

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS**  
**ALIMENTARIAS**



**EXTRACCIÓN DE MUCILAGO DE MALVA Y EVALUACIÓN DE SUS**  
**PROPIEDADES TERMOFÍSICAS, REOLÓGICAS, FISICOQUÍMICAS Y**  
**SENSORIALES**

**Tesis**

Para optar el Título de:

**INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**IMER RUBEN GONZALES SOBRADOS**

**PROMOCIÓN 2016 - II**

Tingo María – Perú

2022

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS**  
**ALIMENTARIAS**



**EXTRACCIÓN DE MUCILAGO DE MALVA Y EVALUACIÓN DE SUS**  
**PROPIEDADES TERMOFÍSICAS, REOLÓGICAS, FISICOQUÍMICAS Y**  
**SENSORIALES**

<b>Autor</b>	:	Imer Ruben Gonzales Sobrados.
<b>Asesor (es)</b>	:	M.Sc. Humberto Hugo Rivera Rojas. M.Sc. Hans Joan Tafur Pereda.
<b>Programa de investigación</b>	:	Ingeniería de Alimentos
<b>Línea de investigación</b>	:	Ingeniería de Alimentos
<b>Eje temático</b>	:	Propiedades termofísicas y reológicas
<b>Lugar de ejecución</b>	:	UNAS
<b>Duración</b>	:	Setiembre 2019 – Mayo 2020
<b>Financiamiento</b>	:	\$ 8250.00

**Tingo María – Perú, 2022**

## **DEDICATORIA**

De manera especial; A mi madre **Trinidad Juliana Sobrados López** y mi padre **Gerónimo Gonzales Aguirre**. Por su apoyo económico incondicional durante los años de mi formación profesional y haberme inculcado valores para ser una persona de bien en la sociedad.

A mis hermanos **Eneyde Estelita, Eber Caleb, Loyda, Jhonatan Urías, Reyner Gerónimo**. Por su apoyo moral en cada momento de necesite

A mi esposa **Soreanny Jairelis Rodríguez Suarez**, por su apoyo emocional, su paciencia, comprensión en momentos de dificultad.

## **AGRADECIMIENTO**

- A mi familia: Gonzales y Sobrados por el apoyo moral para superarme cada día.
- A mis amigos: Royal Soto; Juan Benavides; Esmirna; Dianira; Wilner; Martin; Luis Carlos, Cristian, Jeffry por su amistad y haber compartido buenos momentos, académicos y extras propios de la vida universitaria.
- Al Ing. Jaime Basilio Atencio, Jurado del presente trabajo de investigación, por su invaluable apoyo en dar facilidad para poder desarrollar este presente trabajo.
- Al Ing. Hans Tafur Pereda, asesor del presente trabajo de investigación, por su gran apoyo, dedicación en orientarme a mejorar la excelencia académica.
- Al Ing. Humberto Rivera Rojas por el apoyo y orientación en este trabajo de investigación y motivarme a continuar con el trabajo.
- A la Universidad Nacional Agraria De La Selva, por darme la oportunidad de realizar mis estudios en esta prestigiosa Institución.
- A la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias por brindarme las herramientas y conocimientos necesarios para desempeñarme en el campo profesional y la sociedad.

## ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Objetivo general .....	1
1.2 Objetivos específicos.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	2
2.1. Antecedentes .....	2
2.2. Generalidades de la malva.....	3
2.2.1. Principales compuestos químicos .....	3
2.2.2. Propiedades antioxidantes.....	4
2.2.3. Mucílago .....	4
2.3. Reología de alimentos .....	5
2.3.1. Viscosidad.....	5
2.3.2. Fluido Newtoniano y no Newtoniano .....	6
2.4. Propiedades termofísicas.....	6
2.4.1. Calor específico.....	7
2.4.2. Conductividad térmica .....	7
2.4.3. Difusividad térmica.....	8
III. MATERIALES Y MÉTODOS .....	9
3.1. Lugar de ejecución .....	9
3.2. Materiales y equipos.....	9
3.3. Metodología.....	9
3.3.1. Extracción del mucílago de malva .....	9
3.3.2. Propiedades fisicoquímicas.....	9
3.3.3. Evaluación de características sensoriales.....	11
3.3.4. Propiedades termofísicas.....	11
3.3.5. Propiedades reológicas.....	12
3.4. Diseño experimental.....	13
3.5. Análisis estadístico .....	16
3.5.1. Análisis sensorial, fisicoquímico y reológico .....	16
3.5.2. Propiedades termofísicas.....	16
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	17
4.1. Propiedades fisicoquímicas .....	17

4.1.1. Grados Brix .....	17
4.1.2. pH 18 .....	
4.1.3. Densidad.....	19
4.1.4. Viscosidad aparente .....	19
4.2. Análisis sensorial.....	20
4.3. Propiedades termofísicas .....	23
4.3.1. Densidad.....	23
4.3.2. Difusividad térmica.....	24
4.3.3. Calor específico.....	25
4.3.4. Conductividad térmica .....	27
4.4. Propiedades reológicas del mucilago de malva.....	28
4.4.1. Influencia de la temperatura.....	31
V. CONCLUSIONES .....	32
VI. PROPUESTAS A FUTURO.....	33
VII. REFERENCIAS.....	34

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Grados brix del mucílago de malva a diferentes condiciones de extracción .....	17
2. pH del mucílago de malva a diferentes condiciones de extracción .....	18
3. Densidad del mucilago de malva a diferentes condiciones de extracción .....	19
4. Calores específicos del mucílago de malva .....	25
5. Conductividad térmica calculada a 60 y 80 °C .....	27
6. Índice de consistencia del mucilago de malva a diferentes condiciones de extracción medido a 25 °C.....	30
7. Índice de flujo del mucilago de malva a diferentes condiciones de extracción medido a 25 °C.....	30

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Proceso de extracción del mucílago de malva .....	10
2. Diseño experimental para evaluar los atributos sensoriales, fisicoquímicas y reológicas .....	14
3. Diseño experimental para evaluar las propiedades termofísicas.....	15
4. Variación de la viscosidad aparente .....	20
5. Influencia de la dilución en los atributos sensoriales del extracto de mucílago de malva. El asterisco (*) denota diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) .....	21
6. Influencia de la temperatura de extracción en los atributos sensoriales del extracto de mucílago de malva. El asterisco (*) denota diferencias significativas ( $p < 0,05$ )...	22
7. Influencia del tiempo de extracción en los atributos sensoriales del extracto de mucílago de malva. El asterisco (*) denota diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).....	23
8. Densidad del mucílago medido a diferentes temperaturas.....	23
9. Difusividad térmica del mucílago de malva.....	24
10. Calor específico del mucílago de malva extraído a diferentes diluciones y temperatura de 25 °C.....	26
11. Conductividad térmica a diferentes concentraciones y temperaturas de 60 y 80 °C .	27
12. Comportamiento reológico del mucílago de malva .....	28
13. Efecto de la temperatura sobre los parámetros reológicos.....	31



## RESUMEN

El estudio materias primas como potenciales fuentes para la obtención de aditivos alimentarios es demandado debido a su utilidad en la Industria Alimentaria. Se ha estudiado las propiedades fisicoquímicas, termofísicas y reológicas del mucilago de malva en un extracto acuoso, además se ha evaluado los atributos sensoriales, color, aroma, sabor y aceptabilidad. El mucilago fue extraído a diferentes proporciones de agua y hojas secas de malva (dilución), temperatura y tiempo de extracción, la difusividad térmica fue determinado por el método Dickerson, el calor específico mediante el calorímetro diferencial de barrido y el análisis reológico con el modelo ley de potencia. los tres factores estudiados son influyentes en el proceso de extracción y mostraron diferencia en el análisis sensorial, fisicoquímico, reológico y propiedades termofísicas. En términos generales la dilución y la temperatura determinan las propiedades termofísicas del mucílago de malva, lo cual hace suponer que estos dos factores incrementan el porcentaje de mucílago extraído mediante este método. Los atributos sensoriales, color, aroma, sabor y aceptabilidad mostraron mayores variaciones frente a la dilución y temperatura de extracción. Las propiedades termofísicas densidad, difusividad térmica, calor específico y conductividad térmica mostraron ser más afectados por el aumento de la dilución y temperatura. En el rango de velocidad de cizallamiento (de 2,0 a 24,0 s<sup>-1</sup>) el mucílago de malva se comportó como un fluido no newtoniano dilatante. El espesamiento por cizallamiento es afectado por muchos factores según la literatura, los factores estudiados como la dilución, temperatura y tiempo de extracción no determinan este comportamiento.

**Palabras clave:** viscosidad aparente, difusividad térmica, calor específico, fluido dilatante, *Malva sylvestris*

## ABSTRACT

The study of raw materials as potential sources for obtaining food additives is demanded due to its usefulness in the Food Industry. The physicochemical, thermophysical and rheological properties of the mallow mucilage in an aqueous extract have been studied, in addition the sensory attributes, color, aroma, flavor and acceptability have been evaluated. The mucilage was extracted at different proportions of water and dry mallow leaves (dilution), temperature and extraction time, the thermal diffusivity was determined by the Dickerson method, the specific heat by the differential scanning calorimeter and the rheological analysis with the model power law. The three factors studied are influential in the extraction process and showed differences in sensory analysis, physicochemical, rheological and thermophysical properties. In general terms, dilution and temperature determine the thermophysical properties of mallow mucilage, which suggests that these two factors increase the percentage of mucilage extracted by this method. Sensory attributes, color, aroma, flavor and acceptability showed greater variations against dilution and extraction temperature. The thermophysical properties density, thermal diffusivity, specific heat and thermal conductivity showed to be more affected by the increase in dilution and temperature. In the shear rate range (from 2.0 to 24.0 s<sup>-1</sup>) mallow mucilage behaved as a non-Newtonian dilating fluid. Shear thickening is affected by many factors according to the literature, the factors studied such as dilution, temperature and extraction time do not determine this behavior.

**Keywords:** apparent viscosity, thermal diffusivity, specific heat, dilatant fluid, *Malva sylvestris*

## I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de *Malva sylvestris* (malva) en el Perú es nulo por el poco conocimiento de las propiedades funcionales y físicas que contiene el mucilago, sin embargo, solo es utilizado de forma artesanal como infusiones o emolientes.

El estudio del comportamiento reológico de los aditivos alimentarios naturales es cada vez mayor debido a su utilidad en la Industria Alimentaria como gelificantes, espesantes, emulsificantes o estabilizadores; aunque no contribuyen como aroma, sabor o valor nutritivo de los alimentos sí pueden incidir en su aceptabilidad mejorando su textura o consistencia.

El mucilago de malva tiene uso en la preparación de alimentos y en la medicina tradicional como una alternativa para desinflamantes, además de sus propiedades antioxidantes y funcionales, por la cual se pretende la búsqueda de nuevos conocimientos, de las propiedades físicas del mucilago de malva que pueda brindar como una alternativa dentro de los hidrocoloides.

Existe diferencia en las características termofísicas, fisicoquímicas, sensoriales y reológicas del mucilago de malva extraído a diferente porcentaje de agua de dilución, tiempo y temperatura, en consecuencia.

### 1.1 Objetivo general

- Evaluar las propiedades termofísicas, fisicoquímicas, sensoriales y reológicas del mucilago de malva.

### 1.2 Objetivos específicos

- Evaluar las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del mucilago de malva extraída a diferentes tiempos y temperaturas.
- Determinar las propiedades termofísicas del mucilago de malva extraído a diferentes tiempos y temperaturas.
- Determinar las propiedades reológicas del mucilago de malva extraída a diferentes tiempos y temperaturas.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Antecedentes

La exploración de fuentes naturales de fitoquímicos antioxidantes para uso humano con poca toxicidad ganó atención mundial. La selección preliminar de extractos de *Malva sylvestris* reveló que sus fitoquímicos, como polifenoles, flavonoides y taninos, tienen un alto potencial terapéutico. Los compuestos fenólicos/flavonoides totales de *Malva sylvestris* se extrajeron y aislaron siguiendo las pautas de bioensayo, así como estudios in-silico. La actividad de captación de radicales de los extractos se investigó más a fondo mediante bioensayos de radicales de 1-difenil-2-picrilhidrazilo (DPPH) y óxido nítrico (NO). Los potenciales antioxidantes de varias fracciones se compararon con antioxidantes estándar como el ácido ascórbico y quercetina. Los extractos de diclorometano de *Malva sylvestris* exhibieron actividad antirradical contra DPPH y NO con actividades de eliminación de radicales (RSA) de 88.52 y 91.05% con valores de IC50 22,11 y 19,01  $\mu\text{g/mL}$  respectivamente (Irfan et al., 2021).

Se informó una síntesis fácil de nanopartículas de  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  utilizando *M. sylvestris*. La morfología de la superficie, los grupos funcionales y el análisis elemental se realizaron para caracterizar las nanopartículas sintetizadas. El rendimiento de citotoxicidad de las nanopartículas sintetizadas se analizó exponiendo las nanopartículas a las líneas celulares de cáncer MCF-7 y Hep-G2 a través del ensayo colorimétrico y el valor IC50 se definió como 100  $\mu\text{g/mL}$  y 200  $\mu\text{g/mL}$ , respectivamente. El rendimiento antibacteriano de las nanopartículas sintetizadas contra cuatro cepas bacterianas diferentes, incluidas *Staphylococcus aureus*, *Corynebacterium*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Klebsiella pneumoniae* se evaluaron mediante el método de micro dilución en caldo. Las nanopartículas de  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  sintetizadas utilizando *M. sylvestris* demostraron mayores efectos antibacterianos contra cepas Gram-positivas (Mousavi et al., 2020).

El proceso de extracción asistido por enzimas de los polisacáridos solubles en agua de *M. sylvestris* se optimizó utilizando la metodología de superficie de respuesta. El rendimiento más alto (10,40%) de la metodología de superficie de respuesta se logró a 5,64% de celulasa, 55,65 °C de temperatura, 3,4 h de tiempo y 5,22 de pH (Rostami & Gharibzahedi, 2017).

Los efectos de la temperatura de extracción, el tiempo de extracción, la proporción de agua a materia prima y el número de extracciones sobre el rendimiento de extracción de polisacáridos crudos de las hojas de *M. sylvestris* se optimizaron mediante análisis estadístico utilizando la metodología de superficie de respuesta. Los datos experimentales obtenidos se

ajustaron a una ecuación polinomial de segundo orden mediante análisis de regresión múltiple y también se analizaron mediante métodos estadísticos apropiados. El análisis estadístico de los resultados mostró que los términos lineales y cuadráticos de estas cuatro variables tenían efectos significativos. (Samavati & Manoochehrizade, 2013). Los extractos de agua de *M. sylvestris* son ricos en carbohidratos (Ghaoui et al., 2008).

## **2.2. Generalidades de la malva**

*M. sylvestris*, conocida como malva, es una planta anual con hojas poco lobuladas y flores púrpuras que florecen a fines de la primavera (Samavati & Manoochehrizade, 2013), es originaria de Europa, África del Norte y Asia. En la región mediterránea, esta especie tiene una larga historia de uso como alimento y, debido a su relevancia terapéutica, algunas partes de esta planta se han empleado en medicinas tradicionales y etno veterinaria (Gasparetto et al., 2012). La familia Malvaceae es típica de la región mediterránea, contiene 240 géneros y más de 4200 especies (Sharifi-Rad et al., 2020).

*M. sylvestris* es una planta anual que no solo se consume como alimento, sino que también se utiliza ampliamente en la medicina tradicional (Mohamadi et al., 2019), atraído recientemente una atención especial debido a sus actividades potenciales en muchos trastornos crónicos (Ben et al., 2016). Crece en forma silvestre en muchos países, y la cantidad de fármaco requerida como alimento funcional o incluso farmacéutico, debido a su importancia tanto medicinal como industrial, se produce casi en su totalidad a partir de la cosecha silvestre (Delfine et al., 2017).

Los usos comestibles se refieren a la gastronomía popular y a los usos generalmente incluidos en los denominados alimentos menores. Las hojas tiernas se comen crudas en ensaladas, las hojas y los brotes se consumen en sopas y como verduras hervidas. Los niños, pastores y cazadores chupan o mastican los frutos inmaduros (Prudente et al., 2013).

Estudios sobre especies de malva. han mostrado la presencia de compuestos; principalmente polisacáridos que pueden modular las propiedades reológicas de los alimentos y se utilizan generalmente como espesantes de alimentos, modificadores de textura, estabilizadores y emulsionantes para diversas aplicaciones (Samavati & Manoochehrizade, 2013).

### **2.2.1. Principales compuestos químicos**

Polisacáridos de mucílagos (6% a mayores 10%) compuestos de residuos de monosacáridos neutros y ácidos que incluyen ramnosa, galactosa, arabinosa, ácido galacturónico y ácido glucurónico, antocianinas (6-7%), principalmente malvidina 3,5-diglucósido, malvidina 3-glucósido, malvidina 3- (6'' - malonilglucósido) - 5-glucósido y

delfinidina 3-glucósido con trazas de glucósidos de petunidina y cianidina, así como escopoletina, ácido ursólico y fitoesteroles. El aceite esencial de las flores contiene los compuestos aromáticos  $\beta$ -damascenona, fenilacetaldehído, (E) - $\beta$ -ocimeno, (E) - $\beta$ -ionona y decanal (Edwards et al., 2015).

### 2.2.2. Propiedades antioxidantes

*M. sylvestris* se utiliza tradicionalmente para tratar una amplia gama de enfermedades, que incluyen tos, resfriado, bronquitis, problemas digestivos, eccema, antimicrobianos y antiinflamatorios, reumatismo y cicatrización de heridas. *M. sylvestris* reveló ejercer importantes efectos antioxidantes debido a su riqueza en moléculas antioxidantes. Se evaluó el potencial antioxidante in vitro de extractos etanólicos de hojas y pecíolos de *M. sylvestris*. La actividad antioxidante de las hojas fue mayor que la de los pecíolos, lo que puede ser relevante para una mayor presencia de compuestos flavonoides en las hojas, ya que son compuestos fenólicos típicos con una poderosa actividad antioxidante. El 2 - metoxi - 4 - vinilfenol fue el principal compuesto fenólico presente, según el análisis GC-MS del extracto (Sharifi-Rad et al., 2020).

### 2.2.3. Mucílago

Se han utilizado eficazmente durante varios años en las industrias alimentaria y farmacéutica (Ameri et al., 2015). Entre las plantas dicotiledóneas, el orden Malvales posee los depósitos más abundantes de mucílagos. Esto es particularmente cierto para la familia Malvaceae, especialmente la especie *M. sylvestris*, en la que se ha informado de la presencia de polisacáridos durante más de 50 años (Gasparetto et al., 2012).

Los polisacáridos son polímeros que existen universalmente en plantas, animales, hongos y algas. En particular, los polisacáridos vegetales han atraído cada vez más atención debido a diversas actividades biológicas y propiedades funcionales, como los efectos antitumorales, antioxidante, antidiabético, anticoagulación, inmunidad, propiedades emulsionantes, espesantes y estabilizantes (Jiang et al., 2020).

Los mucílagos son uno de los principales componentes responsables de los efectos terapéuticos de la malva, principalmente debido a sus actividades anticomplementarias y de supresión de la tos. Estas sustancias se encuentran en idioblastos de mucílagos, conductos de mucílagos, cavidades y células epidérmicas especializadas. El contenido puede variar según la parte de la planta, pero en general, se pueden encontrar altos porcentajes de mucílagos crudos en las hojas (6,0–7,2%), flores (3,8–7,3%) y raíces (7,5%). Los mucílagos consisten principalmente en ácido glucurónico, ácido galacturónico, ramnosa, galactosa, fructosa, glucosa, sacarosa y trehalosa, también se ha encontrado ácido urónico, arabinosa, manosa,

xilosa, fucosa, rafinosa y 2''-  $\alpha$  - (4- O -metil-  $\alpha$  - d -glucuronosil) -xilotriosa (Gasparetto et al., 2012).

Los mucílagos vegetales han despertado mucho interés debido a sus diversas aplicaciones en farmacia. Son polisacáridos farmacéuticamente importantes y tienen una amplia gama de aplicaciones, que incluyen como agentes de retención de agua, espesantes, agentes aglutinantes, estabilizadores de emulsiones, desintegradores, agentes de suspensión, agentes gelificantes y formadores de película (Ameri et al., 2015).

### **2.3. Reología de alimentos**

La reología es la ciencia que estudia el flujo y las deformaciones de sólidos y fluidos bajo la influencia de fuerzas mecánicas. La caracterización reológica de los alimentos es importante para el diseño de las operaciones unitarias, la optimización del proceso y la garantía de un producto de alta calidad. Los fenómenos de transferencia de impulso se definen por las propiedades reológicas del producto, combinadas con las condiciones del proceso (Ibarz & P.E.D, 2017). La reología es la ciencia del flujo y la deformación de la materia y, por lo tanto, una buena comprensión de la tensión y la deformación es un requisito previo esencial para el estudio de la reología (Ferenc, 2017).

La reología es el estudio del flujo y deformación de materiales. A diferencia de los conceptos ideales de sólidos elásticos y líquidos viscosos, los materiales reales generalmente se comportan de manera intermedia entre estos dos extremos teóricos del comportamiento mecánico (Wyss, 2016).

La reología es la técnica más útil para dilucidar el comportamiento de flujo de una solución de polisacárido (Evageliou, 2020). La reología está muy relacionada con la estructura. En general, al determinar las propiedades reológicas de biopolímeros como polisacáridos y proteínas, se pueden dilucidar la composición, textura y cambios estructurales observados durante la agitación, procesamiento, envasado, almacenamiento y consumo (Rodríguez-González & Bello-Perez, 2016). El comportamiento del flujo es fundamental para la procesabilidad de una solución de biopolímero (Lundahl et al., 2018).

Los datos reológicos son importantes para los procesos que implican el flujo de fluidos, por ejemplo, la filtración y la extracción, y también son útiles para diseñar procesos como la pasteurización, la evaporación y el secado (Marcotte et al., 2001).

#### **2.3.1. Viscosidad**

La viscosidad se define como la resistencia al flujo, por lo que es una medida de la tenacidad y la aparente fricción interna de un líquido o gas al aplicar fuerzas externas. La viscosidad dinámica indica la relación entre la fuerza aplicada necesaria para que

un líquido supere una distancia definida; La viscosidad cinemática se define como el cociente de viscosidad dinámica y densidad de la solución (Wüstenberg, 2014).

La viscosidad dinámica ( $\mu$ ) indica la relación entre la fuerza aplicada necesaria para que un líquido supere una distancia definida:

$$\text{viscosidad dinámica } (\mu) = \frac{\text{Esfuerzo cortante } (\tau)}{\text{tasa de corte } (\dot{\gamma})} \quad (1)$$

La viscosidad cinemática ( $\nu$ ) se define como el cociente de viscosidad dinámica y densidad de la solución:

$$\text{viscosidad cinemática } (\nu) = \frac{\text{viscosidad } (\mu)}{\text{densidad } (\rho)} \quad (2)$$

### 2.3.2. Fluido Newtoniano y no Newtoniano

Se trata de un fluido de baja viscosidad que puede deformarse fácilmente cuando se somete a una fuerza aplicada, y cuyo esfuerzo cortante es proporcional a la velocidad de deformación. El fluido que no satisface la ley del experimento de viscosidad de Newton, es decir, un fluido cuyo esfuerzo cortante y velocidad de deformación cortante no tienen una relación lineal, se conoce como fluido no newtoniano. Incluye espesamiento por cizallamiento (dilatante), adelgazamiento por cizallamiento, pseudoplástico, plástico, tixotrópico y líquido coagulante (Wang et al., 2019).

### 2.4. Propiedades termofísicas

Las propiedades termofísicas dependientes de la temperatura (conductividad térmica, densidad, calor específico y difusividad térmica) es un componente importante del diseño de procesos para la fabricación de alimentos (Phinney et al., 2017). Las propiedades térmicas de los alimentos son útiles para identificar el grado de uniformidad del proceso durante los procesos térmicos como la pasteurización y la esterilización. Los científicos de alimentos y los ingenieros de procesos deben caracterizar adecuadamente o recopilar información sobre las propiedades termofísicas relevantes de los materiales alimentarios que se procesan (Park et al., 2014).

La determinación de las propiedades termofísicas de los alimentos es necesaria para diseñar la transferencia de calor, masa y momento involucrada en procesos alimenticios (Martins et al., 2020a).



### **2.4.1. Calor específico**

La capacidad calorífica específica es información útil en el diseño de intercambiadores de calor, la elección de un medio de transferencia de calor y las condiciones de procesamiento (Bikila et al., 2020).

La calorimetría diferencial de barrido (DSC) es un método bien establecido para la medición de cambios de entalpía inducidos por calentamiento o enfriamiento, actualmente aplicado a una amplia gama de diferentes materiales (Abd-Elghany & Klapötke, 2018). Los resultados obtenidos proporcionan información útil para comprender las transformaciones estructurales y químicas de los materiales examinados. Con respecto a la aplicación de DSC a polímeros, los resultados de DSC brindan acceso a información sobre transiciones vítreas, cambios en la estructura de enlaces de hidrógeno, así como información sobre el rango de temperatura de degradación térmica (Drzeżdżon et al., 2019). Además, permite relacionar el comportamiento de fusión observado con el estado cristalino de los polímeros (Kong & Hay, 2002) y, por lo tanto, proporciona un método valioso para el control de calidad durante los procesos de producción (Pompe et al., 1998).

### **2.4.2. Conductividad térmica**

La conductividad térmica, la capacidad intrínseca de un material, es esencial para transferir calor y para predecir o controlar el flujo de calor y el tiempo de procesamiento (Bikila et al., 2020). El diseño de procesos térmicos requiere propiedades térmicas importantes como la conductividad térmica, la capacidad calorífica específica y los parámetros de inactivación microbiana (valores D y z). Estas propiedades son valiosas para desarrollar modelos matemáticos para predecir el perfil de temperatura, la letalidad microbiana y el tiempo de calentamiento (Rivera et al., 2020). Los datos de conductividad térmica son importantes para el modelado y diseño de procesos alimentarios. Cuando no se dispone de datos fiables de conductividad térmica, es necesario predecirlos (Carson et al., 2016). La conductividad térmica de los materiales alimentarios es una de las propiedades térmicas importantes que se utilizan para estimar la tasa de transferencia de calor por conducción en los procesos alimentarios, como la congelación, la esterilización, el secado, la cocción y la fritura. Se sabe que en los alimentos el agua juega el papel más importante en la determinación de la conductividad térmica mientras que la parte no acuosa del alimento es menos importante. Esto puede deberse a la magnitud relativa de las conductividades del agua y otros componentes de los alimentos (Maroulis et al., 2002).

### **2.4.3. Difusividad térmica**

La difusividad térmica es una medida de qué tan rápido se difunde el calor o la temperatura se propaga a través de un material. La velocidad de difusión del calor a través de un material es información relevante en la predicción del tiempo de procesamiento (Bikila et al., 2020). La conductividad térmica (  $K$  ) y la difusividad térmica (  $\alpha$  ) son dos importantes propiedades físicas esenciales para el diseño de cualquier proceso de ingeniería de alimentos (Huang & Liu, 2009).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Lugar de ejecución**

Laboratorio de ingeniería de alimentos y laboratorio de química, infraestructura que forma parte de Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias (FIIA) en la Universidad Nacional Agraria de la Selva; ubicada en la Ciudad de Tingo María (9°18'21,5"S 75°59'47,5"W) distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, Huánuco Perú. Tingo María se encuentra a 660 msnm, humedad relativa de 84% y temperatura promedio de 28 °C

#### **3.2. Materiales y equipos**

Bomba calorimétrica Labsys Evo Robot - gas option TGA-DSC 800 °C, marca SETARAM. Potenciómetro multiparámetro ORION STAR A215 marca THERMO SCIENTIFIC, viscosímetro de Brookfield DVIII ultra. DATATRACE FOR WINDOWS. DATATRACE micropack, modelo 7500T1, rango -20 a +140 °C, USA

#### **3.3. Metodología**

##### **3.3.1. Extracción del mucílago de malva**

La extracción de mucílago de malva se realizó mediante el flujograma (Figura 1).

##### **3.3.2. Propiedades fisicoquímicas**

###### **Grados brix**

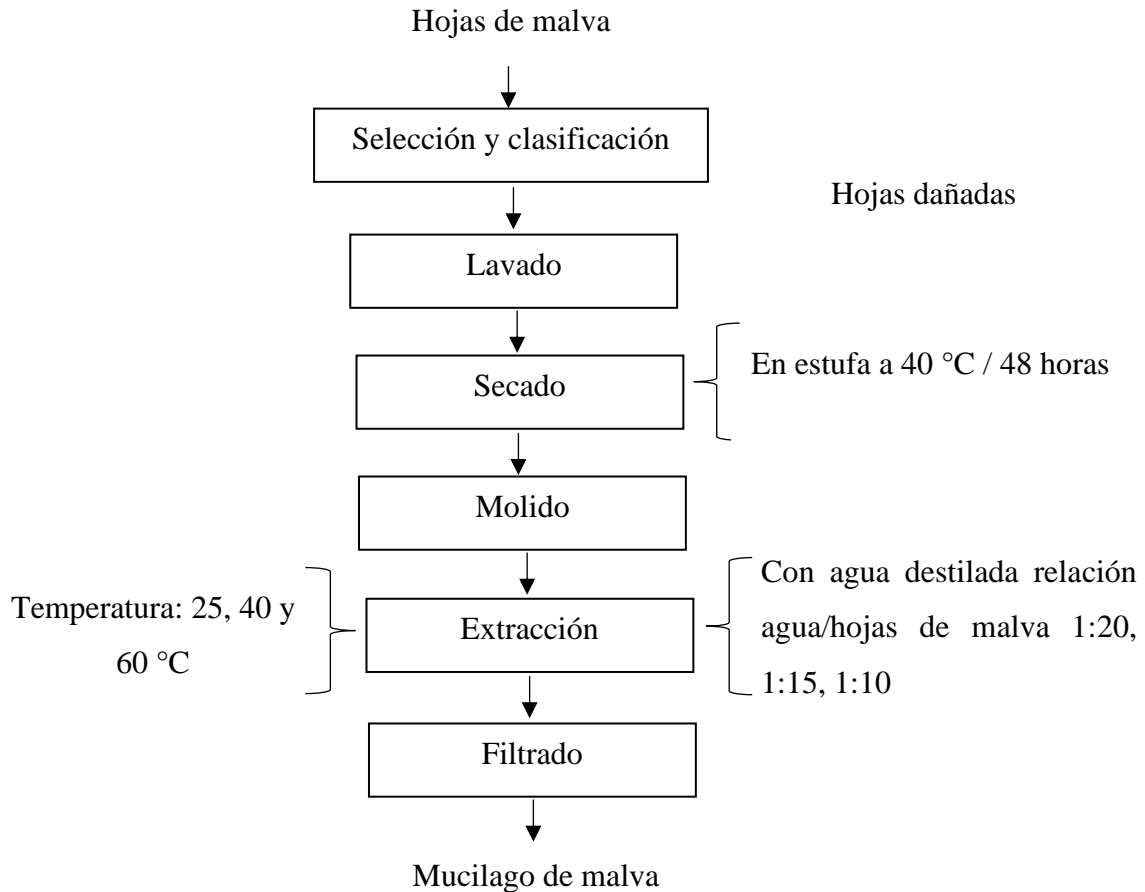
Fue medido con un refractómetro manual, se colocó dos gotas de extracto de mucílago de malva, se dirigió el equipo para incidir la luz y se registró el valor observado AOAC 983.17(2012).

###### **pH**

Se evaluó mediante potenciometría AOAC 981.12(2005).

###### **Densidad**

En un tubo cónico milimetrado se llenó un volumen de 10 ml, luego de procedió a calendar en un baño seco a 60 °C y 80 °C para luego inmediatamente pesar en una balanza analítica, y obtener el peso en gramos a diferentes temperaturas, este procedimiento se realizó por triplicado para las temperaturas antes mencionadas (Jara, 2012).



**Figura 1.** Proceso de extracción del mucílago de malva

### Sólidos totales

Se tomaron tres capsulas de 50 mL y se colocaron en una estufa a 100 °C por 8 horas, después de este tiempo se retiraron y se introdujeron en una campana de desecación para posteriormente ser pesadas. Se pipeteo 50 ml de muestra y con un baño maría se evaporó completamente el agua, se completó el proceso en una estufa a 70 °C por 8 horas. Las capsulas nuevamente se retiran de la estufa a una campana de desecación para enfriarse y finalmente se pesó nuevamente (IDEAM, 2020). Los sólidos totales se calculan mediante la siguiente ecuación:

$$ST = \frac{(B - A) \times 10^6}{V} \quad (3)$$

ST : Sólidos totales (mg / L)

A : peso inicial de la cápsula (g)

B : Peso final de la cápsula con el residuo seco (g)

V : Volumen de muestra desecada (mL)

### 3.3.3. Evaluación de características sensoriales

Se evaluaron los atributos de color, olor sabor y apariencia general de mucílago de malva utilizando una escala hedónica (Anexo-I) (Lawless & Heymann, 2010).

### 3.3.4. Propiedades termofísicas

#### Calor específico (Cp)

Para la determinación de calor específico se utilizó un calorímetro diferencial de barrido (SETARAM, Labsys evo, USA), el rango de temperatura de medición fue de 25 – 95 °C con velocidad de 5 °C/min en ambiente inerte a flujo constante de Nitrógeno a 100 mL/min. Para la medición se requiere previamente un experimento en blanco con crisol vacío y un experimento con material de referencia (calibrante) en este caso se usó zafiro sintético de alta pureza (99,99%). Para la lectura del Cp se pesó 60 mg de muestra dentro del crisol, se realizó el cierre hermético del crisol muestra y se llevó al calorímetro para la obtención del termograma Cp, los datos fueron analizados con el software Calisto (SETARAM) los análisis fueron por triplicado (ASTM, 2018).

#### Difusividad térmica

Se realizó con el DATATRACE, en cada tratamiento el mucílago de malva se llenó en un cilindro, luego se instalaron dos sensores de temperatura, estos registraron las temperaturas del centro térmico y del medio de calentamiento. Los datos que se obtuvieron fueron procesados por el método de transferencia de calor en el estado no estacionario propuesto por Dickerson en 1965 y modificado por Poulsen en 1982.

$$t = 0,398 \frac{r^2}{\alpha_T} \log \left[ 1,6 \frac{T_m - T_0}{T_m - T} \right] \quad (4)$$

Donde:

- $\alpha_T$  : Difusividad térmica (m<sup>2</sup>/s)
- r : Radio del cilindro (m)
- t : Tiempo (s)
- $T_m$  : Temperatura del medio de calentamiento (°C)
- $T_0$  : Temperatura en el centro térmico al tiempo 0 (°C)
- T : Temperatura del centro térmico al tiempo t (°C)

La ecuación (1) se reordenó para diferenciar la variable dependiente e independiente como sigue:

$$\log \left[ 1,6 \frac{T_m - T_0}{T_m - T} \right] = \frac{1}{0,398} \frac{\alpha_T}{r^2} t \quad (5)$$

La ecuación (5) representa una ecuación lineal que intercepta el origen de coordenadas

Donde:

- $\log \left[ 1,6 \frac{T_m - T_0}{T_m - T} \right]$  : Representa la variable dependiente (eje de ordenadas) es la variación de temperatura no conseguida
- $\frac{1}{0,398} \frac{\alpha_T}{r^2}$  : Representa la pendiente (m) de la ecuación lineal
- $t$  : Representa la variable independiente (eje de abscisas)

Se calculó la pendiente de la línea mediante regresión lineal en una hoja de Microsoft Excel y la difusividad térmica fue estimada por la siguiente ecuación:

$$m = \frac{1}{0,398} \frac{\alpha_T}{r^2} \quad (6)$$

Se despejó  $\alpha_T$  de la ecuación (5)

$$\alpha_T = 0,398mr^2 \quad (7)$$

Las difusividades térmicas fueron calculadas para las temperaturas de 60 y 80 °C.

### Conductividad térmica

La conductividad térmica se calculó a la temperatura de 60°, los cálculos y determinaciones anteriores fueron utilizados para calcular mediante la siguiente ecuación (Singh & Heldman, 2014).

$$k = \alpha_T \cdot \rho \cdot c_p \quad (8)$$

Donde  $k$  es la conductividad térmica (W/m.K),  $\alpha_T$  es la difusividad térmica (m<sup>2</sup>/s),  $\rho$  es la densidad (kg/m<sup>3</sup>) y  $c_p$  es el calor específico (J/kg.K).

### 3.3.5. Propiedades reológicas

La respuesta de flujo de las muestras se llevará a cabo en un viscosímetro Brookfield DV-III. Se determinarán los esfuerzos de cizallamiento ( $\tau$ ) a las velocidades de cizallamiento correspondientes ( $\gamma$ ) obtenidas con 10, 20, 30, 50, 60, 70, 80, 90 y 100 rpm a 20°C. Los datos experimentales se ajustaron a un modelo de ley de potencia.

$$\tau = k\gamma^n \quad (9)$$

Donde  $k$  y  $n$  son los parámetros reológicos del modelo.  $k$  recibe el nombre de índice de consistencia, mientras que  $n$  es el índice de la potencia, y ambos son positivos (Santillán-Urquiza et al., 2017). El modelo matemático más utilizado para la caracterización reológica es el de la ley de potencia (ecuación 9) debido a su gran aplicabilidad, donde se relaciona la fuerza de cizallamiento con la variación del gradiente de cizalla (Andrade et al., 2009).

Como para  $n = 1$  la ecuación (9) describe el comportamiento de un fluido newtoniano de viscosidad ( $\mu = k$ ), resulta que la diferencia entre  $n$  y la unidad es una medida del grado de desviación del comportamiento newtoniano. Si  $n < 1$ , el material es un fluido pseudoplástico. Por el contrario, si  $n > 1$  el material es un fluido dilatante (Fernández, 2008).

### 3.4. Diseño experimental

A: Relación masa de hojas de malva entre masa de agua (g de malva / g de agua)

A1 : Relación 1/20

A2 : Relación 1/15

A3 : Relación 1/10

B: Temperatura de extracción o temperatura del mucílago

B1 : 25 °C

B2 : 40 °C

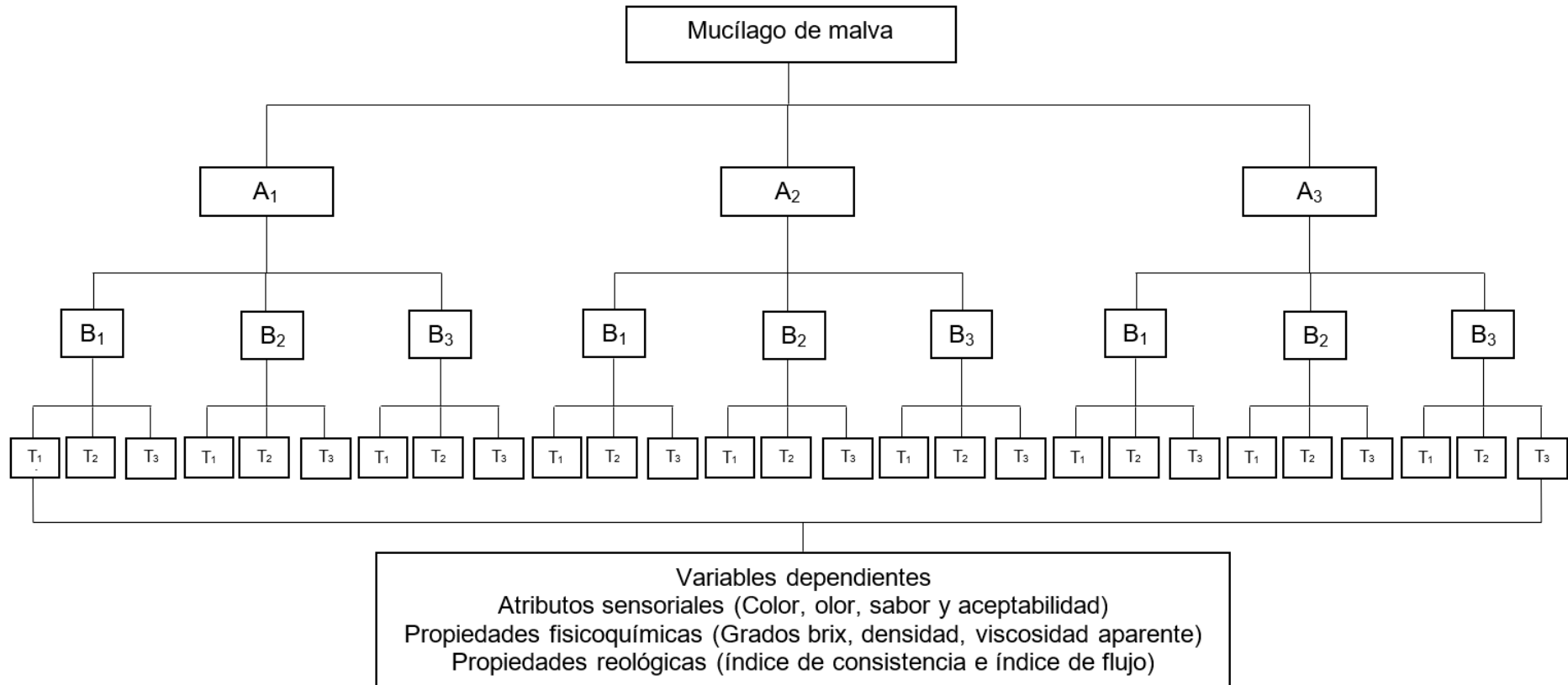
B3 : 60 °C

T: Tiempo de extracción

T1 : 10 minutos

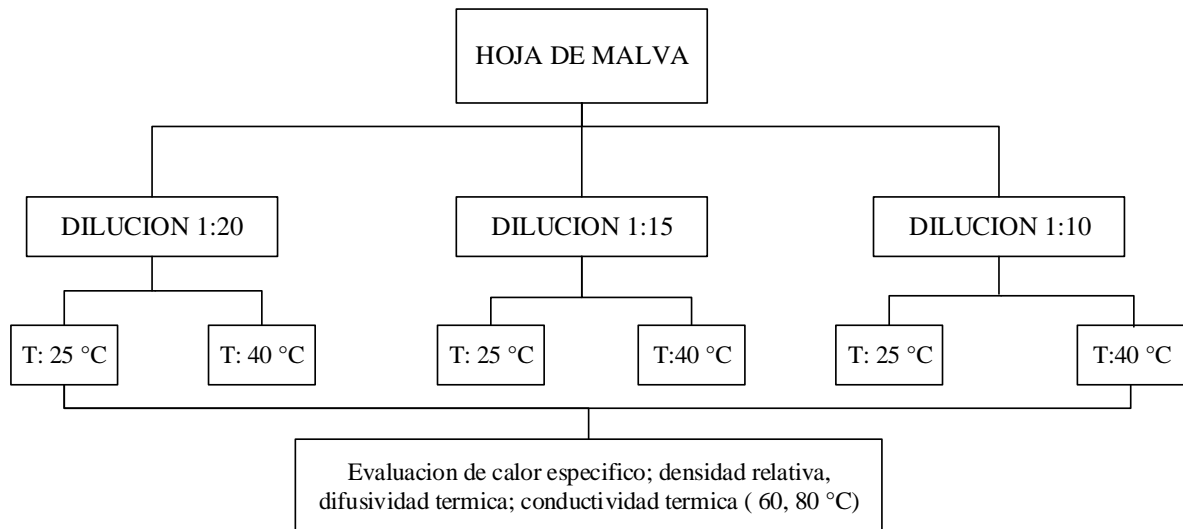
T2 : 20 minutos

T3 : 30 minutos



**Figura 2.** Diseño experimental para evaluar los atributos sensoriales, fisicoquímicas y reológicas





**Figura 3.** Diseño experimental para evaluar las propiedades termofísicas

A: Relación agua/hojas de malva (m/m)

A1: Relación 1:10

A2: Relación 1:15

A3: Relación 1:20

B: Temperatura de extracción

B1: temperatura ambiente (25 °C)

B2: 40 °C

### 3.5. Análisis estadístico

#### 3.5.1. Análisis sensorial, fisicoquímico y reológico

Se utilizó un diseño completo al azar con arreglo factorial de 3x3x3 por triplicado.

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + T_k + E_{ijk} \quad (10)$$

Dónde:

$Y_{ij}$  : Variable respuesta o dependiente

$\mu$  : Media general.

$A_i$  : Diluciones

$B_j$  : Temperatura de extracción o temperatura del mucílago

$T_k$  : Tiempo de extracción

$E_{ijk}$  : Error experimental

#### 3.5.2. Propiedades termofísicas

Para analizar estadísticamente los resultados de la evaluación de las propiedades termofísicas se empleó un diseño completo al azar DCA simple, en caso de existir diferencias estadísticas se empleó la prueba de Tukey.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Propiedades fisicoquímicas

#### 4.1.1. Grados Brix

Al utilizar un refractómetro para medir los grados Brix, la cantidad medida es el porcentaje en peso de los sólidos solubles totales (Evrunuz, 2012). Los polisacáridos ácidos de alto peso molecular aisladas de hojas y flores de malva, están compuestos principalmente de ácido glucurónico, galacturónico, ramnosa y galactosa (Classen & Blaschek, 1998). Por lo tanto, el bajo contenido de sólidos solubles se debe a la poca presencia de azúcares simples libres (Tabla 1).

**Tabla 1.** Grados brix del mucílago de malva a diferentes condiciones de extracción

Dilución	Temperatura (°C)	Grados brix <sup>1</sup>		
		10 min	20 min	30 min
1:20	25	1,0 <sup>aa</sup>	1,0 <sup>ab</sup>	1,0 <sup>ab</sup>
	40	0,5 <sup>aa</sup>	1,0 <sup>ab</sup>	1,5 <sup>ab</sup>
	60	1,0 <sup>aa</sup>	1,5 <sup>ab</sup>	1,5 <sup>ab</sup>
1:15	25	1,0 <sup>ba</sup>	1,5 <sup>bb</sup>	1,5 <sup>bb</sup>
	40	2,0 <sup>ba</sup>	1,5 <sup>bb</sup>	2,0 <sup>bb</sup>
	60	1,5 <sup>ba</sup>	1,5 <sup>bb</sup>	2,0 <sup>bb</sup>
1:10	25	2,0 <sup>ca</sup>	3,0 <sup>cb</sup>	3,0 <sup>cb</sup>
	40	2,5 <sup>ca</sup>	2,5 <sup>cb</sup>	2,5 <sup>cb</sup>
	60	2,5 <sup>ca</sup>	2,5 <sup>cb</sup>	2,5 <sup>cb</sup>

<sup>1</sup>Los valores representan el promedio  $\pm$  DE, DE=0,00. La combinación de letras diferentes, representan diferencias estadísticamente significativas entre los promedios evaluado mediante la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ).

El análisis estadístico demuestra que los grados brix aumenta al incrementarse la masa de hojas de malva ( $p < 0,05$ ), los grados brix ordenados de mayor a menor dilución es 1:10, 1:15 y 1:20 (Tabla 1), El acrecentamiento de solidos solubles puede atribuirse a la hidrólisis de los almidones y ácidos orgánicos, que se transforman en azúcares simples (Carabarán et al.), sin embargo en el caso del mucílago no ocurre este proceso, por lo tanto la proporción de extracción explicaría este incremento.

La temperatura de extracción 25, 40 y 60 °C (Tabla 1) no muestra diferencias significativas (Anexo-IIa) en el contenido de sólido solubles ( $p > 0,05$ ), se ha

demostrado que los polisacáridos pueden ser hidrolizados a temperatura de 80 °C con ácido p-toluenosulfónico al 3% en un tiempo de 120 minutos (Feng et al., 2022), en consecuencia las temperaturas del experimento no hidrolizan los polisacáridos, como para mostrar efecto en los grados brix.

El tiempo de extracción no muestra diferencias significativas entre 20 y 30 minutos ( $p > 0,05$ ), pero ambos son diferentes con 10 minutos (Anexo-IIb), de acuerdo con Feng et al. (2022) se necesita de 120 minutos en presencia de ácido p-toluenosulfónico al 3% y 80 °C para hidrolizar polisacáridos, por lo tanto las diferencias es debido a al aumento de concentración de sólidos (Tabla 1).

#### 4.1.2. pH

En general el pH de las soluciones extraídas del mucílago de malva en promedio corresponde a un valor de  $6,73 \pm 0,23$  este resultado es muy próximo al pH 6,81 de una solución al 1% reportado por Yeole et al. (2010).

**Tabla 2.** pH del mucílago de malva a diferentes condiciones de extracción

Dilución	Temperatura (°C)	pH <sup>1</sup>		
		10 min	20 min	30 min
1:20	25	6,72 <sup>aa</sup>	6,80 <sup>aa</sup>	7,04 <sup>aa</sup>
	40	7,14 <sup>ab</sup>	7,12 <sup>ab</sup>	6,96 <sup>ab</sup>
	60	7,10 <sup>ac</sup>	7,03 <sup>ac</sup>	6,78 <sup>ac</sup>
1:15	25	6,88 <sup>ba</sup>	6,89 <sup>ba</sup>	6,83 <sup>ba</sup>
	40	6,58 <sup>bb</sup>	6,69 <sup>bb</sup>	6,56 <sup>bb</sup>
	60	6,36 <sup>bc</sup>	6,32 <sup>bc</sup>	6,28 <sup>bc</sup>
1:10	25	6,64 <sup>ba</sup>	6,53 <sup>ba</sup>	6,56 <sup>ba</sup>
	40	6,69 <sup>bb</sup>	6,64 <sup>bb</sup>	6,66 <sup>bb</sup>
	60	6,67 <sup>bc</sup>	6,67 <sup>bc</sup>	6,67 <sup>bc</sup>

<sup>1</sup>Los valores representan el promedio  $\pm$  DE, DE=0,00. La combinación de letras diferentes, representan diferencias estadísticamente significativas entre los promedios evaluado mediante la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ).

La concentración expresada en términos de dilución muestra que el pH disminuye ligeramente cuando se incrementa la concentración (Tabla 2), estos resultados son similares a los reportados por Yeole et al. (2010), el análisis estadístico de prueba de medias ( $p < 0,05$ ), muestra que no hay diferencias significativas entre las diluciones 1:15 y 1:10, sin embargo cada una de estas muestras diferencias significativas con la dilución 1:20 (Tabla 2 y Anexo-III).

### 4.1.3. Densidad

La temperatura y la concentración influyen en la densidad ( $p < 0,05$ ), el tiempo de extracción no muestra estadísticas significativas (Tabla 3 y Anexo-IV). Un estudio similar afirma que los siguientes factores como la temperatura de alimentación, la tasa de alimentación, la concentración de la alimentación, el tamaño y la distribución de las partículas residuales, así como la temperatura del polvo, también influyen en la densidad (Walton & Mumford, 1999).

**Tabla 3.** Densidad del mucílago de malva a diferentes condiciones de extracción

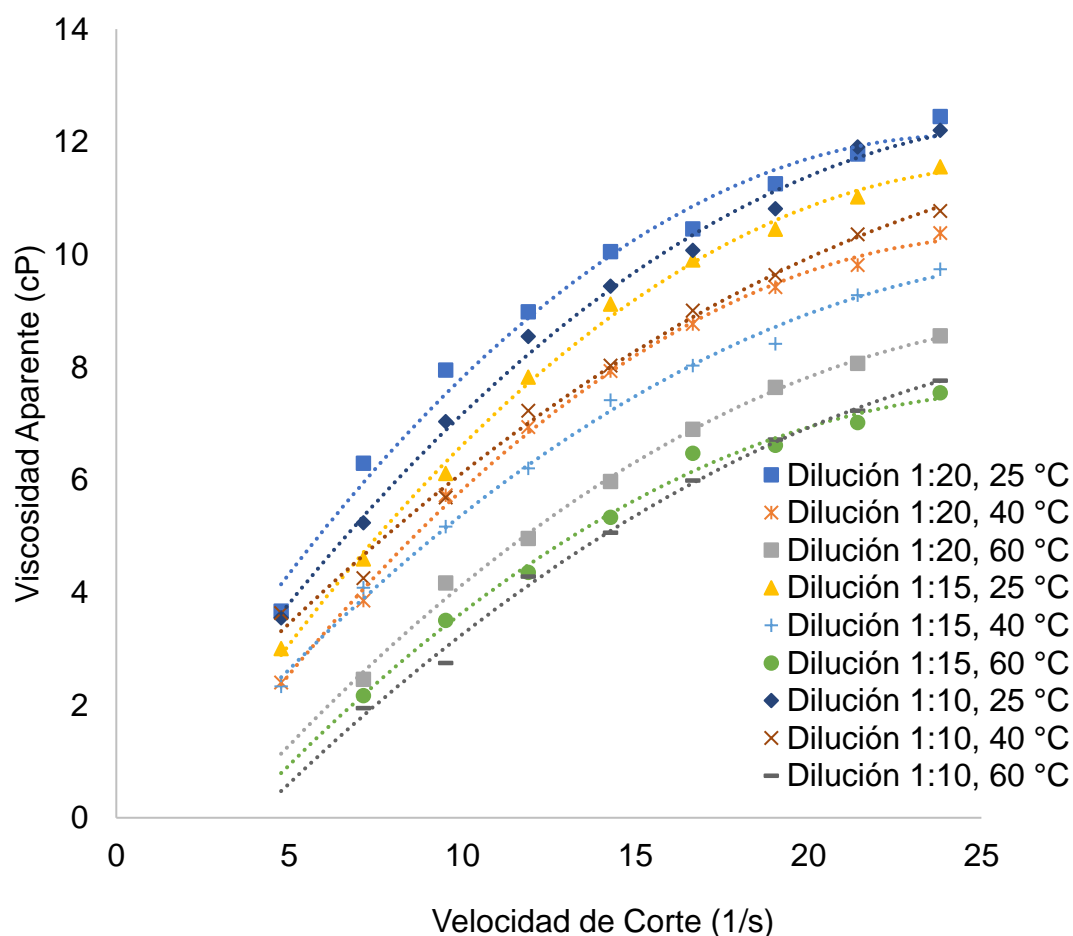
Dilución	Temperatura (°C)	Densidad (g/cm <sup>3</sup> ) <sup>1</sup>		
		10 min	20 min	30 min
1:20	25	0,987±0,011 <sup>aa</sup>	0,986±0,008 <sup>aa</sup>	0,977±0,004 <sup>aa</sup>
	40	0,988±0,006 <sup>ab</sup>	0,992±0,011 <sup>ab</sup>	0,992±0,012 <sup>ab</sup>
	60	0,991±0,006 <sup>ac</sup>	0,994±0,010 <sup>ac</sup>	0,994±0,012 <sup>ac</sup>
1:15	25	1,005±0,003 <sup>ba</sup>	1,004±0,009 <sup>ba</sup>	1,002±0,012 <sup>ba</sup>
	40	1,134±0,115 <sup>bb</sup>	1,138±0,115 <sup>bb</sup>	1,136±0,111 <sup>bb</sup>
	60	1,134±0,115 <sup>bc</sup>	1,140±0,100 <sup>bc</sup>	1,118±0,099 <sup>bc</sup>
1:10	25	0,964±0,013 <sup>ca</sup>	0,965±0,001 <sup>ca</sup>	0,962±0,000 <sup>ca</sup>
	40	0,974±0,001 <sup>cb</sup>	0,964±0,000 <sup>cb</sup>	0,986±0,001 <sup>cb</sup>
	60	0,977±0,006 <sup>cc</sup>	0,972±0,014 <sup>cc</sup>	0,991±0,010 <sup>cc</sup>

<sup>1</sup>Los valores representan el promedio ± DE. Combinación de letras diferentes, representan diferencias estadísticamente significativas entre los promedios evaluado mediante la prueba de Tukey ( $P < 0,05$ ).

### 4.1.4. Viscosidad aparente

La viscosidad aparente se midió en función de la velocidad de cizallamiento. Esta propiedad se estudia principalmente en la reología de los alimentos (Wang et al., 2019). La viscosidad aparente es una de las propiedades reológicas más importantes que tiene un impacto directo en la calidad del producto final (Singha et al., 2018). Los resultados demuestran que el mucílago de malva muestra espesamiento por cizalladura, es decir, es un fluido no newtoniano dilatante (Figura 4), los resultados difieren a los resultados mostrados en extracto de *Malva parviflora* (Munir et al., 2021), en este estudio el mucílago estaba libre de almidón, alcaloides, glucósidos, saponinas, esteroides, lípidos y metales pesados.

La viscosidad disminuyó cuando la temperatura aumentó. Se informó un comportamiento similar para la solución saturada de sacarosa (De Souza et al., 2010), la trehalosa (Miller et al., 1997), las soluciones acuosas supersaturadas de glucosa, fructosa y glucosa-fructosa (Laos & Harak, 2014), la miel y otras soluciones saturadas de carbohidratos como la fructosa y la glucosa (Recondo et al., 2006). Mossel et al. (2000) atribuyeron la reducción de la viscosidad con el aumento de la temperatura a la reducción de las fuerzas hidrodinámicas y la fricción molecular cuando las moléculas se encuentran en un mayor grado de agitación.

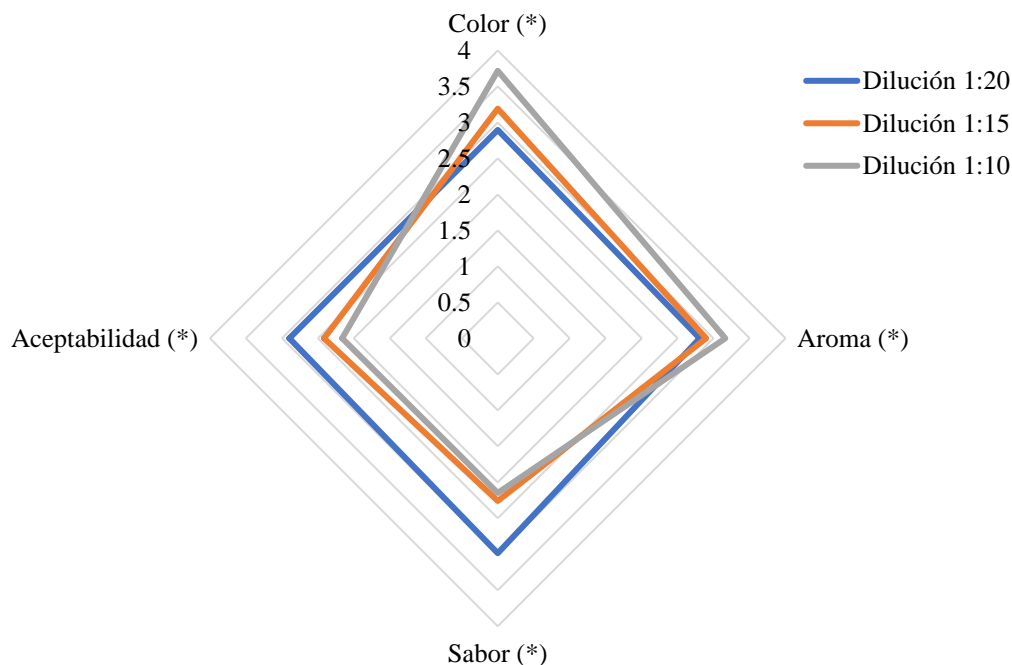


**Figura 4.** Variación de la viscosidad aparente

#### 4.2. Análisis sensorial

El olor, el color, el sabor, son atributos importantes para sus usos comerciales (Zar et al., 2022).

Se realizó la evaluación sensorial para determinar la aceptación del extracto de mucílago y en la dilución de extracción (Figura 5). Se observaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en los cuatro atributos analizados.



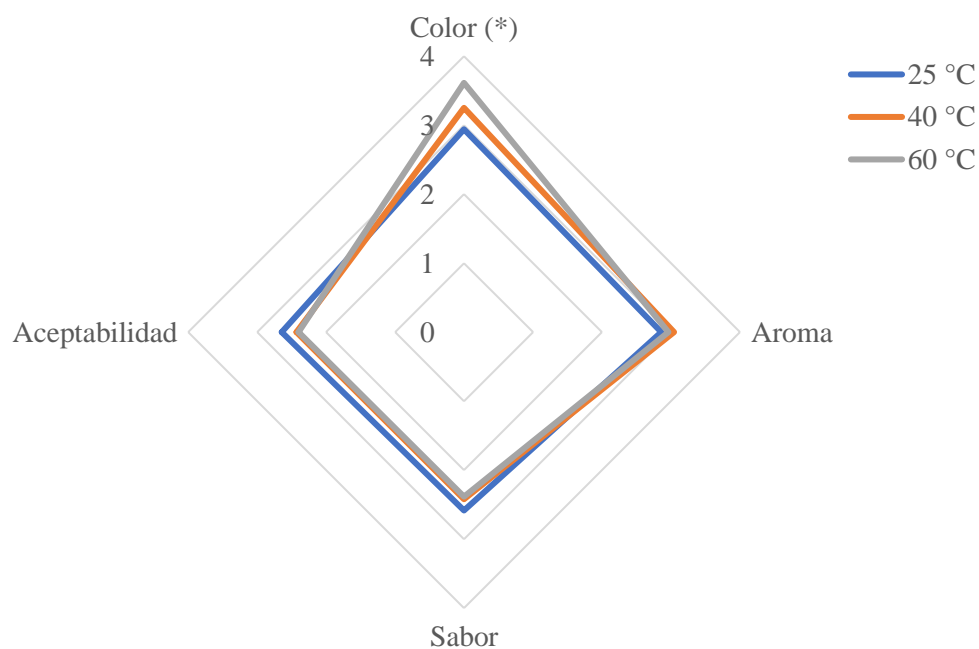
**Figura 5.** Evaluación de la dilución en los atributos sensoriales del extracto de mucílago de malva. El asterisco (\*) denota diferencias significativas ( $p < 0,05$ )

El análisis de color demuestra que a las diluciones 1:20 y 1:15 no muestra diferencias, pero ambas son diferentes respecto al color obtenido mediante la dilución 1:10 (Anexo-Va). En cuanto al aroma solo hay diferencias entre la dilución 1:20 y la dilución 1:10 (Anexo-Vb). Los atributos sabor y aceptabilidad demuestran que no existe diferencias entre las diluciones 1:15 y 1:10, pero ambas son estadísticamente diferentes a la dilución 1:20 (Anexo-Vc y Anexo-Vd).

En general el aumento de concentración de mucílago de malva disminuye la percepción del color y aroma, sin embargo, mejora la percepción del sabor y aceptabilidad, Tournier et al. (2007) afirmaron que un aumento en la concentración de hidrocoloides generalmente conduce a una disminución en la percepción del aroma y el sabor.

De los cuatro atributos sensoriales analizados, la temperatura de extracción muestra diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en color (Figura 6) la temperatura de extracción tuvo un efecto pronunciado en el color del mucílago, este hecho se puede

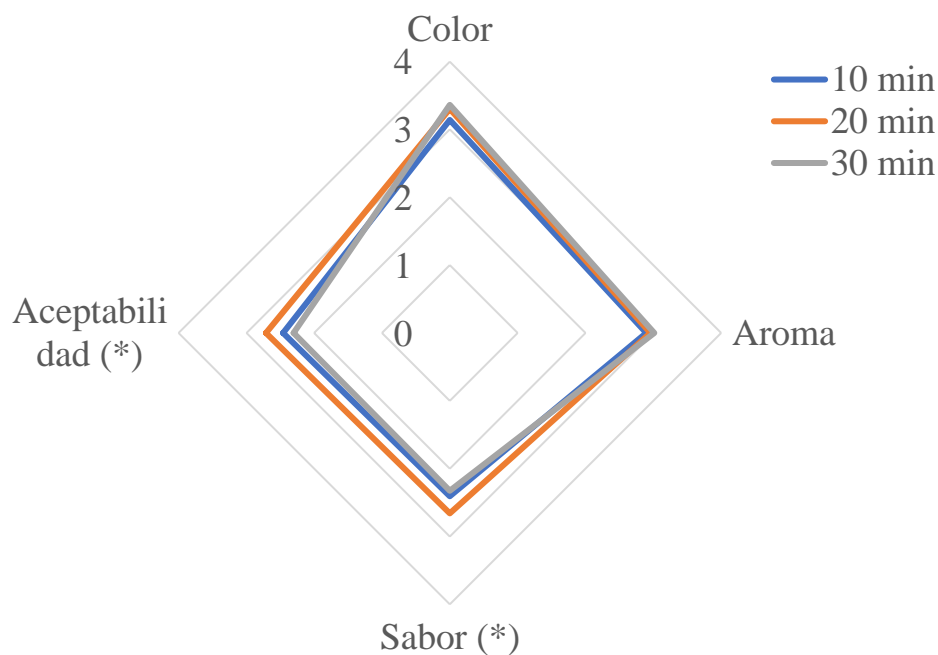
justificar ya que en las formulaciones probadas no se utilizaron colorantes, por lo que este atributo es fácil de cambiar y con la simple adición de colorante alimentario al formular diferentes sabores, se puede mejorar este atributo (Campos et al., 2016). El color desarrollado por el mucílago extraído también puede deberse al paso de algunas impurezas, como pigmentos naturales o sustancias tánicas del tegumento (Koocheki et al., 2010).



**Figura 6.** Evaluación de la temperatura de extracción en los atributos sensoriales del extracto de mucílago de malva. El asterisco (\*) denota diferencias significativas ( $p < 0,05$ )

La evaluación sensorial respecto al tiempo de extracción demostró que este factor muestra diferencias significativas en los atributos sabor y aceptabilidad (Figura 7).



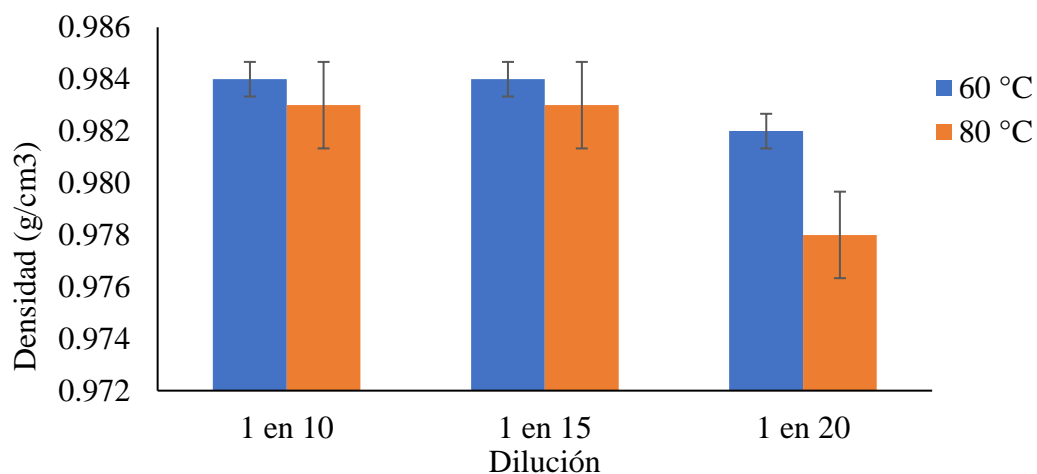


**Figura 7.** Evaluación sensorial del tiempo de extracción en los atributos sensoriales del extracto de mucílago de malva. El asterisco (\*) denota diferencias significativas ( $p < 0,05$ )

### 4.3. Propiedades termofísicas

#### 4.3.1. Densidad

Como era de esperarse la densidad tiende a disminuir cuando se incrementa la temperatura (Figura 8). Costa et al. (2018) en un estudio realizado en pulpa de *Euterpe oleracea* encontró la misma tendencia. También se observa que la densidad disminuye cuando se reduce la concentración (Jagannadha et al., 2009).

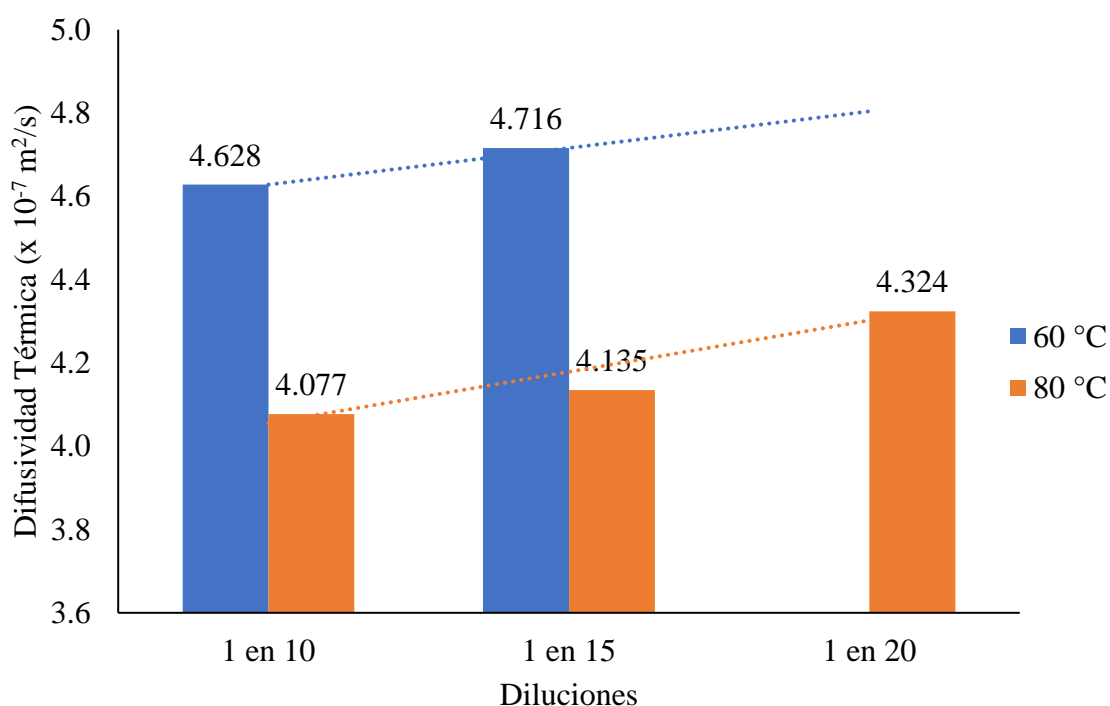


**Figura 8.** Densidad del mucílago medido a diferentes temperaturas

### 4.3.2. Difusividad térmica

El rango de valores de difusividad térmica reportados está entre  $4,410 \times 10^{-7}$  a  $4,770 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$  para la temperatura de  $60 \text{ }^\circ\text{C}$  y de  $3,877 \times 10^{-7}$  a  $4,772 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$  para la temperatura de  $80 \text{ }^\circ\text{C}$  (Figura 9). En general los valores estimados son cercanos a difusividades calculados en otros alimentos como pulpa de guanábana  $1,62 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$  (Jaramillo-Flores & Hernandez-Sanchez, 2000), otro estudio reportó difusividad térmica de agua destilada  $1,402 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$ , plátano  $1,053 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$ , jugo de naranja  $1,086 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$  y jugo de sandía  $0,959 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$  (Festus et al., 2017). También se reportó la difusividad térmica de granada (*Punica granatum*) en el rango de  $1,498 \times 10^{-7}$  a  $2,047 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$  (Mukama et al., 2019).

La difusividad térmica mostró una tendencia decreciente con el aumento de la temperatura en todas las diluciones. Una mayor difusividad térmica significa una transferencia de calor más fácil y un tiempo más corto para alcanzar el calor de estado estable, lo que exige menos energía y promueve un mejor control de los procesos alimentarios (Polachini et al., 2021).



**Figura 9.** Difusividad térmica del mucílago de malva

La difusividad térmica según los resultados del estudio tiene una tendencia de crecimiento al disminuir la concentración de mucílago (Figura 9), se sabe

que la difusividad térmica se utiliza para calcular la distribución de temperatura y tiempo en los materiales durante el calentamiento o el enfriamiento y se ve afectada por la composición de los alimentos, especialmente el contenido de humedad (Ahmed et al., 2022). Se analizó la difusividad térmica en chíá (*Salvia hispánica*) y se observó una tendencia desigual la difusividad térmica fue de  $0,930 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$  al 10 %, aumentó a  $1,05 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$  al 15 % y disminuyó a  $0,930 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$  al 20 % de humedad (Suleiman et al., 2019). En este caso es posible que la composición química de los mucílago sin considerar el agua tenga mayor influencia en la difusividad térmica.

### 4.3.3. Calor específico

Se determinó las medias y desviaciones estándar de las medidas obtenidas por triplicado para el calor específico de las soluciones de mucílago a las diferentes condiciones de extracción y temperatura (Tabla 4). El análisis estadístico reveló que la temperatura de extracción no influye sobre el calor específico ( $p > 0,05$ ) (Anexo-VIIIa).

**Tabla 4.** Calores específicos del mucílago de malva

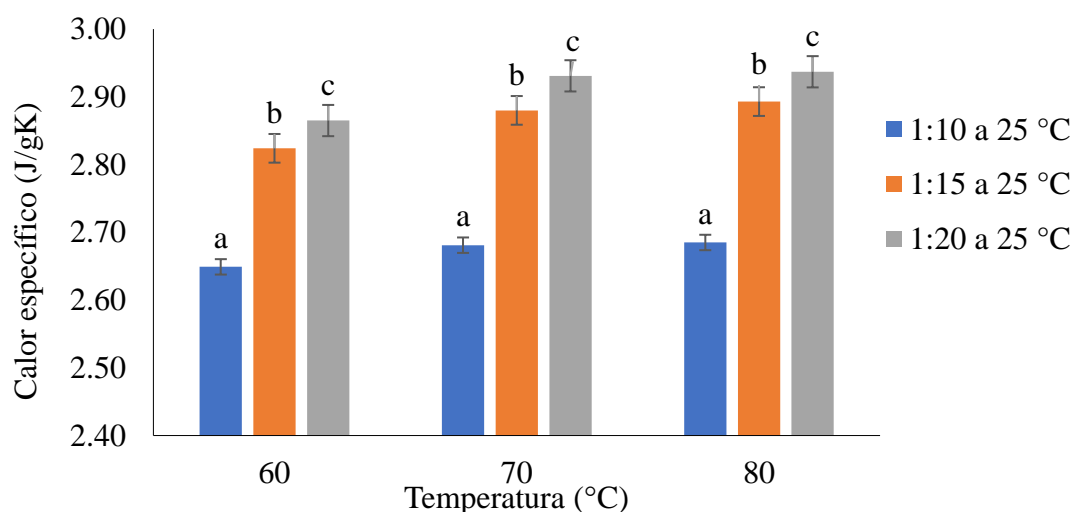
Dilución	Temperatura de extracción (°C)	Calor específico (J/g.K) <sup>1</sup>		
		60 °C	70 °C	80 °C
1:20	25	2,865±0,160 <sup>a</sup>	2,931±0,189 <sup>a</sup>	2,937±0,169 <sup>a</sup>
	40	2,936±0,064 <sup>a</sup>	3,037±0,035 <sup>a</sup>	3,058±0,047 <sup>a</sup>
1:15	25	2,824±0,293 <sup>b</sup>	2,880±0,318 <sup>b</sup>	2,893±0,333 <sup>b</sup>
	40	2,697±0,332 <sup>b</sup>	2,741±0,386 <sup>b</sup>	2,718±0,404 <sup>b</sup>
1:10	25	2,649±0,474 <sup>c</sup>	2,681±0,501 <sup>c</sup>	2,685±0,521 <sup>c</sup>
	40	2,411±0,466 <sup>c</sup>	2,433±0,555 <sup>c</sup>	2,407±0,598 <sup>c</sup>

<sup>1</sup>Los valores representan el promedio ± DE. Letras diferentes, representan diferencias estadísticamente significativas entre los promedios evaluado mediante la prueba de Tukey ( $P < 0,05$ ).

Las diluciones que en realidad representan la concentración del mucílago muestran diferencias significativas (Anexo-VIIa y Anexo-VIIb), es decir que a mayor concentración de mucílago (dilución 1:10) requieren una temperatura ligeramente mayor para aumentar su temperatura en comparación con la de menor concentración (dilución 1:20), por ejemplo a la temperatura de 60 °C el calor específico a la mayor concentración es  $2,649 \pm 0,474 \text{ J/g.K}$  y a menor concentración es  $2,865 \pm 0,160 \text{ J/g.K}$ , esta tendencia se puede corroborar con los demás tratamientos y puede verse mejor en la

Figura 10. Según Martins et al. (2020b) el calor específico disminuye a medida que aumenta la concentración de soluto. Las concentraciones más bajas de carbohidratos hacen que el calor específico aumente principalmente debido a la mayor capacidad de calor específico del agua pura en comparación con los carbohidratos (Costa et al., 2018).

Con respecto a la temperatura, la Figura 8 también mostró que el calor específico aumenta ligeramente al aumentar la temperatura. Esta misma tendencia se observó para el jugo de uva Cabernet Sauvignon (Castilhos et al., 2017), jugos y jarabes de un proceso de producción de caña de azúcar no centrifugado (Alarcón et al., 2020), extracto de carne (Polachini et al., 2016), puré de papaya (Tansakul et al., 2012). Entonces, se podría suponer que las soluciones diluidas demandan más energía para aumentar la temperatura que las soluciones concentradas con la misma masa. Esta energía requerida tiende a aumentar ligeramente a medida que aumenta la temperatura de la solución durante un proceso dado. Aunque los estudios citados anteriormente presentaron valores cercanos a concentraciones y temperaturas de soluto similares, las distintas composiciones hacen que difieran entre sí, lo que resalta la necesidad de determinar las propiedades de cada producto específicamente. Estos estudios también emplearon la técnica de calorimetría diferencial de barrido, reforzando su eficiencia y confiabilidad para detectar pequeñas variaciones en la energía sin requisitos específicos para la preparación de la muestra (Parniakov et al., 2018).



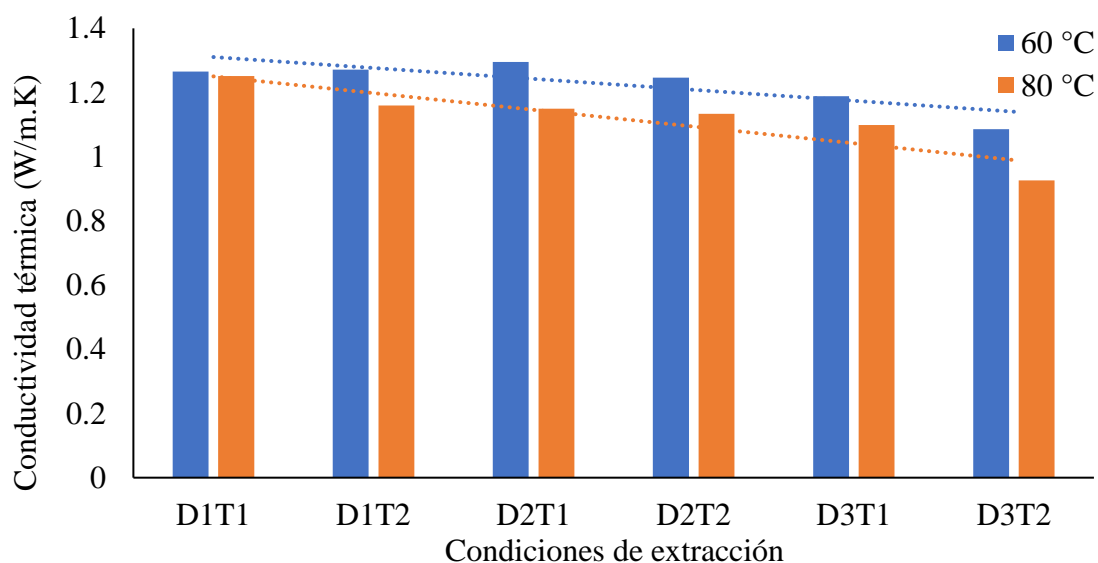
**Figura 10.** Calor específico del mucílago de malva extraído a diferentes diluciones y temperatura de 25 °C

#### 4.3.4. Conductividad térmica

La conductividad térmica de las soluciones de mucílago de malva fue calculada según la ecuación (8) de la metodología, los resultados se muestran en la Tabla 5. Los valores varían de 1,086 a 1,295 W/m.K para la temperatura de 60 °C y de 0,927 a 1,382 W/m.K a 80 °C (Tabla 5).

**Tabla 5.** Conductividad térmica calculada a 60 y 80 °C

Dilución	Temperatura de extracción (°C)	Conductividad térmica (W/m.K)	
		60 °C	80 °C
1:20 (D1)	25 (T1)	1,265	1,252
	40 (T2)	1,271	1,159
1:15 (D2)	25 (T1)	1,295	1,150
	40 (T2)	1,247	1,134
1:10 (D3)	25 (T1)	1,188	1,099
	40 (T2)	1,086	0,927



**Figura 11.** Conductividad térmica a diferentes concentraciones y temperaturas de 60 y 80 °C

En todas las soluciones, la conductividad disminuye al aumentar la temperatura, aunque con una tendencia diferente; por ejemplo en D1T1 disminuye de 1,265 a 1,252 W/m.K, mientras que en D3T2 disminuye de 1,086 a 0,927 W/m.K (Tabla 5 y Figura 11). Este comportamiento puede deberse a las distintas propiedades de solubilidad

de los solutos, lo que provoca una mayor diferencia en la concentración de soluto a medida que aumenta la temperatura (Martins et al., 2020a).

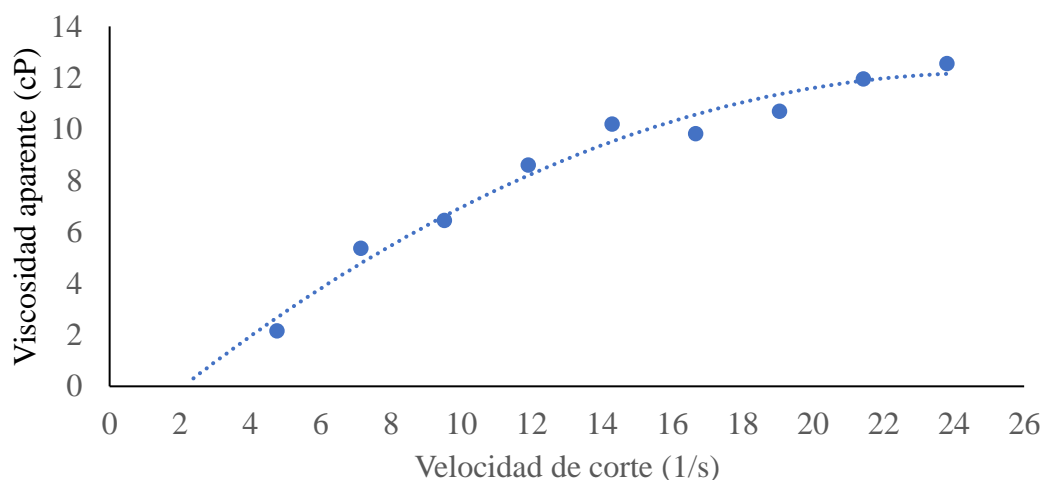
La conductividad térmica disminuye con el aumento de la concentración de sólidos o disminución de la fracción de agua (Figura 11), este comportamiento también fue reportado por Jagannadha et al. (2009) en valores de conductividad de jugo de caña de azúcar, palmira y palmera datilera.

#### 4.4. Propiedades reológicas del mucílago de malva

Se utilizó el modelo ley de potencia, ecuación (9), para describir el comportamiento de flujo del mucílago de malva, los estudios reológicos mostraron que el mucílago de malva tenía un comportamiento de espesamiento o fluido no Newtoniano en el rango de velocidad de cizallamiento (de 2,0 a 24,0  $s^{-1}$ ) en todos los tratamientos (Figura 4 y Figura 12), el mismo fenómeno se observó en polisacáridos extraídos a partir de mucílago de helecho arborescente negro de Nueva Zelanda (*Cyathea medullaris*) (Wee et al., 2014).

El espesamiento por cizallamiento es una propiedad reológica poco común entre los biopolímeros naturales. Muchos polisacáridos exhiben un comportamiento típico de adelgazamiento por cizallamiento (Kaur et al., 2009).

Las propiedades reológicas de los polímeros dependen en gran medida de las interacciones intramoleculares o intermoleculares entre las cadenas (polímero-polímero) y el disolvente (polímero-agua) (Oakenfull & Scott, 1984). El comportamiento reológico resultante sería un equilibrio de estas interacciones intra e intermoleculares cadena-cadena y cadena-disolvente (Kaur et al., 2009).



**Figura 12.** Comportamiento reológico del mucílago de malva.

El espesamiento por cizallamiento a velocidades de deformación intermedias seguido de un adelgazamiento por cizallamiento a altas velocidades tangenciales es un fenómeno común entre los polímeros asociativos, donde las asociaciones entre grupos atractivos conducen a la formación de enlaces físicos reversibles (Rubinstein & Dobrynin, 1997). Por lo tanto, es probable que a velocidades de cizallamiento más grandes el mucílago de malva tenga un comportamiento de adelgazamiento, como lo demuestra Huang (2018) en el rango de velocidad de cizallamiento de aproximadamente 4 a 10 s<sup>-1</sup>, el aumento de la viscosidad con la velocidad de cizallamiento (Anexo VIII) generalmente se denomina fenómeno de espesamiento por cizallamiento; y en el rango de velocidad de cizallamiento de 10 a 1000 s<sup>-1</sup>, la viscosidad muestra una aparente propiedad de adelgazamiento por cizallamiento.

Wee et al. (2015), realizaron muchas investigaciones sobre el mecanismo del espesamiento por cizallamiento del mucílago, y la relación entre la estructura química y el espesamiento por cizallamiento aún no parece del todo clara. Matia-Merino et al. (2012), discutieron la influencia de la sal, el pH y la temperatura, y luego concluyeron que los enlaces de hidrógeno pueden jugar un papel dominante en el comportamiento de espesamiento por cizallamiento del mucílago, y que son hidrofóbicos y electrostáticos. no es probable que las interacciones sean la causa. Wee et al. (2014), los autores concluyeron que el espesamiento por cizallamiento del mucílago es el resultado de interacciones electrostáticas, hidrofóbicas y de hidrógeno coordinadas entre las moléculas de polímero. Wee et al. (2015) destacaron el efecto de los enlaces de hidrógeno y propusieron la hipótesis de la estructura de asociación, mediante el cierre cooperativo de cadenas estiradas, para ilustrar el cambio estructural inducido por cizalla. El efecto de enlace de hidrógeno es común para la solución de polisacárido y, sin embargo, muchas soluciones de polisacárido muestran adelgazamiento por cizallamiento, por ejemplo, solución de guar.

El índice de consistencia (Tabla 6) es influenciado por los tres factores dilución, temperatura de extracción y tiempo de extracción ( $p < 0,05$ ). Se observa en todos los tratamientos que la temperatura contribuye a la extracción de mucílago aumentando la concentración de sólidos y por consiguiente incrementando el índice de consistencia (Cengiz et al., 2013). En cuanto al factor tiempo de extracción si bien existe diferencias estadísticas no está definido si esta contribuye a un aumento o a una disminución de dicho índice.

**Tabla 6.** Índice de consistencia del mucilago de malva a diferentes condiciones de extracción medido a 25 °C

Dilución	Temperatura (°C)	Índice de consistencia (Pa.s <sup>-n</sup> ) <sup>1</sup>		
		10 min	20 min	30 min
1:20	25	0,0005±0,0001 <sup>aa</sup>	0,0006±0,0001 <sup>bb</sup>	0,0006±0,0001 <sup>cc</sup>
	40	0,0011±0,0001 <sup>ab</sup>	0,0007±0,0001 <sup>bc</sup>	0,0029±0,0002 <sup>ca</sup>
	60	0,0016±0,0000 <sup>ac</sup>	0,0015±0,0001 <sup>ba</sup>	0,0019±0,0001 <sup>cb</sup>
1:15	25	0,0005±0,0001 <sup>ba</sup>	0,0005±0,0000 <sup>cb</sup>	0,0014±0,0002 <sup>ac</sup>
	40	0,0016±0,0007 <sup>bb</sup>	0,0041±0,0021 <sup>cc</sup>	0,0031±0,0003 <sup>aa</sup>
	60	0,0017±0,0003 <sup>bc</sup>	0,0022±0,0012 <sup>ca</sup>	0,0032±0,0018 <sup>ab</sup>
1:10	25	0,0015±0,0004 <sup>ca</sup>	0,0017±0,0003 <sup>ab</sup>	0,0013±0,0006 <sup>bc</sup>
	40	0,0029±0,0012 <sup>cb</sup>	0,0044±0,0025 <sup>ac</sup>	0,0119±0,0074 <sup>ba</sup>
	60	0,0011±0,0007 <sup>cc</sup>	0,0060±0,0035 <sup>aa</sup>	0,0016±0,0001 <sup>bb</sup>

<sup>1</sup>Los valores representan el promedio ±SE o promedio ±SEM. Letras diferentes, representan diferencias estadísticamente significativas entre los promedios evaluado mediante la prueba de Tukey ( $P < 0,05$ ).

**Tabla 7.** Índice de flujo del mucilago de malva a diferentes condiciones de extracción medido a 25 °C

Dilución	Temperatura (°C)	Índice de flujo		
		10 min	20 min	30 min
1:20	25	1,6547±0,0747 <sup>aa</sup>	1,6455±0,0634 <sup>bb</sup>	1,7553±0,1901 <sup>cc</sup>
	40	1,5285±0,1326 <sup>ab</sup>	1,4199±0,1761 <sup>bc</sup>	1,1153±0,1839 <sup>ca</sup>
	60	2,0084±0,0104 <sup>ac</sup>	1,3533±0,1751 <sup>ba</sup>	1,7330±0,0064 <sup>cb</sup>
1:15	25	2,0073±0,0217 <sup>ba</sup>	2,0041±0,0067 <sup>cb</sup>	1,6658±0,0651 <sup>ac</sup>
	40	1,6932±0,1376 <sup>bb</sup>	1,3576±0,1746 <sup>cc</sup>	1,5289±0,0453 <sup>aa</sup>
	60	1,6923±0,0455 <sup>bc</sup>	1,6489±0,1937 <sup>ca</sup>	1,7781±0,1065 <sup>ab</sup>
1:10	25	2,0253±0,0403 <sup>ca</sup>	1,9963±0,0037 <sup>ab</sup>	1,9858±0,0025 <sup>bc</sup>
	40	1,7694±0,0006 <sup>cb</sup>	1,9354±0,0062 <sup>ac</sup>	1,4389±0,0041 <sup>ba</sup>
	60	1,6809±0,0311 <sup>cc</sup>	1,7102±0,0046 <sup>aa</sup>	1,6485±0,0352 <sup>bb</sup>

<sup>1</sup>Los valores representan el promedio ±SE o promedio ±SEM. Letras diferentes, representan diferencias estadísticamente significativas entre los promedios evaluado mediante la prueba de Tukey ( $P < 0,05$ ).

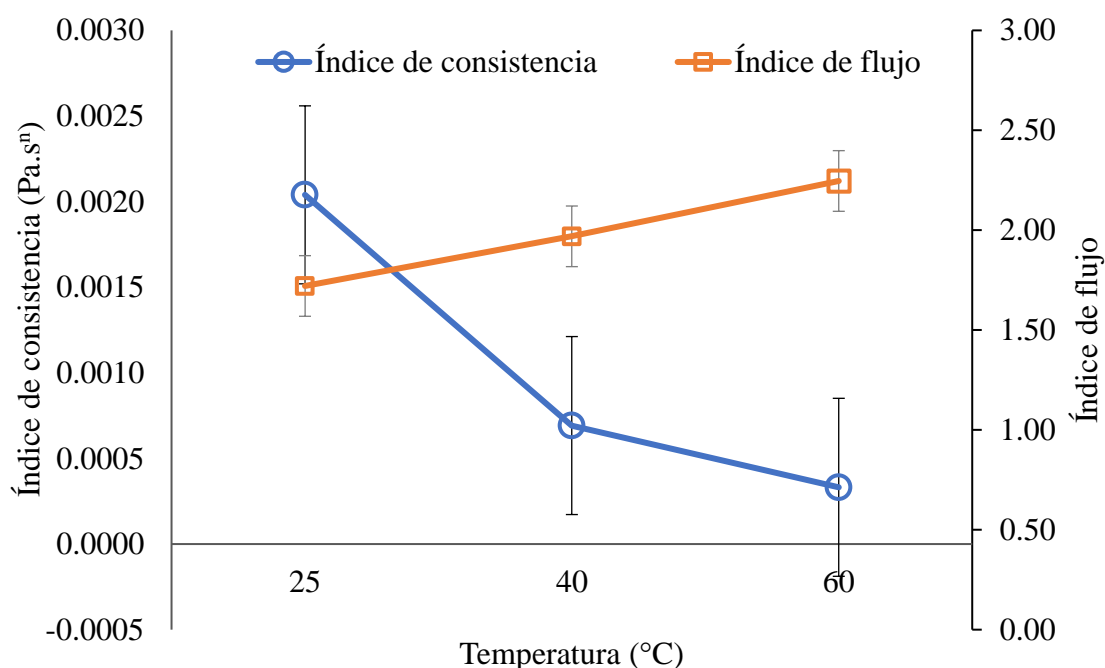
Según el índice de flujo (Tabla 7) estamos ante un fluido no newtoniano dilatante ( $n > 1$ ) parámetro estimado según el modelo ley de potencia señalado en la ecuación (2) (Fernández, 2008). El análisis estadístico al 95% de confianza demuestra



que todos los factores tienen influencia sobre el índice de flujo, en todos los casos no existe un patrón predominante de ascenso o descenso de este parámetro reológico para cada factor.

#### 4.4.1. Influencia de la temperatura

Se ha reportado que la temperatura tiene un efecto sobre los parámetros reológicos índice de consistencia e índice de flujo, este trabajo no es la excepción y el análisis estadístico nos demuestra su influencia en la Figura 13.



**Figura 13.** Efecto de la temperatura sobre los parámetros reológicos

El índice de consistencia decrece a medida que se incrementa la temperatura (Figura 13), esta tendencia es similar a los reportados por Hosseini-Parvar et al. (2010) en goma de semilla de albahaca. Por otro lado, el índice de flujo crece a medida que sube la temperatura, resultados similares se informaron por Wu et al. (2015) en goma de tara.

## V. CONCLUSIONES

La extracción acuosa de mucílago de malva fue realizada satisfactoriamente, como era de esperarse los tres factores estudiados son influyentes en este proceso, manifestándose en el análisis sensorial, fisicoquímico, reológico y propiedades termofísicas.

En términos generales la evaluación fisicoquímica demostró que la dilución y la temperatura hacen variar las propiedades fisicoquímicas del mucílago de malva, lo cual hace suponer que estos dos factores incrementan el porcentaje de mucílago extraído mediante el método de extracción acuosa.

La evaluación sensorial de los atributos color, aroma, sabor y aceptabilidad mostraron mayores variaciones frente a la dilución y temperatura de extracción.

Las propiedades termofísicas del mucílago de malva se determinaron experimentalmente excepto la conductividad térmica. La densidad determinada oscila entre 0,9512 a 09890 g/cm<sup>3</sup>, la difusividad térmica se muestra de 4,410 x 10<sup>-7</sup> a 4,770 x 10<sup>-7</sup> m<sup>2</sup>/s para la temperatura de 60 °C y de 3,877 x 10<sup>-7</sup> a 4,772 x 10<sup>-7</sup> m<sup>2</sup>/s para la temperatura de 80 °C, el calor específico muestra valores 2,411 a 2,936 J/g.K para 60°C, 2,433 a 3,037 J/g.K para 70 °C y de 2,407 a 3,058 J/g.K. La conductividad térmica se reportó de 1,086 a 1,295 W/m.K para 60 °C y de 0,927 a 1,252 W/m.K.

En el rango de velocidad de cizallamiento (de 2,0 a 24,0 s<sup>-1</sup>) el análisis reológico demostró que el mucílago de malva es un fluido no newtoniano dilatante. El espesamiento por cizallamiento es afectado por muchos factores según la literatura, en cuanto a los factores estudiados como la dilución, temperatura y tiempo de extracción estos no determinan este comportamiento.

## **VI. PROPUESTAS A FUTURO**

Estudiar el mucilago de malva como potencial espesante de alimentos. En base al trabajo desarrollado, se considera necesario en primer lugar, explorar otros métodos de extracción, en segundo lugar, realizar el secado y posterior evaluación mediante la adición como espesante en algún alimento específico. Un estudio reológico más amplio en cuanto a la velocidad de cizallamiento es importante realizar, para analizar verificar su influencia en el análisis sensorial, y finalmente realizar el estudio de las propiedades termofísicas en un rango más amplio de temperaturas.

## VII. REFERENCIAS

- Abd-Elghany, M., & Klapötke, T. M. (2018). A review on differential scanning calorimetry technique and its importance in the field of energetic materials %J Physical Sciences Reviews. 3(4). <https://doi.org/doi:10.1515/psr-2017-0103>
- Ahmed, J., Mulla, M. Z., Siddiq, M., & Dolan, K. D. (2022). Micromeritic, thermal, dielectric, and microstructural properties of legume ingredients: A review. 4(1), e123. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/leg3.123>
- Alarcón, Á. L., Orjuela, A., Narváez, P. C., & Camacho, E. C. (2020). Thermal and Rheological Properties of Juices and Syrups during Non-centrifugal Sugar Cane (Jaggery) Production. *Food and Bioproducts Processing*, 121, 76-90. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fbp.2020.01.016>
- Ameri, A., Heydarirad, G., Mahdavi Jafari, J., Ghobadi, A., Rezaeizadeh, H., & Choopani, R. (2015). Medicinal plants contain mucilage used in traditional Persian medicine (TPM). *Pharmaceutical Biology*, 53(4), 615-623. <https://doi.org/10.3109/13880209.2014.928330>
- Andrade, R. D., Torres, R., Montes, E. J., Pérez, O. A., Restan, L. E., & Peña, R. E. (2009). Efecto de la temperatura en el comportamiento reológico de la pulpa de níspero (*Achras sapota* L.) %J Revista de la Facultad de Agronomía. 26, 599-612. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-78182009000400008&nrm=iso](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182009000400008&nrm=iso)
- ASTM. (2018). Standard Test Method for Determining Specific Heat Capacity by Differential Scanning Calorimetry. In *E1269-11*.
- Ben, S. A., Rjeibi, I., Brahmi, D., Smida, A., Ncib, S., Zouari, N., & Zourgui, L. (2016). Malva sylvestris extract protects upon lithium carbonate-induced kidney damages in male rat. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 84, 1099-1107. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biopha.2016.10.026>
- Bikila, A. M., Tola, Y., Esho, T. B., & Forsido, S. F. (2020). Effect of predrying treatment and drying temperature on proximate composition, mineral contents, and thermophysical properties of anchote (*Coccinia abyssinica* (Lam.) Cogn.) flour. *Food Science & Nutrition*, 8(10), 5532-5544. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/fsn3.1860>
- Campos, B. E., Dias Ruivo, T., da Silva Scapim, M. R., Madrona, G. S., & de C. Bergamasco, R. (2016). Optimization of the mucilage extraction process from

- chia seeds and application in ice cream as a stabilizer and emulsifier. *LWT - Food Science and Technology*, 65, 874-883.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.09.021>
- Carabarán, A. C., Bolaños, E. N. A., Servia, J. L. C., Velásquez, V., Melgarejo, A. V. G., Contreras, R. V., & Guzmán, I. V. CAMBIO EN LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS EN TOMATE DE ÁRBOL (*Solanum betaceum*) DURANTE SU ALMACENAMIENTO POSCOSECHA A 5 C.
- Carson, J. K., Wang, J., North, M. F., & Cleland, D. J. (2016). Effective thermal conductivity prediction of foods using composition and temperature data. *Journal of Food Engineering*, 175, 65-73.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2015.12.006>
- Castilhos, M. B. M., Betiol, L. F. L., de Carvalho, G. R., & Telis-Romero, J. (2017). Experimental study of physical and rheological properties of grape juice using different temperatures and concentrations. Part I: Cabernet Sauvignon. *Food Research International*, 100, 724-730.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.07.075>
- Cengiz, E., Dogan, M., & Karaman, S. (2013). Characterization of rheological interactions of Gleditsia triacanthos gum with some hydrocolloids: Effect of hydration temperature. *Food Hydrocolloids*, 32(2), 453-462.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.01.018>
- Classen, B., & Blaschek, W. (1998). High molecular weight acidic polysaccharides from *Malva sylvestris* and *Alcea rosea*. *Planta Medica*, 64(7), 640-644.  
<https://doi.org/10.1055/s-2006-957538>
- Costa, H. C. B., Silva, D. O., & Vieira, L. G. M. (2018). Physical properties of açai-berry pulp and kinetics study of its anthocyanin thermal degradation. *Journal of Food Engineering*, 239, 104-113.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.07.007>
- De Souza, A. C., Telis-Romero, J., & Telis, V. R. N. (2010). RHEOLOGICAL CHARACTERIZATION OF SUSPENSIONS OF SUCROSE CRYSTALS IN SATURATED SUCROSE SOLUTIONS [<https://doi.org/10.1111/j.1745-4530.2008.00320.x>]. *Journal of Food Process Engineering*, 33(6), 992-1009.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1745-4530.2008.00320.x>
- Delfino, S., Marrelli, M., Conforti, F., Formisano, C., Rigano, D., Menichini, F., & Senatore, F. (2017). Variation of *Malva sylvestris* essential oil yield, chemical

- composition and biological activity in response to different environments across Southern Italy. *Industrial Crops and Products*, 98, 29-37. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.01.016>
- Drzeżdżon, J., Jacewicz, D., Sielicka, A., & Chmurzyński, L. (2019). Characterization of polymers based on differential scanning calorimetry based techniques. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 110, 51-56. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trac.2018.10.037>
- Edwards, S. E., Rocha, I. d. C., Williamson, E. M., & Heinrich, M. (2015). Mallow. In *Phytopharmacy* (pp. 259-260). <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/9781118543436.ch72>
- Evageliou, V. (2020). Shear and extensional rheology of selected polysaccharides. *International Journal of Food Science & Technology*, 55(5), 1853-1861. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14545>
- Evranuz, E. Ö. (2012). Units and Dimensions. In *Handbook of Food Process Design* (pp. 24-38). <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/9781444398274.ch3>
- Feng, C., Zhu, J., Hou, Y., Qin, C., Chen, W., Nong, Y., . . . Yao, S. (2022). Effect of temperature on simultaneous separation and extraction of hemicellulose using p-toluenesulfonic acid treatment at atmospheric pressure. *Bioresource Technology*, 348, Article 126793. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2022.126793>
- Ferenc, Á. M. (2017). The Rheology of Foods and Sweets. In *Confectionery and Chocolate Engineering* (pp. 109-196). <https://doi.org/10.1002/9781118939741.ch4>
- Fernández, F. C. (2008). Caracterización reológica y optimización de la textura de purés de patata frescos y congelados: efectos del proceso y adición de crioprotectores.
- Festus, B., Ewetumo, T., & Adedayo, K. (2017). Development of an Instrument for Measurement of Thermal Conductivity and Thermal Diffusivity of Tropical Fruit Juice. *AMERICAN JOURNAL OF SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH*, 8, 22-33. <https://doi.org/10.5251/ajsir.2017.8.2.22.33>
- Gasparetto, J. C., Martins, C. A. F., Hayashi, S. S., Otuky, M. F., & Pontarolo, R. (2012). Ethnobotanical and scientific aspects of *Malva sylvestris* L.: a millennial herbal medicine. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 64(2), 172-189. <https://doi.org/10.1111/j.2042-7158.2011.01383.x>
- Ghaoui, W. B. J. E., Ghanem, E. B., Chedid, L. A., & Abdelnoor, A. M. (2008). The effects of *Alcea rosea* L., *Malva sylvestris* L. and *Salvia libanotica* L. water

- extracts on the production of Anti-egg albumin antibodies, interleukin-4, gamma interferon and interleukin-12 in BALB/c mice. *Phytotherapy Research*, 22(12), 1599-1604. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/ptr.2530>
- Hosseini-Parvar, S. H., Matia-Merino, L., Goh, K. K. T., Razavi, S. M. A., & Mortazavi, S. A. (2010). Steady shear flow behavior of gum extracted from *Ocimum basilicum* L. seed: Effect of concentration and temperature. *Journal of Food Engineering*, 101(3), 236-243. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.06.025>
- Huang, L., & Liu, L.-S. (2009). Simultaneous determination of thermal conductivity and thermal diffusivity of food and agricultural materials using a transient plane-source method. *Journal of Food Engineering*, 95(1), 179-185. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.04.024>
- Huang, S. (2018). Structural viscoelasticity of a water-soluble polysaccharide extract. *International Journal of Biological Macromolecules*, 120, 1601-1609. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.09.152>
- Ibarz, A., & P.E.D, A. (2017). Principles of unit operations in food processing. In *Quantitative Microbiology in Food Processing* (pp. 68-83). <https://doi.org/10.1002/9781118823071.ch3>
- IDEAM. (2020). *INSTRUCTIVO DE ENSAYO. DETERMINACIÓN SÓLIDOS TOTALES SECADOS A 103° - 105°C. SM 2540 B*. Retrieved 15/12/2021 from <http://sgi.ideam.gov.co/documents/412030/35488871/M-S-LC-I017+INSTRUCTIVO+DE+ENSAYO+DETERMINACI%C3%93N+S%C3%93LIDOS+TOTALES+SECADOS+v5.pdf/c214059a-3732-49a2-877f-e507ed141502?version=1.0>
- Irfan, A., Imran, M., Khalid, M., Sami Ullah, M., Khalid, N., Assiri, M. A., . . . Shahzad, M. (2021). Phenolic and flavonoid contents in *Malva sylvestris* and exploration of active drugs as antioxidant and anti-COVID19 by quantum chemical and molecular docking studies. *Journal of Saudi Chemical Society*, 25(8), 101277. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jscs.2021.101277>
- Jagannadha, R. P. V. K., Das, M., & Das, S. K. (2009). Changes in physical and thermo-physical properties of sugarcane, palmyra-palm and date-palm juices at different concentration of sugar. *Journal of Food Engineering*, 90(4), 559-566. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.07.024>

- Jara, A. R. (2012). *Determinación de la conductividad térmica de la pulpa del yacón (Smilax sp.) en función de la humedad y la temperatura* [Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Tingo María.
- Jaramillo-Flores, M. E., & Hernandez-Sanchez, H. (2000). Thermal diffusivity of soursop (*Annona muricata* L.) pulp. *Journal of Food Engineering*, 46(2), 139-143. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(00\)00074-1](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00074-1)
- Jiang, L., Wang, W., Wen, P., Shen, M., Li, H., Ren, Y., . . . Xie, J. (2020). Two water-soluble polysaccharides from mung bean skin: Physicochemical characterization, antioxidant and antibacterial activities. *Food Hydrocolloids*, 100, 105412. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105412>
- Kaur, L., Singh, J., & Singh, H. (2009). Characterization of Gum Ghatti (*Anogeissus latifolia*): A Structural and Rheological Approach. 74(6), E328-E332. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01244.x>
- Kong, Y., & Hay, J. N. (2002). The measurement of the crystallinity of polymers by DSC. *Polymer*, 43(14), 3873-3878. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0032-3861\(02\)00235-5](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0032-3861(02)00235-5)
- Koocheki, A., Mortazavi, S. A., Shahidi, F., Razavi, S. M. A., Kadkhodaei, R., & Milani, J. M. (2010). OPTIMIZATION OF MUCILAGE EXTRACTION FROM QODUME SHIRAZI SEED (ALYSSUM HOMOLOCARPUM) USING RESPONSE SURFACE METHODOLOGY. 33(5), 861-882. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1745-4530.2008.00312.x>
- Laos, K., & Harak, M. (2014). The viscosity of supersaturated aqueous glucose, fructose and glucose-fructose solutions. *J. Food Phys.*, 27, 27-30. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85105261564&partnerID=40&md5=7b7297ea82360ec81956aa8cf255253e>
- Lawless, H. T., & Heymann, H. (2010). *Sensory evaluation of food: principles and practices* (Vol. 2). Springer.
- Lundahl, M. J., Berta, M., Ago, M., Stading, M., & Rojas, O. J. (2018). Shear and extensional rheology of aqueous suspensions of cellulose nanofibrils for biopolymer-assisted filament spinning. *European Polymer Journal*, 109, 367-378. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2018.10.006>
- Marcotte, M., Taherian, A. R., Trigui, M., & Ramaswamy, H. S. (2001). Evaluation of rheological properties of selected salt enriched food hydrocolloids. *Journal of*



- Food Engineering*, 48(2), 157-167. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(00\)00153-9](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00153-9)
- Maroulis, Z. B., Krokida, M. K., & Rahman, M. S. (2002). A structural generic model to predict the effective thermal conductivity of fruits and vegetables during drying. *Journal of Food Engineering*, 52(1), 47-52. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(01\)00084-X](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0260-8774(01)00084-X)
- Martins, M. J. N., Guimarães, B., Polachini, T. C., & Telis-Romero, J. (2020a). Thermophysical properties of carbohydrate solutions: Correlation between thermal and transport properties. *Journal of Food Process Engineering*, 43(9), e13483. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/jfpe.13483>
- Martins, M. J. N., Guimarães, B., Polachini, T. C., & Telis-Romero, J. (2020b). Thermophysical properties of carbohydrate solutions: Correlation between thermal and transport properties. 43(9), e13483. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/jfpe.13483>
- Matia-Merino, L., Goh, K. K. T., & Singh, H. (2012). A natural shear-thickening water-soluble polymer from the fronds of the black tree fern, *Cyathea medullaris*: Influence of salt, pH and temperature. *Carbohydrate Polymers*, 87(1), 131-138. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2011.07.027>
- Miller, D. P., de Pablo, J. J., & Corti, H. (1997). Thermophysical Properties of Trehalose and Its Concentrated Aqueous Solutions. *Pharmaceutical Research*, 14(5), 578-590. <https://doi.org/10.1023/A:1012192725996>
- Mohamadi, Y. Z., Najafi, H., Shackebaei, D., Madani, S. H., Modarresi, M., & Jassemi, S. V. (2019). Amelioration of renal and hepatic function, oxidative stress, inflammation and histopathologic damages by *Malva sylvestris* extract in gentamicin induced renal toxicity. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 112, 108635. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biopha.2019.108635>
- Mossel, B., Bhandari, B., D'Arcy, B., & Caffin, N. (2000). Use of an Arrhenius Model to Predict Rheological Behaviour in some Australian Honeys. *LWT - Food Science and Technology*, 33(8), 545-552. <https://doi.org/https://doi.org/10.1006/fstl.2000.0714>
- Mousavi, S. M., Hashemi, S. A., Zarei, M., Bahrani, S., Savardashtaki, A., Esmaili, H., . . . Ramavandi, B. (2020). Data on cytotoxic and antibacterial activity of synthesized Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles using *Malva sylvestris*. *Data in Brief*, 28, 104929. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.dib.2019.104929>

- Mukama, M., Ambaw, A., & Opara, U. L. (2019). Thermal properties of whole and tissue parts of pomegranate (*Punica granatum*) fruit. *Journal of Food Measurement and Characterization*, *13*(2), 901-910. <https://doi.org/10.1007/s11694-018-0004-1>
- Munir, A., Youssef, F. S., Ishtiaq, S., Kamran, S. H., Sirwi, A., Ahmed, S. A., . . . Elhady, S. S. (2021). Malva parviflora leaves mucilage: An eco-friendly and sustainable biopolymer with antioxidant properties. *Polymers*, *13*(23), Article 4251. <https://doi.org/10.3390/polym13234251>
- Oakenfull, D., & Scott, A. (1984). Hydrophobic Interaction in the Gelation of High Methoxyl Pectins. *Journal of Food Science*, *49*(4), 1093-1098. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1984.tb10401.x>
- Park, S. H., Lamsal, B. P., & Balasubramaniam, V. M. (2014). Principles of Food Processing. In *Food Processing* (pp. 1-15). <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/9781118846315.ch1>
- Parniakov, O., Bals, O., Barba, F. J., Mykhailyk, V., Lebovka, N., & Vorobiev, E. (2018). Application of differential scanning calorimetry to estimate quality and nutritional properties of food products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *58*(3), 362-385. <https://doi.org/10.1080/10408398.2016.1180502>
- Phinney, D. M., Frelka, J. C., & Heldman, D. R. (2017). Composition-Based Prediction of Temperature-Dependent Thermophysical Food Properties: Reevaluating Component Groups and Prediction Models. *Journal of Food Science*, *82*(1), 6-15. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/1750-3841.13564>
- Polachini, T. C., Betiol, L. F. L., Bastos, M. G., Telis, V. R. N., de Souza, A. C., & Telis-Romero, J. (2016). Density, thermal expansion coefficient, and rheological behaviour of meat extract under different temperatures and solids concentrations. *Journal of Food Science*, *94*(5), 988-994. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/cjce.22468>
- Polachini, T. C., Mulet, A., Cárcel, J. A., & Telis-Romero, J. (2021). Thermophysical properties of dilute acid slurries of cassava bagasse as a function of biomass loading, acid concentration, and temperature. *Journal of Food Science*, *40*(3), e13543. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/ep.13543>
- Pompe, G., Pohlers, A., Pötschke, P., & Pionteck, J. (1998). Influence of processing conditions on the multiphase structure of segmented polyurethane. *Polymer*, *39*(21), 5147-5153. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0032-3861\(97\)10350-0](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0032-3861(97)10350-0)

- Prudente, A. S., Loddi, A. M. V., Duarte, M. R., Santos, A. R. S., Pochapski, M. T., Pizzolatti, M. G., . . . Otuki, M. F. (2013). Pre-clinical anti-inflammatory aspects of a cuisine and medicinal millennial herb: *Malva sylvestris* L. *Food and Chemical Toxicology*, 58, 324-331. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fct.2013.04.042>
- Recondo, M. P., Elizalde, B. E., & Buera, M. P. (2006). Modeling temperature dependence of honey viscosity and of related supersaturated model carbohydrate systems. *Journal of Food Engineering*, 77(1), 126-134. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.06.054>
- Rivera, F. J. C., Mishra, D. K., & Ozadali, F. (2020). A Novel Non-Intrusive Continuous Sensor (NICS) to estimate thermal conductivity of food products in manufacturing systems. *Food and Bioprocess Processing*, 123, 390-397. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fbp.2020.07.022>
- Rodríguez-González, F., & Bello-Perez, L. A. (2016). Extensional properties of macromolecules. *Current Opinion in Food Science*, 9, 98-103. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cofs.2016.11.003>
- Rostami, H., & Gharibzahedi, S. M. T. (2017). Cellulase-assisted extraction of polysaccharides from *Malva sylvestris*: Process optimization and potential functionalities. *International Journal of Biological Macromolecules*, 101, 196-206. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.03.078>
- Rubinstein, M., & Dobrynin, A. V. J. T. i. P. S. (1997). Solutions of associative polymers. 5(6), 181-186.
- Samavati, V., & Manoochehrizade, A. (2013). Polysaccharide extraction from *Malva sylvestris* and its anti-oxidant activity. *International Journal of Biological Macromolecules*, 60, 427-436. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2013.04.050>
- Santillán-Urquiza, E., Méndez-Rojas, M. Á., & Vélez-Ruiz, J. F. (2017). Fortification of yogurt with nano and micro sized calcium, iron and zinc, effect on the physicochemical and rheological properties. *LWT*, 80, 462-469. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.03.025>
- Sharifi-Rad, J., Melgar-Lalanne, G., Hernández-Álvarez, A. J., Taheri, Y., Shaheen, S., Kregiel, D., . . . Martins, N. (2020). *Malva* species: Insights on its chemical composition towards pharmacological applications. *Phytotherapy Research*, 34(3), 546-567. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/ptr.6550>

- Singh, R. P., & Heldman, D. R. (2014). Chapter 4 - Heat Transfer in Food Processing. In R. P. Singh & D. R. Heldman (Eds.), *Introduction to Food Engineering (Fifth Edition)* (pp. 265-419). Academic Press.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-398530-9.00004-8>
- Singha, P., Muthukumarappan, K., & Krishnan, P. (2018). Influence of processing conditions on apparent viscosity and system parameters during extrusion of distiller's dried grains-based snacks. *Food Science & Nutrition*, 6(1), 101-110.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1002/fsn3.534>
- Suleiman, R., Xie, K., & Rosentrater, K. A. (2019). Physical and Thermal Properties of Chia, Kañiwa, Triticale, and Farro Seeds as a Function of Moisture Content. *Applied Engineering in Agriculture*, 35(3), 417-429.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.13031/aea.13142>
- Tansakul, A., Kantrong, H., Saengrayup, R., & Sura, P. (2012). Thermophysical Properties of Papaya Puree. *International Journal of Food Properties*, 15(5), 1086-1100. <https://doi.org/10.1080/10942912.2010.513467>
- Tournier, C., Sulmont-Rossé, C., & Guichard, E. (2007). Flavour perception: aroma, taste and texture interactions. In: Global Science Books.
- Walton, D. E., & Mumford, C. J. (1999). Spray Dried Products—Characterization of Particle Morphology. *Chemical Engineering Research and Design*, 77(1), 21-38.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1205/026387699525846>
- Wang, Q., Shi, A., & Shah, F. (2019). 18 - Rheology instruments for food quality evaluation. In J. Zhong & X. Wang (Eds.), *Evaluation Technologies for Food Quality* (pp. 465-490). Woodhead Publishing.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814217-2.00018-4>
- Wee, M. S. M., Matia-Merino, L., Carnachan, S. M., Sims, I. M., & Goh, K. K. T. (2014). Structure of a shear-thickening polysaccharide extracted from the New Zealand black tree fern, *Cyathea medullaris*. *International Journal of Biological Macromolecules*, 70, 86-91.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2014.06.032>
- Wee, M. S. M., Matia-Merino, L., & Goh, K. K. T. (2015). Time- and shear history-dependence of the rheological properties of a water-soluble extract from the fronds of the black tree fern, *Cyathea medullaris*. 59(2), 365-376.  
<https://doi.org/10.1122/1.4905006>

- Wu, Y., Ding, W., Jia, L., & He, Q. (2015). The rheological properties of tara gum (Caesalpinia spinosa). *Food Chemistry*, 168, 366-371. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.07.083>
- Wüstenberg, T. (2014). Rheology of Food Hydrocolloids. In *Cellulose and Cellulose Derivatives in the Food Industry* (pp. 69-90). <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/9783527682935.ch02>
- Wyss, H. M. (2016). Rheology of Soft Materials. In *Fluids, Colloids and Soft Materials* (pp. 149-163). <https://doi.org/10.1002/9781119220510.ch9>
- Yeole, N., Sandhya, P. T., Chaudhari, P. S., & Bhujbal, P. S. (2010). Evaluation of Malva sylvestris and Pedalium murex mucilage as suspending agent. *International Journal of PharmTech Research*, 2, 385-389.
- Zar, P. A., Anwer Bukhari, S., Ali El Enshasy, H., El Adawi, H., & Al Obaid, S. (2022). Compositional analysis and physicochemical evaluation of date palm (Phoenix dactylifera L.) mucilage for medicinal purposes. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 29(2), 774-780. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.10.048>

## **ANEXOS**

**Anexo-I.** Análisis sensorial del mucílago de malva

Nombre

Fecha

**Instrucciones:** Sírvase degustar la primera muestra que corresponde a la referencia (control). Deguste la muestra y luego de enjuagarse la boca deguste las siguientes muestras. Marque con una X la escala que crea conveniente.

Atributo	Escala	MUESTRAS								
		408	504	403	509	304	502	407	404	302
Color	1. Nada intenso									
	2. Poco intenso									
	3. Normal									
	4. Intenso									
	5. Muy intenso									
Aroma	1. Nada intenso									
	2. Poco intenso									
	3. Normal característico									
	4. Intenso									
	5. Muy intenso									
Sabor	1. Disgusta mucho									
	2. Disgusta poco									
	3. Ni gusta ni disgusta									
	4. Gusta poco									
	5. Gusta mucho									
Aceptabilidad	1. Muy desagradable									
	2. Poco desagradable									
	3. Indiferente									
	4. Agradable									
	5. Muy agradable									

**Anexo-II.** Análisis estadístico para grados brix**Anexo-IIa.** Análisis de varianza 95% de confianza

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
<b>EFFECTOS</b>					
<b>PRINCIPALES</b>					
A: Dilución	29,0556	2	14,5278	212,65	0,0000
B: Temperatura	0,388889	2	0,194444	2,85	0,0644
T: Tiempo	2,05556	2	1,02778	15,04	0,0000
RESIDUOS	5,05556	74	0,0683183		
TOTAL	36,5556	80			
(CORREGIDO)					

**Anexo-IIIb.** Prueba de medias del tiempo de extracción por Tukey 95% de confianza

Tiempo	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
t1	27	1,55556	0,0503022	X
t2	27	1,77778	0,0503022	X
t3	27	1,94444	0,0503022	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
t1 - t2	*	-0,222222	0,170153
t1 - t3	*	-0,388889	0,170153
t2 - t3		-0,166667	0,170153

**Anexo-III.** Análisis estadístico para el pH

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
<b>EFFECTOS</b>					
<b>PRINCIPALES</b>					
A: Dilución	2,20416	2	1,10208	46,21	0,0000
B: Temperatura	0,271825	2	0,135912	5,70	0,0050
T: Tiempo	0,0374025	2	0,0187012	0,78	0,4603
RESIDUOS	1,76478	74	0,0238484		
TOTAL	4,27817	80			
(CORREGIDO)					

**Anexo-IV.** Análisis estadístico para la densidad

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
<b>EFFECTOS</b>					
<b>PRINCIPALES</b>					
A: Dilución	0,216556	2	0,108278	39,10	0,0000
B: Temperatura	0,045959	2	0,0229795	8,30	0,0006
C: Tiempo	0,00000204685	2	0,00000102343	0,00	0,9996
RESIDUOS	0,204927	74	0,00276929		
TOTAL	0,467445	80			
(CORREGIDO)					



**Anexo-V. Sólidos totales****Anexo-Va. Sólidos totales (g/L) a diferentes condiciones de extracción**

Dilución	Temperatura (°C)	Tiempo		
		10 min	20 min	30 min
1:20	25	12,39±0,07 <sup>aa</sup>	13,51±0,04 <sup>ba</sup>	14,65±0,09 <sup>ca</sup>
	40	13,51±0,36 <sup>ab</sup>	12,84±0,94 <sup>bb</sup>	14,09±0,53 <sup>cb</sup>
	60	14,50±0,61 <sup>ac</sup>	14,22±0,75 <sup>bc</sup>	15,82±0,23 <sup>cc</sup>
1:15	25	11,38±0,07 <sup>ba</sup>	13,15±0,10 <sup>ca</sup>	14,68±0,05 <sup>aa</sup>
	40	17,29±0,03 <sup>bb</sup>	13,42±0,64 <sup>cb</sup>	20,34±0,11 <sup>ab</sup>
	60	22,89±0,03 <sup>bc</sup>	13,65±0,15 <sup>cc</sup>	17,90±0,32 <sup>ac</sup>
1:10	25	11,32±0,00 <sup>ca</sup>	13,05±0,00 <sup>aa</sup>	14,63±0,00 <sup>ba</sup>
	40	11,32±0,00 <sup>cb</sup>	13,05±0,00 <sup>ab</sup>	14,63±0,00 <sup>bb</sup>
	60	11,32±0,00 <sup>cc</sup>	13,05±0,00 <sup>ac</sup>	14,63±0,00 <sup>bc</sup>

**Anexo-Vb. Análisis de varianza**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
<b>EFFECTOS</b>					
<b>PRINCIPALES</b>					
A: Dilución	134,295	2	67,1475	17,68	0,0000
B: Temperatura	62,5246	2	31,2623	8,23	0,0006
C: Tiempo	81,4853	2	40,7426	10,73	0,0001
RESIDUOS	281,031	74	3,79772		
TOTAL	559,336	80			
(CORREGIDO)					

**Anexo-VI. Análisis sensorial****Anexo-VIa. Prueba de medias para Color por Dilución**

Tiempo	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
A1	135	2,8963	0,095744	X
A2	135	3,19259	0,095744	X
A3	135	3,71852	0,095744	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
A1 - A2		-0,296296	0,318528
A1 - A3	*	-0,822222	0,318528
A2 - A3	*	-0,525926	0,318528

#### Anexo-VIb. Prueba de medias para Aroma por Dilución

Tiempo	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
A1	135	2,80741	0,0861399	X
A2	135	2,8963	0,0861399	XX
A3	135	3,16296	0,0861399	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
A1 - A2		-0,0888889	0,286577
A1 - A3	*	-0,355556	0,286577
A2 - A3		-0,266667	0,286577

#### Anexo-VIc. Prueba de medias para Sabor por Dilución

Tiempo	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
A3	135	2,14815	0,0924996	X
A2	135	2,25926	0,0924996	X
A1	135	2,98519	0,0924996	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
A1 - A2	*	0,725926	0,307735
A1 - A3	*	0,837037	0,307735
A2 - A3		0,111111	0,307735

#### Anexo-VId. Prueba de medias para Aceptabilidad por Dilución

Tiempo	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
A3	135	2,16296	0,0847057	X
A2	135	2,41481	0,0847057	X
A1	135	2,8963	0,0847057	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
A1 - A2	*	0,481481	0,281806
A1 - A3	*	0,733333	0,281806
A2 - A3		0,251852	0,281806

**Anexo-VII.** Análisis estadístico para calor específico

**Anexo-VIIa.** Análisis de varianza 95% de confianza

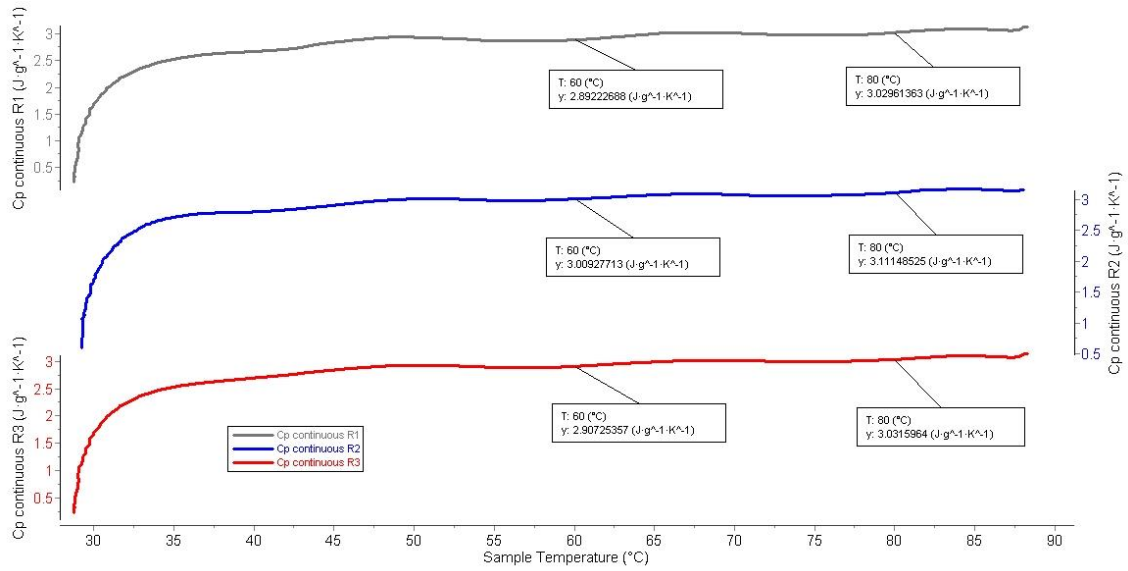
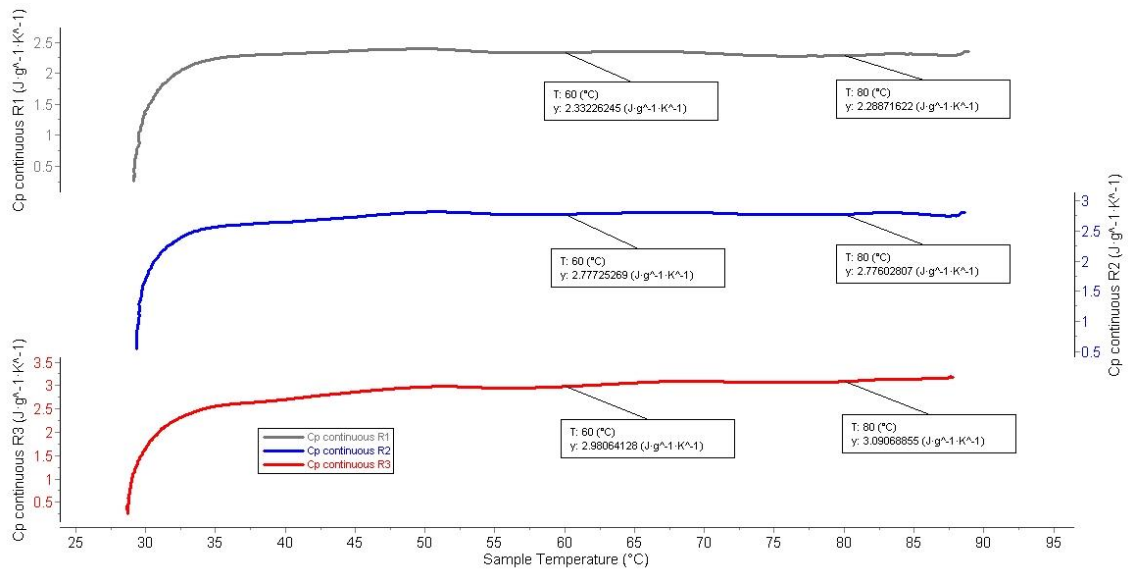
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
<b>EFFECTOS</b>					
<b>PRINCIPALES</b>					
A: Temperatura	0,0340175	2	0,0170088	0,16	0,8553
B: Dilución	1,5777	2	0,788851	7,27	0,0017
C: Temp. Extracción	0,137068	1	0,137068	1,26	0,2665
RESIDUOS	5,20626	48	0,108464		
TOTAL	6,95505	53			
(CORREGIDO)					

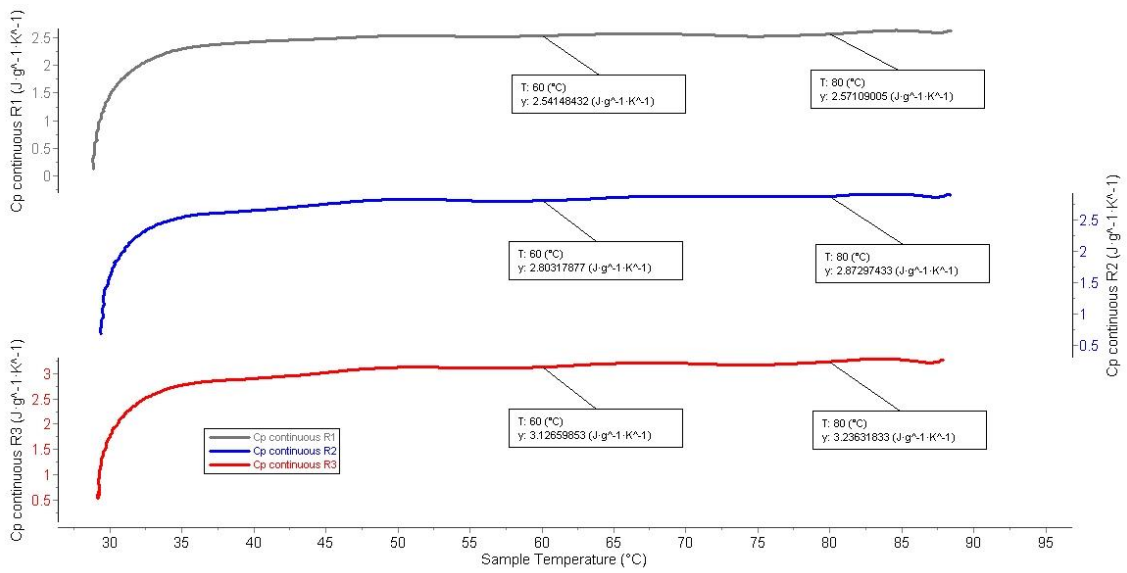
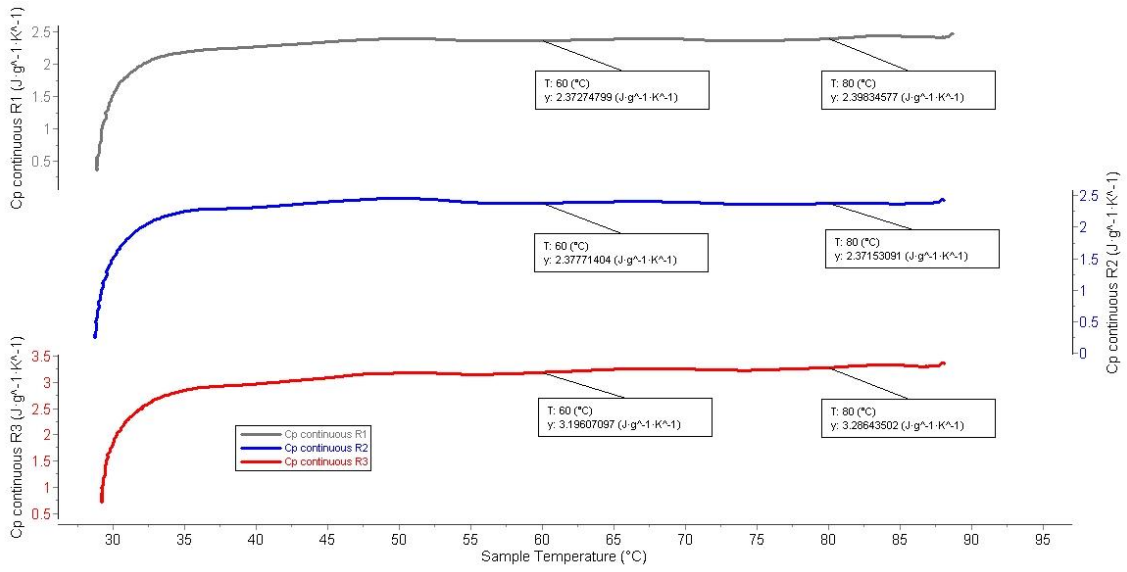
**Anexo-VIIIb.** Prueba de medias para calor específico por Dilución

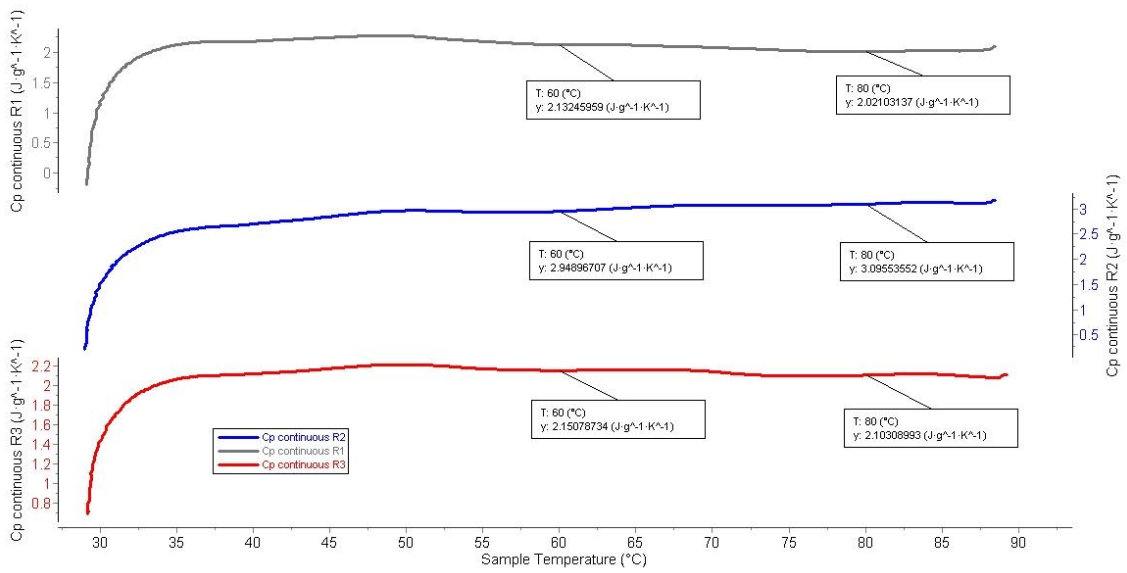
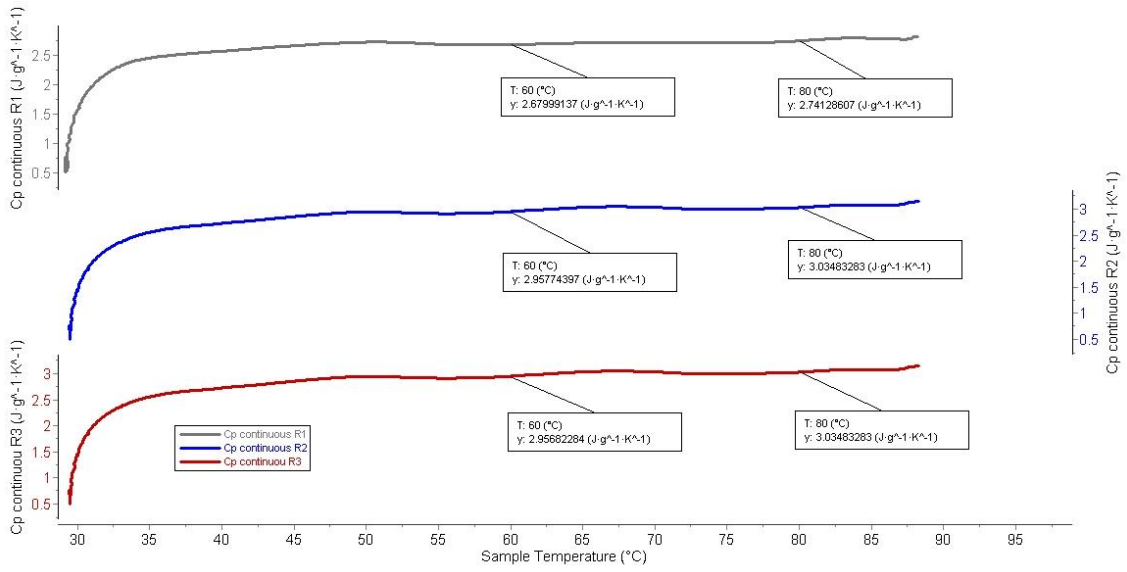
Tiempo	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
D1	18	2,54433	0,0776258	X
D2	18	2,79227	0,0776258	XX
D3	18	2,96048	0,0776258	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
D1 - D2		-0,247944	0,26553
D1 - D3	*	-0,41615	0,26553
D2 - D3		-0,168206	0,26553

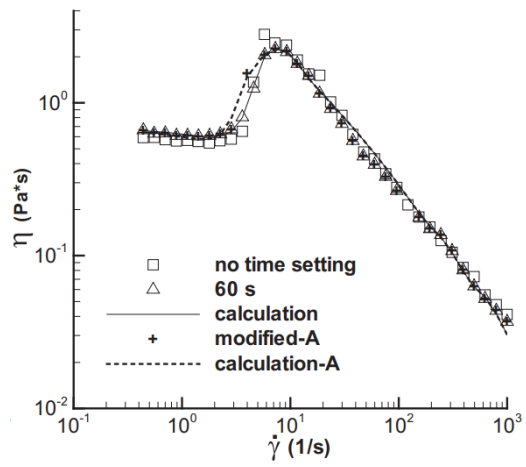
### Anexo-VIIIc. Termogramas







Anexo-VIII. Comportamiento reológico de un extracto de polisacárido en agua a diferentes rangos de velocidad de cizallamiento.



Anexo-X. Galería fotográfica