-15.

Javanmard, M., Endan, J. (2010). Una encuesta sobre las propiedades reológicas de las mermeladas de frutas. Revista Internacional de Ingeniería y Aplicaciones Químicas. 1(1): 31-37. https://doi.org/10.7763/IJCEA.2010.V1.6.

Jiménez, H. (2009). Pruebas de vida acelerada en confiabilidad. Rev. Ciencia y Tecnología. 13(38): 33 – 37. [Tesis Ingeniería Agrónoma, Universidad de Mexico]. .http://repositorio.utm.mx:8080/jspui/handle/123456789/208.

Joyner, H. (2019). Reología de los alimentos semisólidos. Food Science and Technology, Springer. Estados Unidos. 25(4): 726732. http://142.93.18.15:8080/jspui/bitstream.

Julca S. (2014). Evaluación reológica de la mermelada de mango (Mangifera indica L.), variedad Kent y estabilidad en el almacenamiento.. [Tesis Ing. en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria de la Selva] Repositorio. http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/308.

Kong, F., Singh, R.(2011). Avances en métodos instrumentales para determinar el deterioro de la calidad de los alimentos. Estabilidad y vida útil de alimentos y bebidas. California, USA. 381–404. doi: https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100435-7.00008-4.

Kong, F., Singh, R.(2016). Advances in Instrumental Methods for Shelf Life Evaluation in: The Stability and Shelf Life of Food. Subramaniam. Woodhead Publishing Limited. USA. 229–251. doi: https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100435-7.00008-3.

Labuza, T. (2000). The search for shelf life: an update on continued efforts in understanding practical strategies for determing and testing the shelf life of food products. Food Testing and Analysis, New York. 6(2):26-36. doi: https://doi.org/10.1007/978-1-4615-5975-7_19.

Labuza, T., Schmidl, M. (1985). Accelerated shelf-life testing of foods. Journal Food Technology, New York. 39 (9):57-64. doi:10.1007/s11947-010-0447-9.

León, J., Viteri, P., Cevallos, G. (2004). Manual del cultivo de tomate de árbol (Solanum betaceum Cav.). Quito. Boletín Técnico (INIAP). 50 p.

Leonarski, E., Bertan, L., Pinto, V. (2020). Optimización y evaluación sensorial de mermelada de guabiroba con prebiótico. Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília , Brazil. 55(1): 18-41. doi: 10.1590/S1678-3921.pab2020.v55.01841.

Mag E. (1963). El cultivo de la Naranjilla en el Ecuador. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Dirección de Fomento Agrícola. Departamento de Frutales y Hortalizas. Edit. La Unión. Quito, Ecuador. 24 pág.

Márquez, C., Caballero, B., Vanegas, K. (2016). Efecto de edulcorantes no calóricos sobre el desarrollo de mermelada de mora (Rubus glaucus Benth). Temas agrarios. 21(2): 32-39.

Márquez, C., Carlos, J., Otero, E., Margarita, C., Cortés, R., Misael. (2007). Cambios fisiológicos, texturales, fisicoquímicos y microestructurales del tomate de árbol (Cyphomandra betacea S.) en pos-cosecha. Revista Vitae. Medellín, Colombia. 14(2): 9-16. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5805268.

Martínez, G. (2019). Sistema Clasificador de Vida Útil para Mermeladas de Fruta. Jóvenes en la Ciencia, 6 p. http://repositorio.ugto.mx/handle/20.500.12059/3829

Masoliver, M., Pérez-Sánchez, M., López, A. (2017). Modelo experimental para estimar la viscosidad de fluidos no newtonianos: ajuste a expresiones matemáticas convencionales. Instituto Universitario de Matematica Pura y Aplicada. Valencia, España. 10(1): 5-18. Doi: https://doi.org/10.4995/msel.2017.5901.

Meher, J. (2017). Rheology of Cassia Caronda: Effect of Temperature &TSS. Rev. International Journal of Engineering Technology Science and Research. India. 4(4): 2394 – 3386. Rheology of Cassia Caronda: Effect of Temperature &TSS (researchgate.net).

Mohd N., Mohd F., Norhayati, M., Zaiton, A., Norliza, A., Wan S., Mohd A., Aswir, A. R., Rusidar S. (2015). The nutritional composition of fruit jams in the Malaysian market. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences. India.16 (1): 89- 96. Doi: https://doi.org/10.1016/j.jssas.2015.03.002.

Moreno, C., Molina, J., Ortiz, J., Peñafiel, C., Moreno, R. (2020). Cadena de valor en la red de tomate de árbol (Solanum betaceum) en Ecuador. Rev. Agronomía Mesoamericana, 31(1): 13-29. doi:10.15517/am.v31i1.36887.

Naeem, M., Mohd M., Norhayati M., Zaiton A., Norliza A., Wan S., Azerulazree M., Aswir, A, Rusidah S. (2017). The nutritional composition of fruit jams in the Malaysian market. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences. Putrajaya, Malasia. 6(1): 89-96. doi: https://doi.org/10.1016/j.jssas.2015.03.002.

Navarro, H., Guzmán, L., Gonzales, L., Mora, E. (2018). Influencia de las zonas de crecimiento en la composición físico química del fruto de Solanum betaceum Cav. Revista de la Sociedad Química del Perú. Perú. 84(1): 68-76. http://dev.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v84n1/a07v84n1.pdf.

Nduko, J, Maina, R, Muchina, R Y Kibitok, S. (2018). Aplicación de semillas de chía (Salvia hispanica) como componente funcional en la fortificación de mermelada de piña. Rev. Ciencia de los alimentos y nutrición. Nakuru, Kenia. 6(8): 2344- 2349. doi: 10.10 02/f sn3 .819.

Nikolić, M., Pavlović, A., Mitić, M., Mitić, S., Tošić, S., Pecevmarinković, E; Mrmošanin, J. (2018). Thermal degradation kinetics of total polyphenols, flavonoids, anthocyanins and individual anthocyanins in two types of wild blackberry jams. Advanced Technologies. 7(1): 20–27. DOI: 10.5937/savteh1801020n.

Norma Técnica Peruana NTP (1991). Mermelada de frutas. Norma Técnica Peruana. R.D. N° 007-2017-INACAL/DN.

Nurani, F., Sulistyoningsih, E. (2021). Physio-chemical Characteristic of Red Dragon Fruit and Pineapple Jam. In Journal of Physics: Conference Series. 1899 (2021): 12-56. doi:10.1088/1742-6596/1899/1/012056.

Osorio, T., Ciro, V., Mejía, L. (2005). Rheological and textural characterization of the Edam cheese. Dyna. Medellin, Colombia. 72(147): 33-45. http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/refame.

Otiniano, J. (2017). Elaboración y evaluación reológica de mermelada de naranjilla (Solanum quitoense Lam.). [Tesis Ingeniero en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1257.

Özbek, T., Şahin, N., Demirel, B. (2019). Calidad y valor nutricional de la mermelada de fresa funcional enriquecida con semilla de chía (Salvia hispanica L.). Rev. Journal of Food Quality. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México. 2019(1): 1–8. DOI: https://doi.org/10.1155/2019/2391931.

Pérez, A. (2015.) Elaboración de pulpas, zumos, néctares, deshidratados, osmodeshidratados y fruta confitada. Tecnología de Alimentos y Productos Agropecuarios. UNALM -FIA 46p.http://www.lamolina.edu.pe/postgrado/pmdas/cursos/dpactl/lecturas/Separata%20Pulpas%20n%C3%A8ctares,%20merm%20desh,%20osmodes%20y%20fruta%20confitada.pdf.

Portilla, A. (2013). Comportamiento agronómico y adaptabilidad de híbridos f1 de tomate de árbol (Cyphomandra betacea Cav.) en la región alto andina de Nariño, Colombia. [Tesis Ingeniero en Agronomía, Universidad Nacional de Colombia]. https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/21701/7215003.2013.

Preciado, I., Bárcenas, M. (2014). El tamarillo (Cypomandra Betacea) y su importancia como fuente de compuestos antioxidantes. Rev. Ingeniería Química, Alimentos y Ambiental. Puebla., México. 8 (1): 48 – 53.

Prohens, J., Nuez, F. (2001). The Tamarillo (Cyphomandra betacea) A Review of a Promising Small Fruit Crop. Rev. Small Fruits Review, 1(2): 43-68. doi: 10.1300/J301v01n02_06

Rahman, M. (2018). Elaboración de mermelada de fresa y estimación de su valor nutritivo durante el almacenamiento. Revista de tecnología de Poscosecha. Bangladesh. 6(1) 41-56. doi:10.1016/b978-0-444-53730-0.00020-4.

Rao, A. (2014). Rheology of fluid, semisolid, and solid foods. Food Engineering. 3era ed. New York, USA, Springer. Doi: 10.1007/978-1-4614-9230-6.

Regalado M., Noriega R. (2008.) Comportamiento reológico de un fluido. Instituto de Industrias, Universidad del Mar, Ciudad Universitaria, campus Puerto Angel, Oaxaca, México. 90 p.

Repo de Carrasco, R., Encina Zelada, C.(2008). Determinación de la capacidad antioxidante compuestos bioactivos de frutas nativas peruanas. Revista de la sociedad química del Perú. Perú. 74(2): 108-124.

Revelo, J., Pérez, E., Maila, M. (2011). El cultivo de tomate de árbol. Dirección de Fomento Agrícola. Departamento de Frutales y Hortalizas INIAP. Edit. La Unión. Quito, Ecuador. 30 pág.

Revelo, V. (2014). Microencapsulación de tomate de árbol rojo (Solanum betaceum Cav.) mediante spray drying para aplicación en productos lácteos. [Tesis Postgrado, Universidad Nacional de Colombia]. https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/51865.

Richardson, A., Patterson. (1993). Tamarillo growth and management. Rev. The Orchadist. 66 (12): 33-35.

Robertson, G. (2010). Food quality and indices of failure. En: Food Packaging and Shelf Life. A practical Guide. G.L. Robertson Ed. Boca Raton. 1(1): 17-30.

Rojas, B. (2013). Efecto de la estandarización y tratamiento térmico en el contenido de compuestos bioactivos y capacidad antioxidante en néctar de tomate de árbol (Solanum betaceum Cav.). [Tesis Ing. Ingeniería en Alimentos. Universidad Nacional Agraria La Molina]. Lima, Perú.

Rojas, B., Repo De Carrasco, R., Encina, Z. (2017). Determinación de la máxima retención de compuestos bioactivos y capacidad antioxidante en el néctar de tomate de árbol (Solanum betaceaum Cav.). Revista de la Sociedad Química del Perú. Perú. 83(2), 174-186.

Romero, P., Domínguez, T., Guzmán, L.(2014). Cuantificación de polifenoles en hojas de un clon de Uncaria tomentosa (Will. Ex. Shult) proveniente de tres localidades de la región Ucayali. Rev. Soc Quím, Perú. 80(3): 174-182.

Sagdic, O., Toker, O., Polat, B., Arici, M., Yilmaz, M. (2015). Bioactive and rheological properties of rose hip marmalade. Journal of food science and Technology. Estambul, Turquía. 52(10): 6465-6474.

Salazar, D., Acurio, L., Pérez, L., Valencia, A., Arancibia, M., Guanoquiza, A., Álvarez, F. (2018). Efecto de la inclusión de camote morado (Ipomoea batata) en la elaboración de mermelada de naranjilla (Solanum quitoense). Agroindustrial Science. Trujillo, Perú. 8(2), 153-157.

Santander, M., Mejía, D., Osorio, O. (2013). Estandarización del protocolo para evaluar la actividad enzimática de peroxidasa en tomate de árbol (Solanum betaceum Cav.). Temas agrarios. Pasto, Colombia. 18(2): 36-49.

Shinwari, K., Rao, P. (2018). Stability of bioactive compounds in fruit jam and jelly during processing and storage: a review. Trends in Food Science & Technology, West Bengal. 75:181-193.

Shinwari, K., Rao, P. (2020). Propiedades reológicas y físicoquímicas de una mermelada de níspero (Manilkara zapota L.) reducida en azúcar procesada bajo alta presión hidrostática. Revista de Ingeniería de Procesos de Alimentos. 43 (6): 33-88.

Somaris, E., Clemente, G., García, Z. (2017). Propiedades Reológicas de la pulpa de papaya (Carica papaya). Información tecnológica. Cartagena de Indias. Colombia. 28(4): 11-16.

Souza, R., Oliveira, E., Feitosa, B. (2018). Tecnologia e processamento de frutas: doces, geleias e compotas. 20(2): 137-163.

Tabares, C., Velásquez, J. (2003). Estudio de la vida de anaquel del tomate de árbol (Cyphomandra betacea) osmodeshidratado empacado en atmósferas modificadas. Tesis Ing. Ingeniería Química. Universidad Nacional de Colombia. Colombia.

Talens, P. (2018). Efecto de la concentración en el comportamiento reológico de un alimento fluido. Universidad Politécnica de Valencia., Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natura, España. 58 pág.

Tavassoli, K., Gamage, M., Dumée, L., Kong, L., Zhao, S. (2020). Películas y recubrimientos comestibles para prolongar la vida útil del mango: una revisión. Revisiones críticas en ciencia de los alimentos y nutrición 15(2): 136- 145.

Tiwari, A., Vidyarthi, A., Nigam, V., Hassan, M. (2016). Estudio de propiedades reológicas y vida útil de productos de yaca madura: mermelada y jalea. Asian Journal of Microbiology, Biotechnology and Environmental Sciences. India.18(2): 475-482.

Tórrales, R., Vendruscolo, J., Vendruscolo. (2016). Reología del pure homogenizado de pera; efecto de la temperatura y concentración. Tesis Ing. Ingeniería Agroindustrial. Universidad Nacional del Centro del Perú. Tarma, Perú.

Torres, A. (2012). Caracterización física, química y compuestos bioactivos de pulpa madura de tomate de árbol (Cyphomandra betacea). Archivos latinoamericanos de nutrición. Caracas, Venezuela. 62(4): 381-388.

Uribe, W., Bravo, K., Igual, M., Savall, C., García, S., Martínez, M. (2021). Mermeladas enriquecidas con microalgas de frutas con azúcar y sin azúcar añadido: un estudio sobre sus propiedades fisicoquímicas, reológicas y texturales. Investigación y Tecnología Alimentarias europeas. 247 (10): 2565-2578.

Valle, C. (2017). Elaboración de Mermelada de Jackfruit con adición de pulpa de naranjilla. Tesis Ing. Ingeniería en Alimentos. Universidad Tecnológica Equinoccial. Quito, Ecuador.

Vasco, C., Avila, J., Ruales, J., Svanberg, U., Kamal-Eldin, A. (2009). Physical and chemical characteristics of golden-yellow and purple-red varieties of tamarillo fruit (Solanum betaceum Cav.). Rev. International Journal of Food Sciences and Nutrition. 60(7):278-288.

Villanueva, M., Salazar, M., Sánchez, E., Ku, V., Deras, M. (2020). Mermelada del fruto del árbol del ramón: diseño del proceso para la elaboración de un producto innovador. Revista de la Realidad Global Academia. 9(1): 16-20.

Zheng, H. (2019). Introducción: medición de las propiedades reológicas de los alimentos. Rev. Reología de alimentos semisólidos, Springer. Moscú. 1(1): 3-30.

ANEXOS

Anexo -I . Ficha de evaluación sensorial

FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL

Nombre: …….

Sexo: Femenino ( ) Masculino ( )

Edad: menor de 20 años ( ) 21 a 30 años ( ) 31 a 40 años ( ) más de 41 años ( )

Producto: Mermelada de tomate de árbol

Estimado (a) panelista, usted está recibiendo seis muestras codificadas de mermelada. Por favor, evalúe sensorialmente las muestras y manifieste su impresión basado en el puntaje abajo:

.

Puntaje	Categoría
9	Me gusta muchísimo
8	Me gusta mucho
7	Me gusta moderadamente
6	Me gusta un poco
5	Ni me gusta ni me disgusta
4	Me disgusta un poco
3	Me disgusta moderadamente
2	Me disgusta mucho
1	Me disgusta muchísimo

Código	Atributos sensoriales				
	Textura	Sabor	Color	Aroma	Apariencia
477					
524					
303					
421					
872					
396					

Observaciones:

……

……

……

¡Muchas gracias por su participación!

Fuente: Adaptado de VILLANUEVA, *et al* (2020).

Anexo–II. Resultados de la evaluación sensorial de los diferentes tratamientos de mermelada de tomate de árbol.

303 (60% pulpa : 40% azúcar, 0% pectina)					**872 (60% pulpa : 40% azúcar, 0,5% pectina)**					**477 (50% pulpa : 50% azúcar, 0% pectina) 0% pectina)**				
Textura	Sabor	Apariencia	Aroma	Color	Textura	Sabor	Apariencia	Aroma	Color	Textura	Sabor	Apariencia	Aroma	Color
7	6	6	6	5	6	7	6	8	6	8	8	7	7	7
3	4	3	4	4	4	5	5	5	4	6	6	7	8	5
7	7	8	7	8	8	8	7	6	7	8	8	7	7	8
7	8	7	7	8	6	7	7	7	7	8	9	9	8	7
6	9	5	5	8	8	9	6	7	8	9	8	9	8	9
8	7	5	6	7	4	6	4	8	6	8	8	8	8	7
4	4	5	6	5	4	6	8	6	7	7	7	7	8	7
8	7	4	6	4	8	7	4	7	3	8	7	4	7	5
7	6	3	3	5	5	6	3	6	5	8	7	6	6	5
4	6	8	5	6	4	8	9	5	8	7	7	8	7	6
6	6	4	5	6	6	5	4	6	5	7	8	6	6	7
3	6	6	7	6	3	6	7	5	8	7	7	6	6	7
8	8	6	7	8	5	8	7	6	5	8	8	8	7	8
6	6	6	6	5	6	6	6	7	5	6	6	6	6	7
6	7	6	6	5	4	8	4	5	7	8	7	8	7	6
3	4	4	4	5	4	5	6	5	4	8	8	7	8	6
6	9	5	5	8	6	7	7	7	7	9	8	9	8	9
8	7	5	6	7	8	9	6	7	8	8	8	8	8	7
3	6	6	7	6	5	6	3	6	5	7	7	6	6	7
8	8	6	7	8	4	8	9	5	8	8	8	8	7	8

524 (50% pulpa : 50% azúcar, 0,5% pectina)					**396 (40% pulpa : 60% azúcar, 0% pectina)**					**421 (40% pulpa : 60% azúcar, 0.5% pectina)**				
Textura	Sabor	Apariencia	Aroma	Color	Textura	Sabor	Apariencia	Aroma	Color	Textura	Sabor	Apariencia	Aroma	Color
8	6	7	6	5	6	6	6	6	5	6	7	6	7	5
5	7	7	6	7	4	4	4	4	5	4	5	4	6	4
8	8	8	7	6	8	8	7	6	7	7	8	7	7	6
9	9	7	9	8	7	7	7	7	6	8	4	6	4	4
8	8	8	8	7	8	5	7	9	7	7	4	4	6	7
6	6	7	7	6	5	4	6	6	5	7	6	4	5	8
9	8	8	8	7	8	4	8	7	6	4	4	4	7	4
6	4	4	5	6	8	8	4	7	5	5	4	6	5	4
6	3	3	5	3	3	4	5	4	4	3	4	4	4	4
9	4	9	8	7	6	7	8	7	6	4	6	8	5	6
8	8	7	7	8	7	6	6	6	7	5	6	5	6	4
7	7	6	5	6	4	5	3	4	6	4	6	5	4	6
7	7	6	7	6	6	8	7	7	4	5	4	5	6	7
8	8	8	8	7	4	4	8	8	7	4	4	4	4	5
7	7	7	8	7	7	7	6	7	6	4	2	4	4	5
8	4	7	8	5	7	5	7	6	5	7	4	5	6	4
8	8	8	8	7	7	7	7	7	6	8	7	6	6	7
6	6	7	7	6	8	9	7	9	7	7	4	4	6	7
7	7	6	5	6	3	4	5	4	4	3	5	4	4	4
7	7	6	7	6	6	7	8	7	6	4	6	8	5	6

Anexo-III. Resultados del análisis estadístico de la evaluación sensorial.

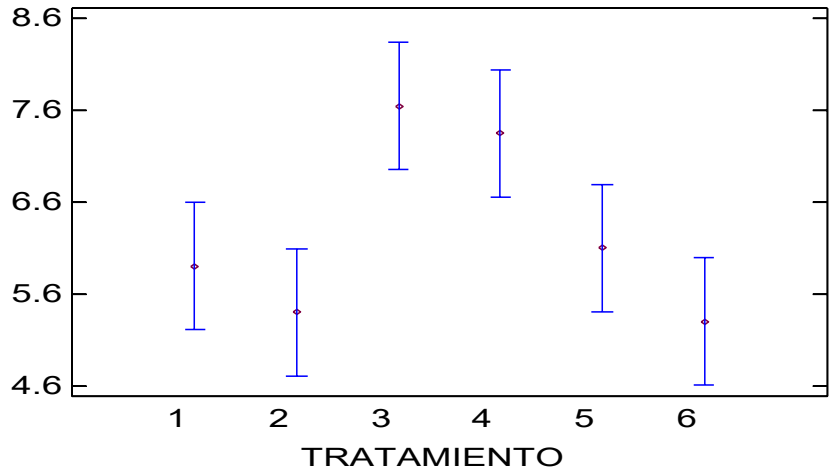
A. 1. ANOVA del atributo textura para los diferentes tratamientos.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	98.6667	5	19.7333	8.60	0.0000
Intra grupos	261.7	114	2.29561		
Total (Corr.)	360.367	119			

A. 2. Prueba de Kruskal-Wallis para textura por tratamientos.

TRATAMIENTOS	Tamaño Muestra	Rango Promedio
1	20	53.175
2	20	43.225
3	20	88.05
4	20	80.575
5	20	56.375
6	20	41.6

Estadístico = 32.5394 Valor-P = 0.00000464514



Comparación de medias de los tratamientos atributo textura.

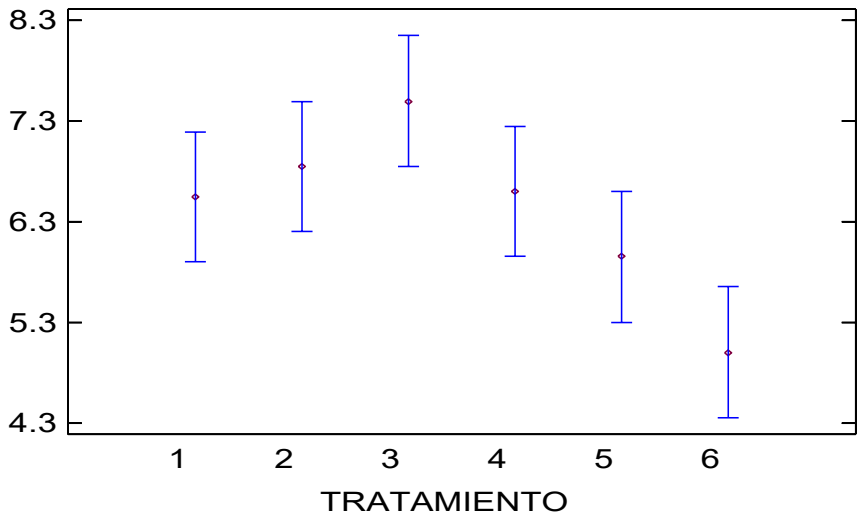
A. 3. ANOVA del atributo sabor para los diferentes tratamientos.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	72.7417	5	14.5483	7.27	0.0000
Intra grupos	228.25	114	2.00219		
Total (Corr.)	300.992	119			

A. 4. Prueba de Kruskal-Wallis para sabor por tratamientos.

TRATAMIENTOS	Tamaño Muestra	Rango Promedio
1	20	61.725
2	20	68.1
3	20	84.85
4	20	65.65
5	20	50.95
6	20	31.725

Estadístico = 27.5595 Valor-P = 0.0000443734



Comparación de medias de los tratamientos atributo sabor.

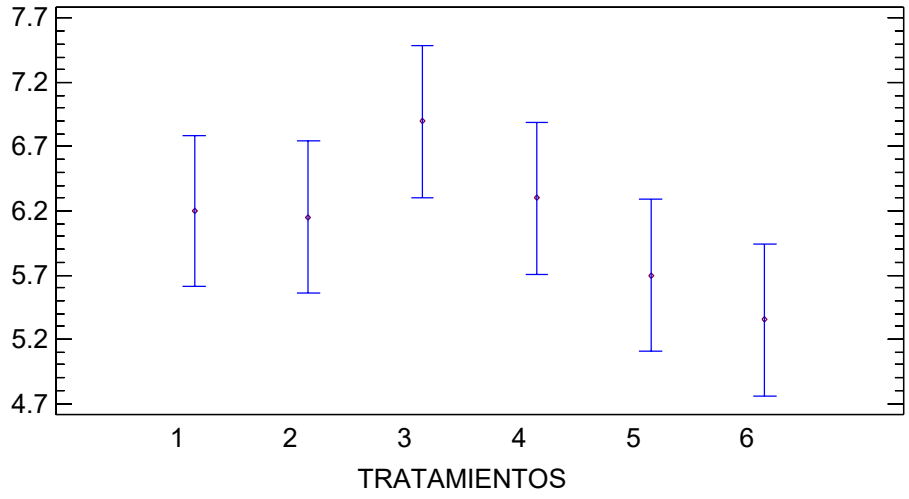
A. 5. ANOVA del atributo color para los diferentes tratamientos.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	28.3	5	5.66	3.39	0.0069
Intra grupos	190.5	114	1.67105		
Total (Corr.)	218.8	119			

A. 6. Prueba de Kruskal-Wallis para color por tratamientos.

TRATAMIENTOS	Tamaño Muestra	Rango Promedio
1	20	62.500
2	20	62.875
3	20	79.675
4	20	66.150
5	20	49.675
6	20	42.125

Estadístico = 14.9457 Valor-P = 0.0105968



Comparación de medias de los tratamientos atributo color.

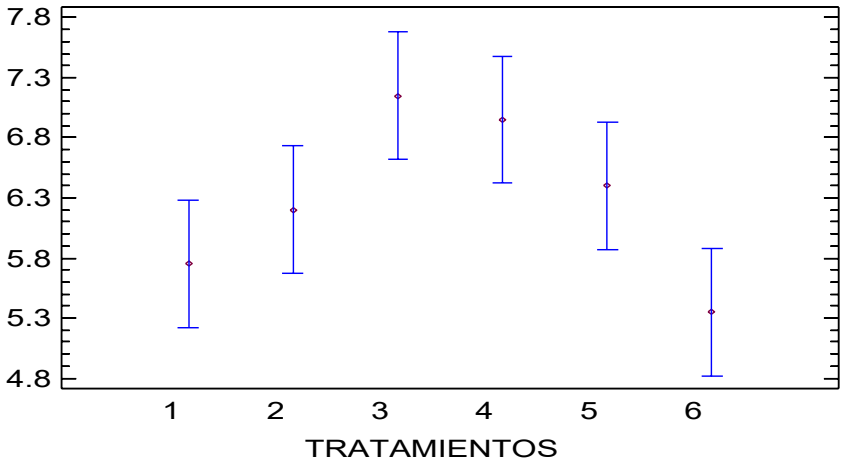
A. 7. ANOVA del atributo aroma para los diferentes tratamientos.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	47.4	5	9.48	7.12	0.0000
Intra grupos	151.8	114	1.33158		
Total (Corr.)	199.2	119			

A. 8. Prueba de Kruskal-Wallis para aroma por tratamientos.

TRATAMIENTOS	Tamaño Muestra	Rango Promedio
1	20	46.375
2	20	56.300
3	20	83.800
4	20	77.625
5	20	63.300
6	20	35.600

Estadístico = 29.3635 Valor-P = 0.0000196743



Comparación de medias de los tratamientos atributo aroma.

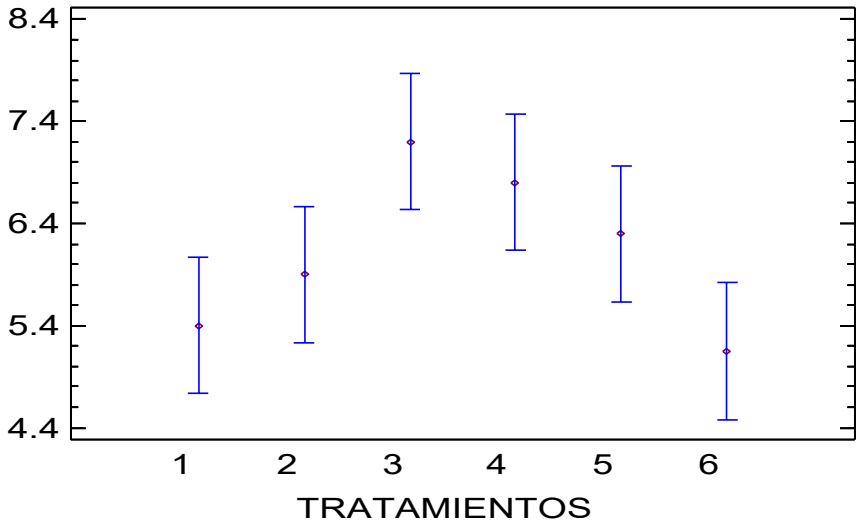
A. 9. ANOVA del atributo apariencia para los diferentes tratamientos.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	63.375	5	12.675	5.98	0.0001
Intra grupos	241.75	114	2.12061		
Total (Corr.)	305.125	119			

A. 10. Prueba de Kruskal-Wallis para apariencia por tratamientos.

TRATAMIENTOS	Tamaño Muestra	Rango Promedio
1	20	44.0
2	20	55.75
3	20	83.3
4	20	76.0
5	20	64.925
6	20	39.025

Estadístico = 26.3292 Valor-P = 0.0000770277



Comparación de medias de los tratamientos atributo apariencia.

Anexo-IV. Análisis de Varianza del efecto de la concentración de pulpa: azúcar y concentración de pectina para el coeficiente de consistencia de la mermelada de tomate de árbol.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: % azúcar	1583.39	1	1583.39	770.07	0.0000
B: Pectina	389.242	1	389.242	189.31	0.0000
AA	21.1217	1	21.1217	10.27	0.0069
AB	24.5417	1	24.5417	11.94	0.0043
Error total	26.73	13	2.05615		
Total (corr.)	2045.03	17			

Anexo-V. Análisis de Varianza del efecto de la concentración de pulpa: azúcar y concentración de pectina para el Índice de flujo de la mermelada de tomate de árbol.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: % azúcar	0.187375	1	0.187375	1236.60	0.0000
B: Pectina	0.00340313	1	0.00340313	22.46	0.0004
AA	0.00595727	1	0.00595727	39.32	0.0000
AB	0.00222224	1	0.00222224	14.67	0.0021
Error total	0.00196981	13	0.000151524		
Total (corr.)	0.200927	17			

Anexo-VI. Análisis de Varianza del efecto de la concentración de pulpa: azúcar y concentración de pectina para el coeficiente de consistencia durante el almacenamiento de la mermelada de tomate de árbol.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Temperatura	554.074	1	554.074	137.80	0.0000
B: Tiempo	1391.04	1	1391.04	345.96	0.0000
AA	0.429655	1	0.429655	0.11	0.7483
AB	54.3937	1	54.3937	13.53	0.0022
BB	33.8991	1	33.8991	8.43	0.0109
Error total	60.3118	15	4.02078		
Total (corr.)	2094.15	20			

Anexo-VII. Análisis de Varianza del efecto de la concentración de pulpa: azúcar y concentración de pectina para el índice de flujo durante el almacenamiento de la mermelada de tomate de árbol.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Temperatura	0.00148114	1	0.00148114	1.57	0.2295
B: Tiempo	0.00611669	1	0.00611669	6.48	0.0224
AA	0.000715894	1	0.000715894	0.76	0.3976
AB	0.00237641	1	0.00237641	2.52	0.1335
BB	0.00288869	1	0.00288869	3.06	0.1007
Error total	0.0141603	15	0.00094402		
Total (corr.)	0.0277391	20			

Anexo-VIII. Datos de las viscosidades (Cp) de las mermeladas al 60/40 de pulpa/azúcaral 0% de pectina.

Velocidad (RPM)	Cp		
	R1	R2	R3
10	22900	22870	22885
20	13300	13260	13280
30	9500	9800	9650
40	7885	7800	7843
50	6350	6780	6565
60	5600	5717	5659
70	4986	5086	5036
80	4525	4725	4625
90	3982	4100	4041
100	3740	3920	3830

R1, R2 y R3; Repeticiones

Anexo 8.1. Datos de las viscosidades (Cp) de las mermeladas al 60/40 de pulpa/azúcar al0,5% de pectina.

Velocidad (RPM)	Cp		
	R1	R2	R3
10	30605	30690	30520
20	17425	17400	17450
30	12557	12580	12533
40	10111	10121	10100
50	8550	8620	8480
60	7458	7333	7583
70	6592	6529	6654
80	5963	5950	5975
90	5417	5411	5422
100	4944	4958	4930

R1, R2 y R3; Repeticiones

Anexo 8.2. Datos de las viscosidades (Cp) de las mermeladas al 50/50 de pulpa/azúcar al0% de pectina.

Velocidad (RPM)	Cp		
	R1	R2	R3
10	19300	18168	18545
20	12050	11600	11750
30	8920	8761	8814
40	7180	7053	7095
50	6180	6140	6153
60	5817	5392	5533
70	5186	4829	4948
80	4675	4413	4500
90	4206	3972	4050
100	4023	3728	3826

R1, R2 y R3; Repeticiones

Anexo 8.3. Datos de las viscosidades (Cp) de las mermeladas al 50/50 de pulpa/azúcar al0,5% de pectina.

Velocidad (RPM)	Cp		
	R1	R2	R3
10	21700	20990	21345
20	13660	14150	13905
30	9865	10800	10333
40	8160	8890	8525
50	6700	7300	7000
60	5950	6610	6280
70	5300	5900	5600
80	4975	5137	5056
90	4533	4800	4667
100	4200	4550	4375

R1, R2 y R3; Repeticiones

Anexo 8.4. Datos de las viscosidades (Cp) de las mermeladas al 40/60 de pulpa/azúcar al0% de pectina.

Velocidad (RPM)	Cp		
	R1	R2	R3
10	14350	14900	13800
20	10425	10250	10600
30	8917	8967	8867
40	7550	7400	7700
50	6690	6640	6740
60	6075	6033	6117
70	5536	5471	5600
80	5157	5125	5188
90	4889	4800	4978
100	4590	4490	4690

R1, R2 y R3; Repeticiones

Anexo 8.5. Datos de las viscosidades (Cp) de las mermeladas al 40/60 de pulpa/azúcar al0,5% de pectina.

Velocidad (RPM)	Cp		
	R1	R2	R3
10	18600	19150	18875
20	13750	13300	13525
30	10667	10200	10434
40	9075	8725	8900
50	7860	7740	7800
60	7100	7150	7125
70	6529	6357	6443
80	6063	5938	6001
90	5644	5533	5589
100	5340	5250	5295

R1, R2 y R3; Repeticiones

Anexo 8.6. Evaluación reológica del mejor tratamiento, mermelada al 50/50; 0% depectina.

Velocidad (RPM)	Cp	Pa-s	γ	r (Pa)
10	18671	18,67	2,189	40,878
20	11800	11,80	4,379	51,669
30	8832	8,83	6,568	58,007
40	7109	7,11	8,757	62,260
50	6158	6,16	10,947	67,407
60	5581	5,58	13,136	73,309
70	4988	4,99	15,326	76,439
80	4529	4,53	17,515	79,331
90	4076	4,08	19,704	80,314
100	3859	3,86	21,894	84,487

Anexo IX. Lectura de la viscosidad a 0 días

Velocidad (RPM)	Cp	Pa-s	γ	r(Pa)
10	29520,10	29,52	2,189	64,630
20	17450,85	17,45	4,379	76,412
30	12733,14	12,73	6,568	83,632
40	10100,10	10,10	8,757	88,451
50	8580,70	8,58	10,947	93,931
60	7483,20	7,48	13,136	98,300
70	6584,22	6,58	15,326	100,907
80	5925,36	5,93	17,515	103,782
90	5422,31	5,42	19,704	106,842
100	4930,87	4,93	21,894	107,954

Anexo 9.1. Lectura de la viscosidad a 40 °C/ 5 días

Velocidad (RPM)	Cp	Pa-s	γ	r(Pa)
10	28305,07	28,31	2,189	61,97
20	16428,72	16,43	4,379	71,94
30	11833,37	11,83	6,568	77,72
40	9386,46	9,39	8,757	82,20
50	7839,43	7,84	10,947	85,82
60	6800,13	6,80	13,136	89,33
70	5942,18	5,94	15,326	91,07
80	5333,26	5,33	17,515	93,41
90	4895,44	4,90	19,704	96,46
100	4357,17	4,36	21,894	95,39

Anexo 9.2. Lectura de la viscosidad a 40 °C/ 10 días

Velocidad (RPM)	Cp	Pa-s	γ	r(Pa)
10	24395,2	24,40	2,189	53,410
20	14690,8	14,69	4,379	64,327
30	10699,7	10,70	6,568	70,277
40	8558,9	8,56	8,757	74,954
50	7302,5	7,30	10,947	79,939
60	6398,9	6,40	13,136	84,058
70	5627,3	5,63	15,326	86,241
80	5028,1	5,03	17,515	88,067
90	4630,9	4,63	19,704	91,248
100	4123,7	4,12	21,894	90,284

Anexo 9.3. Lectura de la viscosidad a 40 °C/ 15 días

Velocidad (RPM)	Cp	Pa-s	γ	r(Pa)
10	21539,58	21,540	2,189	47,158
20	13416,71	13,417	4,379	58,748
30	9970,63	9,971	6,568	65,488
40	8009,33	8,009	8,757	70,141
50	6809,58	6,810	10,947	74,543
60	5918,88	5,919	13,136	77,751
70	5305,25	5,305	15,326	81,306
80	4764,83	4,765	17,515	83,455
90	4345,79	4,346	19,704	85,630
100	3971,08	3,971	21,894	86,941

Anexo 9.4. Lectura de la viscosidad a 40 °C/ 20 días

Velocidad (RPM)	Cp	Pa-s	γ	r(Pa)
10	18373,75	18,37	2,189	40,227
20	11798,58	11,80	4,379	51,663
30	8851,75	8,85	6,568	58,139
40	7126,08	7,13	8,757	62,406
50	6154,08	6,15	10,947	67,367
60	5465,50	5,47	13,136	71,796
70	4907,08	4,91	15,326	75,204
80	4442,42	4,44	17,515	77,808
90	4024,75	4,02	19,704	79,305
100	3766,00	3,77	21,894	82,451

Anexo 9.5. Lectura de la viscosidad a 40 °C/ 25 días

Velocidad (RPM)	Cp	Pa-s	γ	r(Pa)
10	15295,92	15,30	2,189	33,488
20	9999,25	10,00	4,379	43,784
30	7618,50	7,62	6,568	50,039
40	6266,75	6,27	8,757	54,881
50	5452,50	5,45	10,947	59,687
60	4780,00	4,78	13,136	62,791
70	4356,08	4,36	15,326	66,759
80	3977,58	3,98	17,515	69,667
90	3658,83	3,66	19,704	72,095
100	3402,67	3,40	21,894	74,497

Anexo 9.6. Lectura de la viscosidad a 40 °C/ 30 días

Velocidad (RPM)	Cp	Pa-s	γ	r(Pa)
10	14530,82	14,53	2,189	31,813
20	9556,60	9,56	4,379	41,846
30	7338,42	7,34	6,568	48,199
40	5845,13	5,85	8,757	51,188
50	5073,69	5,07	10,947	55,541
60	4414,89	4,41	13,136	57,995
70	4045,51	4,05	15,326	62,000
80	3758,10	3,76	17,515	65,823
90	3338,75	3,34	19,704	65,788
100	3157,94	3,16	21,894	69,139

Anexo 9.7. Lectura de la viscosidad a 40 °C/ 35 días

Velocidad (RPM)	Cp	Pa-s	γ	r(Pa)
10	13161,88	13,16	2,189	28,816
20	8293,85	8,29	4,379	36,316
30	6266,69	6,27	6,568	41,160
40	4985,00	4,99	8,757	43,656
50	4328,08	4,33	10,947	47,379
60	3833,35	3,83	13,136	50,356
70	3453,75	3,45	15,326	52,930
80	3085,75	3,09	17,515	54,047
90	2821,65	2,82	19,704	55,598
100	2616,00	2,62	21,894	57,274

Anexo 9.8. Lectura de la viscosidad a 50 °C/ 5 días

Velocidad (RPM)	Cp	Pa-s	γ	r(Pa)
10	23699,83	23,70	2,189	51,887
20	14471,67	14,47	4,379	63,367
30	10505,50	10,51	6,568	69,001
40	8426,67	8,43	8,757	73,796
50	7097,17	7,10	10,947	77,691
60	6191,67	6,19	13,136	81,335
70	5448,17	5,45	15,326	83,496
80	4921,33	4,92	17,515	86,197
90	4461,33	4,46	19,704	87,907
100	4074,33	4,07	21,894	89,202

Anexo 9.9. Lectura de la viscosidad a 50 °C/ 10 días

Velocidad (RPM)	Cp	Pa-s	γ	r(Pa)
10	19297,42	19,30	2,189	42,249
20	12081,29	12,08	4,379	52,901
30	8971,33	8,97	6,568	58,924
40	7222,33	7,22	8,757	63,249
50	6137,58	6,14	10,947	67,187
60	5386,92	5,39	13,136	70,763
70	4819,54	4,82	15,326	73,862
80	4393,83	4,39	17,515	76,957
90	4031,33	4,03	19,704	79,434
100	3647,50	3,65	21,894	79,857

Anexo 9.10. Lectura de la viscosidad a 50 °C/ 15 días

Velocidad (RPM)	Cp	Pa-s	γ	r(Pa)
10	17098,86	17,10	2,189	37,436
20	10561,05	10,56	4,379	46,244
30	7712,94	7,71	6,568	50,659
40	6389,50	6,39	8,757	55,956
50	5409,92	5,41	10,947	59,221
60	4791,21	4,79	13,136	62,938
70	4282,44	4,28	15,326	65,631
80	3871,64	3,87	17,515	67,811
90	3621,51	3,62	19,704	71,359
100	3348,46	3,35	21,894	73,310

Anexo 9.11. Lectura de la viscosidad a 50 °C/ 20 días

Velocidad (RPM)	Cp	Pa-s	γ	r(Pa)
10	16411,63	16,41	2,189	35,931
20	10115,36	10,12	4,379	44,292
30	7573,20	7,57	6,568	49,741
40	6059,31	6,06	8,757	53,064
50	5128,81	5,13	10,947	56,144
60	4510,37	4,51	13,136	59,249
70	4006,57	4,01	15,326	61,403
80	3636,49	3,64	17,515	63,693
90	3343,70	3,34	19,704	65,885
100	3089,96	3,09	21,894	67,650

Anexo 9.12. Lectura de la viscosidad a 50 °C/ 25 días

Velocidad (RPM)	Cp	Pa-s	γ	r(Pa)
10	15776,58	15,78	2,189	34,541
20	9692,20	9,69	4,379	42,439
30	7277,61	7,28	6,568	47,800
40	5795,45	5,80	8,757	50,753
50	4891,87	4,89	10,947	53,550
60	4296,16	4,30	13,136	56,435
70	3772,47	3,77	15,326	57,815
80	3398,23	3,40	17,515	59,520
90	3109,99	3,11	19,704	61,280
100	2914,78	2,91	21,894	63,815

Anexo 9.13. Lectura de la viscosidad a 50 °C/ 30 días

Velocidad (RPM)	Cp	Pa-s	γ	r(Pa)
10	13605,83	13,61	2,189	29,788
20	7827,80	7,83	4,379	34,276
30	5681,13	5,68	6,568	37,319
40	4612,67	4,61	8,757	40,395
50	3975,50	3,98	10,947	43,519
60	3595,33	3,60	13,136	47,229
70	3214,67	3,21	15,326	49,266
80	2945,50	2,95	17,515	51,590
90	2728,67	2,73	19,704	53,766
100	2573,17	2,57	21,894	56,336

Anexo 9.14. Lectura de la viscosidad a 50 °C/ 35 días

Velocidad (RPM)	Cp	Pa-s	γ	r(Pa)
10	11059,00	11,06	2,189	24,212
20	6726,67	6,73	4,379	29,454
30	5145,67	5,15	6,568	33,797
40	4279,17	4,28	8,757	37,475
50	3687,83	3,69	10,947	40,370
60	3337,33	3,34	13,136	43,840
70	2985,83	2,99	15,326	45,759
80	2717,00	2,72	17,515	47,588
90	2483,67	2,48	19,704	48,939
100	2346,00	2,35	21,894	51,362

Anexo 9. 15. Lectura de la viscosidad a 60 °C/ 5 días

Velocidad (RPM)	Cp	Pa-s	γ	r(Pa)
10	17552,50	17,55	2,189	38,429
20	10976,67	10,98	4,379	48,064
30	8059,50	8,06	6,568	52,935
40	6489,50	6,49	8,757	56,831
50	5410,00	5,41	10,947	59,222
60	4678,83	4,68	13,136	61,462
70	4155,17	4,16	15,326	63,680
80	3693,67	3,69	17,515	64,694
90	3363,17	3,36	19,704	66,269
100	3048,17	3,05	21,894	66,735

Anexo 9.16. Lectura de la viscosidad a 60 °C/ 10 días

Velocidad (RPM)	Cp	Pa-s	γ	r(Pa)
10	14562,50	14,56	2,189	31,883
20	8725,00	8,73	4,379	38,204
30	6473,00	6,47	6,568	42,515
40	5243,75	5,24	8,757	45,922
50	4402,50	4,40	10,947	48,193
60	3832,63	3,83	13,136	50,346
70	3396,25	3,40	15,326	52,049
80	3032,50	3,03	17,515	53,114
90	2762,75	2,76	19,704	54,438
100	2528,75	2,53	21,894	55,363

Anexo 9. 17. Lectura de la viscosidad a 60 °C/ 15 días

Velocidad (RPM)	Cp	Pa-s	γ	r(Pa)
10	13596,88	13,60	2,189	29,768
20	7800,00	7,80	4,379	34,154
30	5852,50	5,85	6,568	38,440
40	4642,19	4,64	8,757	40,654
50	3941,88	3,94	10,947	43,151
60	3420,22	3,42	13,136	44,929
70	3028,44	3,03	15,326	46,412
80	2707,25	2,71	17,515	47,417
90	2481,06	2,48	19,704	48,887
100	2266,56	2,27	21,894	49,623

Anexo 9. 18. Lectura de la viscosidad a 60 °C/ 20 días

Velocidad (RPM)	Cp	Pa-s	γ	r(Pa)
10	12800,50	12,80	2,189	28,025
20	7375,84	7,38	4,379	32,297
30	5504,35	5,50	6,568	36,153
40	4381,25	4,38	8,757	38,369
50	3685,24	3,69	10,947	40,342
60	3204,36	3,20	13,136	42,093
70	2848,75	2,85	15,326	43,659
80	2515,50	2,52	17,515	44,059
90	2317,50	2,32	19,704	45,665
100	2130,00	2,13	21,894	46,633

Anexo 9. 19. Lectura de la viscosidad a 60 °C/ 25 días

Velocidad (RPM)	Cp	Pa-s	γ	r(Pa)
10	11456,25	11,46	2,189	25,082
20	6637,50	6,64	4,379	29,064
30	4892,08	4,89	6,568	32,132
40	3943,54	3,94	8,757	34,535
50	3281,67	3,28	10,947	35,924
60	2890,88	2,89	13,136	37,975
70	2568,13	2,57	15,326	39,358
80	2281,58	2,28	17,515	39,962
90	2111,54	2,11	19,704	41,606
100	1951,25	1,95	21,894	42,720

Anexo 9. 20. Lectura de la viscosidad a 60 °C/ 30 días

Velocidad (RPM)	Cp	Pa-s	γ	r(Pa)
10	8812,50	8,81	2,189	19,294
20	5225,00	5,23	4,379	22,879
30	3851,17	3,85	6,568	25,295
40	3155,83	3,16	8,757	27,637
50	2683,33	2,68	10,947	29,374
60	2359,33	2,36	13,136	30,993
70	2134,33	2,13	15,326	32,710
80	1966,17	1,97	17,515	34,437
90	1829,42	1,83	19,704	36,047
100	1705,00	1,71	21,894	37,329

Anexo 9. 21. Lectura de la viscosidad a 60 °C/ 35 días

Velocidad (RPM)	Cp	Pa-s	γ	r(Pa)
10	7537,40	7,54	2,189	16,502
20	4675,16	4,68	4,379	20,471
30	3587,54	3,59	6,568	23,563
40	2967,80	2,97	8,757	25,990
50	2570,27	2,57	10,947	28,136
60	2260,67	2,26	13,136	29,697
70	2045,67	2,05	15,326	31,351
80	1886,50	1,89	17,515	33,042
90	1754,92	1,75	19,704	34,579
100	1635,00	1,64	21,894	35,796

Análisis pH en pulpa de tomate de árbol

Análisis de la fibra de tomate de árbol

Pruebas aceleradas del mejor tratamiento

Análisis reológico

Mermelada: 60/40, 50/50 y 40/60

Tratamientos de mermelada (50/50)

Mermelada durante el almacenamiento