



**UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA Y TECNOLOGÍAS**

**ARTÍCULO CIENTÍFICO PREVIO A LA OBTENCIÓN DE TÍTULO DE  
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**TEMA:**

Efecto de temperaturas de fritura en las características reológicas de aceites comestibles.

**AUTOR:**

Santos Cedeño Kenny Sebastián.

**TUTOR:**

José Luis Coloma PhD

**MANTA – MANABI – ECUADOR**

**2024(2)**

## DECLARACIÓN EXPRESA DE AUTORÍA

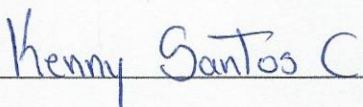
Yo, Santos Cedeño Kenny Sebastián con C.I 1351523632 declaro que el presente trabajo de titulación denominado **“Efecto de temperaturas de frituras en las características reológicas de aceites comestibles”**, es de mi autoría.

Asimismo, autorizamos a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí para que realice la digitalización y publicación de este proyecto en el repositorio digital de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la ley Orgánica de Educación Superior.


La responsabilidad del contenido presente en este estudio corresponde exclusivamente a mi autoría y el patrimonio intelectual de la investigación pertenecerá a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

Manta, 12 de febrero de 2025

Lo certifico:



Santos Cedeño Kenny Sebastián.

 <b>Uleam</b> UNIVERSIDAD LAICA "ELOY ALFARO" DE MANABÍ	<b>NOMBRE DEL DOCUMENTO:</b> CERTIFICADO DE TUTOR(A)	<b>CÓDIGO:</b> PAT-04-F-004
	<b>PROCEDIMIENTO:</b> TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO BAJO LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	<b>REVISIÓN:</b> 1 Página 1 de 1

## CERTIFICACIÓN

En la calidad de docente tutor(a) de la Facultad Ciencias de la Vida y tecnología sede Manta de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular y/o Examen de carácter bajo la autoría del estudiante Santos Cedeño Kenny Sebastián, legalmente matriculado en la carrera de Agroindustria, periodo académico 2024-2025, cumpliendo el total de 400 horas, cuyo tema del proyecto o núcleo problemático es " Efecto de temperaturas de fritura en las características reológicas de aceites comestibles".

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad del mismo, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certificado para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Manta 06 de enero de 2025

Lo certifico,



José Luis Coloma PhD

**Docente Tutor(a)**


**Área: Agroindustrial**

**UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABI**  
**FACULTAD CIENCIAS DE LA VIDA Y TECNOLOGIAS**

**APROBACION DEL TRIBUNAL DE GRADO**

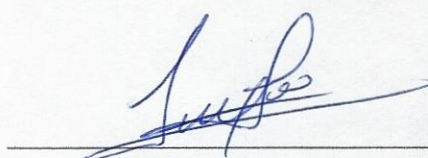
Los honorables Miembros del Tribunal Examinador aprueban el proyecto de investigación con el tema: “Efecto de temperaturas de frituras en las características reológicas de aceites comestibles” del estudiante de la carrera de Ingeniería Agroindustrial: **Santos Cedeño Kenny Sebastián**, luego de haber sido analizado por los señores miembros del tribunal Examinador, en cumplimiento de lo que establece la Ley se aprueba el trabajo de titulación.

Por constancia firman:



---

Lic. Dolores Muñoz Verduga, Ph.D  
**PRESIDENTA DEL TRIBUNAL**



---

Ing. Edison Lavayen Delgado, Mg  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



---

Ing. Robert Mero Santana, Mg  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

## **Efecto de temperaturas de fritura en las características reológicas de aceites comestibles.**

Santos Cedeño Kenny Sebastián, Coloma Hurel José Luis.

*Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Facultad de Ciencias de la Vida y Tecnología, Manta, Ecuador*

**Resumen:** La fritura, proceso ampliamente utilizado en la preparación de alimentos, genera cambios significativos en los aceites vegetales debido a la oxidación, polimerización e hidrólisis, afectando su calidad y propiedades reológicas. Este estudio evaluó el efecto de las temperaturas de fritura y los ciclos térmicos sobre las características reológicas de dos aceites comestibles: girasol y oliva extra virgen. Utilizando un diseño factorial completamente al azar, se analizaron la viscosidad y el modelo matemático de fluido durante cuatro ciclos de fritura con rodajas de plátano como modelo de alimento. Los resultados mostraron que el aceite de girasol es más susceptible a la degradación, con una disminución progresiva de la viscosidad atribuida a la volatilización y pérdida de compuestos a mayores temperaturas y ciclos. En contraste, el aceite de oliva evidencia mayor estabilidad térmica, manteniendo un comportamiento consistente incluso bajo condiciones extremas. Ambos aceites exhibieron características mayoritariamente newtonianas. Estos hallazgos resaltan la importancia de controlar los parámetros térmicos para preservar la calidad de los aceites comestibles, subrayando la viscosidad como un indicador clave del deterioro y calidad durante la fritura.

**Palabras clave:** reología, viscosidad, estabilidad oxidativa, comportamiento de fluidos.

### **Effect of frying temperatures on the rheological characteristics of edibles oils.**

**Abstract:** Frying, a process widely used in food preparation, generates significant changes in vegetable oils due to oxidation, polymerization and hydrolysis, affecting their quality and rheological properties. This study evaluated the effect of frying temperatures and thermal cycles on the rheological characteristics of two edible oils: sunflower and extra virgin olive. Using a completely randomized factorial design, viscosity and mathematical fluid model were analyzed during four frying cycles with banana slices as food models. The results showed that sunflower oil is more susceptible to degradation, with a progressive decrease in viscosity attributed to volatilization and loss of compounds at higher temperatures and cycles. In contrast, olive oil evidenced greater thermal stability, maintaining consistent behavior even under extreme conditions. Both oils exhibited mostly Newtonian characteristics. These findings highlight the importance of controlling thermal parameters to preserve the quality of edible oils, highlighting viscosity as a key indicator of deterioration and quality during frying.

**Keywords:** rheology, viscosity, oxidative stability, fluid behavior.

## 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la fritura es un método ampliamente utilizado para cocinar alimentos como papas fritas, snacks, etc., en el cual los aceites vegetales desempeñan un papel crucial como conductores de calor, alcanzando temperaturas entre los 150°C y 200°C. Los diferentes factores implicados en el proceso de fritura, junto con las propiedades intrínsecas de los aceites, pueden generar transformaciones en los lípidos que los componen. Esto puede originar compuestos tóxicos debido a procesos como la oxidación, hidrólisis y polimerización, los cuales no solo impactan negativamente la salud del consumidor, sino que también modifican las características organolépticas y reducen la calidad de los aceites (Villacrés Pérez y Córdova Suárez 2022).

La fritura es el principal uso de los aceites vegetales en la cocina, donde el aceite no solo transfiere calor a los alimentos, sino que también les aporta sabor, textura y apariencia. Desde el punto de vista químico, la fritura es un proceso de deshidratación que se caracteriza por su corto tiempo de cocción debido a la rápida transferencia de calor, la temperatura interna del alimento que no supera los 100°C, y la absorción de grasa por parte del alimento (Ciappini et al. 2016).

El aceite de oliva extra virgen destaca por sus valiosas propiedades nutricionales y organolépticas, lo que lo convierte en una de las grasas vegetales más apreciadas. Su proceso de extracción, basado en métodos mecánicos que no alteran sus características, justifica su precio elevado en comparación con otros aceites vegetales. Rico en grasas monoinsaturadas, como el ácido oleico, se asocia a beneficios para la salud cardiovascular al mejorar los niveles de colesterol. Además, contiene antioxidantes y vitamina E, con un sabor que varía dependiendo de la variedad de aceituna y el grado de refinamiento (Alfaro 2016).

El aceite de girasol, extraído de las semillas de girasol, es rico en ácidos grasos insaturados, principalmente oleico y linoleico, representando hasta el 90% de su composición. Es una fuente abundante de grasas poliinsaturadas, especialmente omega – 6, lo cual es importante,

aunque debe equilibrarse con el consumo de omega – 3 en la dieta. Su suave sabor y alto punto de humo lo hacen ideal para freír, hornear y saltar. Sin embargo, debido a su alta insaturación, es propenso a la oxidación y al enranciamiento, lo que se mitiga con la adición de antioxidantes como la vitamina E. A pesar de ser útil en frituras, sufre deterioro con el uso repetido, lo que puede afectar la calidad del aceite y los alimentos (Díaz Gómez et al. 2009)

Una de las principales limitaciones de los lípidos es su baja estabilidad a lo largo del tiempo, ya que se oxidan fácilmente, lo que representa uno de los procesos más importantes en los alimentos y un foco de numerosas investigaciones. La degradación de los lípidos afecta la calidad, sabor, aroma y valor nutricional de los alimentos, y su estudio permite comprender los mecanismos detrás de la formación de productos de deterioro. Factores como la temperatura, la exposición al oxígeno, la luz y ciertas reacciones enzimáticas o no enzimáticas provocan transformaciones que pueden impactar tanto la seguridad alimentaria como la salud del consumidor (Vela et al. 2023).

La degradación de los aceites durante la fritura, está estrechamente relacionada con un aumento en la viscosidad, y este cambio es utilizado como indicador del deterioro durante la fritura. A través de múltiples ciclos de fritura, los aceites experimentan reacciones químicas complejas que generan compuestos no volátiles, como surfactantes y triglicéridos de mayor tamaño molecular, lo cual incrementa su viscosidad (Kalogianni et al. 2011). Así mismo hay reacciones intensas como la polimerización y el aumento en la longitud de los ácidos grasos, lo cual también refleja un incremento de la viscosidad del aceite. Estos cambios en la viscosidad afectan las propiedades físicas y químicas del aceite, y su grado de variación está determinado por condiciones específicas de la fritura, como la temperatura inicial, la carga de fritura y la duración de la fritura (Lioumbas et al. 2012).

La evaluación de la degradación de los aceites durante los procesos de fritura es fundamental para comprender los cambios que afectan tanto su calidad como la seguridad alimentaria. Por lo tanto, el presente artículo tiene como finalidad la

evaluación de la viscosidad de los aceites sometidos a procesos de fritura, como parámetro de degradación de los mismos.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Materia prima

Para el desarrollo de estos análisis se utilizó el aceite de girasol y el aceite de oliva extra – virgen. Los cuales fueron adquiridos en un supermercado de la ciudad de Manta.

### 2.2. Diseño experimental

#### 2.2.1. Variables

Las variables independientes se encuentran distribuidas en dos factores:

Factor A: tipo de aceite

- Aceite de oliva extra virgen (AO).
- Aceite de girasol (AG).

Factor B: temperaturas de fritura

- 140°C
- 160°C
- 180°C
- 200°C

Factor C: ciclos de fritura

- Ciclo 1
- Ciclo 2
- Ciclo 3
- Ciclo 4

Por otro lado, las variables dependientes se definieron como el tipo de fluido y la viscosidad.

#### 2.2.2. Tipo de diseño

Para esta investigación se realizó un diseño factorial con tres factores completamente al azar. Con el factor A que tuvo 2 niveles mientras que el factor B tuvo 4 niveles y del mismo modo el factor C tuvo 4 niveles (Tabla 1). Se trabajó con unidades experimentales de 500ml de aceite y el tiempo de fritura fue de 5 minutos.

Para cada tratamiento se realizaron 4 ciclos de fritura y por cada ciclo los análisis se realizaron por triplicado. Y se utilizó 500g de rodajas de plátano de aproximadamente 5mm, en cada ciclo de fritura.

Tabla 1. Tratamientos de estudio del diseño experimental

Simbología	Tratamiento
Control	AO sin tratamiento térmico
T1	AO + 140°C + C1
T2	AO + 140°C + C2
T3	AO + 140°C + C3
T4	AO + 140°C + C4
T5	AO + 160°C + C1
T6	AO + 160°C + C2
T7	AO + 160°C + C3
T8	AO + 160°C + C4
T9	AO + 180°C + C1
T10	AO + 180°C + C2
T11	AO + 180°C + C3
T12	AO + 180°C + C4
T13	AO + 200°C + C1
T14	AO + 200°C + C2
T15	AO + 200°C + C3
T16	AO + 200°C + C4
Control	AG sin tratamiento térmico
T17	AG + 140°C + C1
T18	AG + 140°C + C2
T19	AG + 140°C + C3
T20	AG + 140°C + C4
T21	AG + 160°C + C1
T22	AG + 160°C + C2
T23	AG + 160°C + C3
T24	AG + 160°C + C4
T25	AG + 180°C + C1
T26	AG + 180°C + C2
T27	AG + 180°C + C3
T28	AG + 180°C + C4
T29	AG + 200°C + C1
T30	AG + 200°C + C2
T31	AG + 200°C + C3
T32	AG + 200°C + C4

#### 2.2.3. Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza al 5%. Así mismo se realizó un análisis de comparación de medidas Tukey ( $p < 0.05$ ). El análisis estadístico se realizó con la ayuda del software Infostat (2019). En la Tabla 2 se muestra el esquema del análisis de varianza (ADEVA).

Tabla 2. Esquema del ADEVA

Fuente de variación		G.L.
Total	$t * r - 1$	101

Tratamiento	$t - 1$	33
Repeticiones	$r - 1$	2
Factor A	$FA - 1$	1
Factor B	$FB - 1$	3
Factor C	$FC - 1$	3
Factor A*B	$FA * FB$	8
Factor A*C	$FA * FC$	8
Factor B*C	$FB * FC$	16
Error experimental	$(t - 1)(r - 1)$	66

### 2.3. Métodos de análisis

#### 2.3.1. Determinación del modelo matemático

Se realizó en un viscosímetro marca Brookfield (USA). Se tomó medidas del esfuerzo cortante a 6, 12, 30 y 60 revoluciones por minuto (rev/min). A partir de estos datos, se determinó el índice de consistencia y comportamiento para definir el modelo matemático que caracterice el comportamiento del fluido. (Singh y R. Heldman 2009)

#### 2.3.2. Determinación de la viscosidad

Se obtuvo por medición directa a través de un viscosímetro marca Brookfield (USA). A diferentes velocidades de rotación.

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 3 se presentan los valores promedios de la viscosidad obtenidos como las muestras control del aceite de girasol y el aceite de oliva. Estos valores iniciales reflejan las características intrínsecas de cada aceite no sometidas a tratamiento térmico, sirviendo como referencia para evaluar el impacto de los ciclos de calentamiento.

Tabla 3. Resultados de la viscosidad expresado como el  $\bar{x} \pm \sigma$  de las muestras control.

TRATAMIENTOS CONTROL		
Revoluciones (rpm)	Viscosidad (mPa.s)	
	Aceite de Girasol	Aceite de Oliva
6	58.00±1.57	64.50±0.00
12	55.10±0.82	61.07±0.58
30	52.73±0.99	58.17±0.31
60	51.27±0.75	57.50±0.17

### 3.1. Efecto de la temperatura de fritura en la viscosidad del aceite de girasol y aceite de oliva

La viscosidad del aceite de girasol se vió afectada por la temperatura de fritura utilizada. A medida que aumentó la temperatura de fritura desde 140°C hasta 200°C, la viscosidad disminuyó independientemente de los esfuerzos cortantes aplicados para realizar las mediciones (Tabla 4). Las temperaturas de 140, 160 y 180 °C no produjeron diferencias significativas. Sin embargo, cuando la temperatura aplicada fue de 200°C se observaron diferencias significativas. Además, el tratamiento control fue significativamente diferente comparado con todos los tratamientos en donde se aplicó alta temperatura, demostrando la degradación que ocurre al calentar los aceites.

En el caso del aceite de oliva se observó valores de viscosidad más consistencia en comparación con los obtenidos en el aceite de girasol. Las temperaturas de 140 y 200°C no mostraron diferencia significativa entre sí, aunque si presentaron diferencia significativa con relación a las muestras control. Por otro lado, las temperaturas de 160 y 180°C no exhibieron diferencia significativa entre si ni entre las muestras control (Tabla 5). Demostrando que el aceite de oliva presenta una mayor estabilidad que el aceite de girasol.

El presente estudio muestra una ligera disminución en la viscosidad del aceite de girasol y del aceite de oliva, aunque menos notorio en el aceite de oliva, cuando estos se sometieron a temperaturas más altas. Esto se debe probablemente a la pérdida de compuestos volátiles como agua, aldehídos, cetonas lo cual puede causar disminución de a la viscosidad del aceite. Además, a mayor temperatura es probable la degradación o volatilización de moléculas grandes y menos estables como componentes insaponificables o ciertos triglicéridos, lo cual también puede contribuir a la disminución de viscosidad observada.

Esta disminución en la viscosidad también ha sido reportada en las investigaciones de Siddique et al. (2015) y de Sahasrabudhe et al. (2017), en donde mostraron esta situación tanto en el aceite de



oliva, palma, soja, canola, maíz y maní. Mencionan que la disminución de la viscosidad se ve favorecida por el aumento de la temperatura ya que este aumento favorece el movimiento de las moléculas y reduce las fuerzas intermoleculares, por lo que las capas del fluido se superponen fácilmente y contribuyen a reducir la viscosidad.

Ya que la viscosidad del aceite depende de su estructura molecular y disminuye con la insaturación de los ácidos grasos mientras que aumenta con la saturación de los ácidos grasos de cadena larga en las moléculas de TAG (triacilglicerolos).

Tabla 4. Efecto de la temperatura de fritura en la viscosidad del aceite de girasol. Resultados expresados como la  $\bar{x} \pm \sigma$ .

ACEITE DE GIRASOL					
Temperatura	Ciclo	Viscosidad (mPa.s)			
		6 rpm	12 rpm	30 rpm	60 rpm
140 °C	1	49.47±2.57 B	46.57±2.70 B	43.57±1.62 B	42.87±1.46 B
160 °C	1	48.43±1.53 B	43.47±2.70 B	39.87±3.36 B	39.43±3.18 B
180 °C	1	43.33±4.61 A, B	40.23±4.61 A, B	38.87±4.17 A, B	38.03±4.31 A, B
200 °C	1	36.83±2.05 A	33.73±2.24 A	31.90±3.12 A	31.87±2.65 A
Control		58 C	55.1 C	52.73 C	51.27 C

Las letras mayúsculas demuestran diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en cada velocidad de rotación utilizada

Tabla 5. Efecto de la temperatura de fritura en la viscosidad del aceite de girasol. Resultados expresados como la  $\bar{x} \pm \sigma$ .

ACEITE DE OLIVA					
Temperatura	Ciclo	Viscosidad (mPa.s)			
		6 rpm	12 rpm	30 rpm	60 rpm
140 °C	1	45.37±6.17 A	42.47±5.56 A	41.10±5.35 A	40.00±5.21 A
160 °C	1	64.10±5.89 B	61.43±5.34 B	60.00±5.54 B	59.87±5.69 B
180 °C	1	45.33±0.58 B	43.33±0.58 B	42.00±0.75 B	42.40±0.80 B
200 °C	1	46.40±5.19 A	43.67±3.92 A	42.67±4.41 A	41.93±4.23 A
Control		64.50 B	61.07 B	58.17 B	57.50 B

### 3.2. Efecto de los ciclos de fritura en la viscosidad del aceite de girasol y aceite de oliva.

La viscosidad del aceite de girasol se alteró debido a los ciclos de fritura aplicados. A medida que la temperatura aumentó de 140 a 200 °C, se observa una tendencia general a la disminución de la viscosidad, lo que evidencia la degradación del aceite por exposición al calor (Tabla 6). A 140 °C, los valores de viscosidad mostraron diferencias significativas entre las muestras control y 4 ciclos de fritura evaluados; no obstante, en los ciclos 1 y 2, a velocidades de rotación de 12, 30 y 60 rpm, se presentan diferencias significativas respecto a los demás ciclos y las muestras control. A 160 °C y velocidades de rotación de 6, 30 y 60 rpm, se

observó diferencias significativas entre el primer y el cuarto ciclo de fritura, mientras que a 12 rpm no se observó diferencias significativas entre ciclos de fritura pero sí con respecto a la muestra control. Similar comportamiento se observó a 180 °C en donde existieron diferencias significativas en varias mediciones. Sin embargo, a 200 °C, aunque la viscosidad disminuyó, no se evidenciaron diferencias significativas entre los ciclos de fritura, pero, al igual que en las demás temperaturas, se detectaron diferencias significativas en comparación con las muestras control.

En el caso del aceite de oliva, presentó un comportamiento similar al del aceite de girasol, con una tendencia a la disminución de la

viscosidad, pero de manera más uniforme. A 140 °C y 200 °C no se observaron diferencias significativas en la viscosidad, independientemente del aumento de los ciclos o la velocidad de rotación; sin embargo, sí se registraron diferencias significativas en comparación con las muestras control en ambas temperaturas. A 160 °C, los ciclos 1 y 4 no mostraron diferencias significativas entre sí con las muestras control. A 180 °C, se evidenciaron diferencias significativas entre los ciclos de fritura y también con respecto a las muestras control.

Contrario a lo observado en el presente estudio, según Aydınkaptan y Mazi (2017), reportaron en su investigación un aumento en la viscosidad en el aceite de girasol tras varios ciclos de fritura de intermitente que se repitió 15 veces al día durante

5 días. El aumento lo atribuyeron a la degradación del aceite durante el proceso de fritura. A media que se sometieron a altas temperaturas (180°C) y ciclos repetidos de fritura, se produjeron reacciones químicas que dieron lugar a la creación de enlaces tipo éter entre triglicéridos, la acumulación de compuestos polares y polímeros.

Por otro lado, como se observa en las tablas en ciertos puntos de los ciclos se observa un aumento en la viscosidad tanto en aceite de girasol (ciclo 2, 3 y 4 a 6 rpm a 160°C), como en el de oliva (ciclo 1 y 4 a 160°C), que de acuerdo con la investigación de Assefa et al. (2024) la recuperación de viscosidad observada en algunos casos podría deberse a la polimerización de ácidos grasos oxidados, que contribuiría a aumentar la viscosidad temporalmente en un sistema ya degradado.

Tabla 6. Efecto de ciclos de fritura a diferente temperatura en la viscosidad del aceite de girasol. Resultados expresados como la  $\bar{x} \pm \sigma$ .

ACEITE DE GIRASOL					
Temperatura	Ciclo	Viscosidad (mPa.s)			
		6 rpm	12 rpm	30 rpm	60 rpm
140 °C	1	49.47±2.57 A	46.57±2.70 B	43.57±1.62 B	42.87±1.46 B
	2	47.40±5.24 A	42.10±2.31 A,B	40.07±2.05 A,B	39.17±2.10 A,B
	3	45.37±2.37 A	39.57±0.29 A	38.53±0.47 A	37.63±0.23 A
	4	42.93±1.79 A	37.50±2.14 A	36.31±2.07 A	35.43±1.96 A
<b>Control</b>		<b>58 ± 1,57 B</b>	<b>55,1 ± 0,82 C</b>	<b>52,73 ± 0,99 C</b>	<b>51,27 ± 0,75 C</b>
160 °C	1	48.43±1.53 A	43.47±2.70 A	39.87±3.36 B	39.43±3.18 B
	2	51.50±2.56 A,B	42.77±2.42 A	36.20±1.20 A,B	36.23±0.81 A,B
	3	56.30±4.45 A,B	41.60±3.80 A	34.83±2.40 A,B	35.23±0.65 A,B
	4	59.03±4.73 B	45.33±1.15 A	31.30±1.64 A	33.80±1.32 A
<b>Control</b>		<b>58 ± 1,57 B</b>	<b>55,1 ± 0,82 B</b>	<b>52,73 ± 0,99 C</b>	<b>51,27 ± 0,75 C</b>
180 °C	1	43.33±4.61 A,B	40.23±4.61 C	38.87±4.17 B	38.03±4.31 B
	2	34.77±4.69 A	31.70±0.50 A	31.00±1.73 A	30.13±1.16 A
	3	41.97±2.70 A,B	32.73±2.70 A,B	32.33±2.28 A	31.03±2.05 A
	4	47.03±4.47 B	38.37±1.05 B,C	36.90±1.21 A,B	35.37±1.15 A,B
<b>Control</b>		<b>58 ± 1,57 C</b>	<b>55,1 ± 0,82 D</b>	<b>52,73 ± 0,99 C</b>	<b>51,27 ± 0,75 C</b>
200 °C	1	36.83±2.05 A	33.73±2.24 A	31.90±3.12 A	31.87±2.65 A
	2	32.73±2.05 A	30.50±2.81 A	29.73±2.71 A	29.27±2.08 A
	3	34.77±4.47 A	33.07±3.67 A	31.53±4.39 A	31.10±4.09 A
	4	34.43±2.57 A	32.07±2.30 A	31.13±2.37 A	30.63±1.86 A
<b>Control</b>		<b>58 ± 1,57 B</b>	<b>55,1 ± 0,82 B</b>	<b>52,73 ± 0,99 B</b>	<b>51,27 ± 0,75 B</b>

Tabla 7. Efecto de ciclos de fritura a diferente temperatura en la viscosidad del aceite de oliva. Resultados expresados como la  $\bar{x} \pm \sigma$ .

ACEITE DE OLIVA					
Temperatura	Ciclo	Viscosidad (mPa.s)			
		6 rpm	12 rpm	30 rpm	60 rpm
140 °C	1	45.37±6.17 A	42.47±5.56 A	41.10±5.35 A	40.00±5.21 A
	2	45.67±3.61 A	42.80±4.10 A	40.90±4.51 A	39.83±4.26 A
	3	44.33±3.15 A	41.80±3.11 A	40.23±3.35 A	39.40±3.30 A
	4	37.88±1.05 A	35.47±1.61 A	34.07±1.67 A	33.60±1.91 A
Control		<b>64,50 ± 0,00 B</b>	<b>61,07 ± 0,58 B</b>	<b>58,17 ± 0,31 B</b>	<b>57,50 ± 0,17 B</b>
160 °C	1	64.10±5.89 C	61.43±5.34 C	60.00±5.54 C	59.87±5.69 C
	2	47.77±3.15 A,B	46.03±2.55 A,B	44.53±2.40 A,B	44.97±1.96 A,B
	3	41.60±2.14 A	40.27±2.81 A	39.20±2.57 A	39.67±2.87 A
	4	60.00±8.71 B,C	57.47±8.98 B,C	55.67±8.55 B,C	55.37±8.38 B,C
Control		<b>64,50 ± 0,00 C</b>	<b>61,07 ± 0,58 C</b>	<b>58,17 ± 0,31 C</b>	<b>57,50 ± 0,17 B,C</b>
180 °C	1	45.33±0.58 B	43.33±0.58 B	42.00±0.75 B	42.40±0.80 B
	2	37.83±2.05 A	34.80±1.83 A	31.93±0.75 A	33.13±1.11 A
	3	52.57±2.61 C	49.63±2.21 C	48.13±3.02 C	47.30±3.32 B
	4	42.27±3.56 A, B	38.70±3.06 A,B	37.03±2.85 A,B	36.40±2.81 A
Control		<b>64,50 ± 0,00 D</b>	<b>61,07 ± 0,58 D</b>	<b>58,17 ± 0,31 D</b>	<b>57,50 ± 0,17 C</b>
200 °C	1	46.40±5.19 A	43.67±3.92 A	42.67±4.41 A	41.93±4.23 A
	2	42.63±0.64 A	39.57±0.58 A	38.20±0.95 A	37.77±0.97 A
	3	41.93±2.05 A	39.03±2.07 A	37.60±2.14 A	37.47±2.22 A
	4	47.40±3.11 A	44.33±3.15 A	43.30±3.53 A	42.53±3.14 A
Control		<b>64,50 ± 0,00 B</b>	<b>61,07 ± 0,58 B</b>	<b>58,17 ± 0,31 B</b>	<b>57,50 ± 0,17 B</b>

### 3.3. Índice de comportamiento (n) y de consistencia (k) del aceite de girasol

El índice de comportamiento (n) y de consistencia (k) proporcionan la información que permite determinar si el fluido se comporta como un fluido newtoniano o no newtoniano y como la temperatura y la exposición repetida al calor afectan sus propiedades.

En la Tabla 8, se muestra que a la temperatura de 140°C el aceite mantiene un índice de comportamiento (n) constante, lo cual es congruente con un fluido newtoniano. Sin embargo, a la temperatura 160°C en el ciclo 2, 3 y 4, el aceite mostró una ligera disminución en su índice de comportamiento con la exposición térmica, lo cual se puede acercarse a ser interpretado como un comportamiento no newtoniano (pseudoplástico).

Según Escobar Harvez (2008) en su investigación explica que el comportamiento pseudoplástico se produce en ocasiones debido a un rompimiento inicial de la estructura de los lípidos producto de la velocidad de cizalladura, lo cual determina una disminución en la cantidad de disolvente inmovilizado por partículas y disminución de la resistencia al flujo.

Por otro lado, a temperaturas más altas (180°C y 200°C), el comportamiento del aceite se estabiliza y aunque el índice de consistencia disminuye, el índice de comportamiento del fluido muestra menos variación.

Sin embargo, en general los resultados se encuentran en una estabilidad razonable consistente a ser relacionado con un fluido newtoniano.

Tabla 8. Resultados del Índice de comportamiento (n) y Índice que consistencia (k), a diferentes temperaturas y ciclos de fritura, en el aceite de girasol.

ACEITE DE GIRASOL			
Temperatura	Ciclo	n	K
140 °C	1	0.9364	47.5773
	2	0.9211	44.4120
	3	0.9260	42.2571
	4	0.9232	39.9945
160 °C	1	0.9100	45.3733
	2	0.8433	45.9092
	3	0.7978	47.3042
	4	0.7357	49.1813
180 °C	1	0.9459	41.5815
	2	0.9430	33.1207
	3	0.8850	37.0766
	4	0.8873	42.3253
200 °C	1	0.9374	34.9945
	2	0.9542	31.5065
	3	0.9511	33.6977
	4	0.9518	33.1131

### 3.4. Índice de comportamiento (n) y de consistencia (k) del aceite de oliva

En la Tabla 9, los resultados indican que el aceite de oliva mantiene un comportamiento newtoniano en un amplio rango de temperaturas y ciclos de calentamiento, lo que lo hace menos sensible al esfuerzo cortante y sugiere una mayor estabilidad en comparación con el aceite de girasol. Sin embargo, el índice de consistencia (k) evidencia ligeros cambios, especialmente a temperaturas más altas, donde las reacciones de degradación y polimerización parecen tener un impacto marcado.

Según lo que se menciona en la investigación de Fasina y Colley (2008), los aceites con altos contenidos de grasas monoinsaturadas como el de oliva, presentan un comportamiento newtoniano, esta estabilidad se ve reforzada por la presencia de antioxidantes naturales, que previene la degradación rápido del aceite incluso a altas temperaturas.

Tabla 9. Resultados del Índice de comportamiento (n) y Índice que consistencia (k), a diferentes temperaturas y ciclos de fritura, en el aceite de oliva.

ACEITE DE OLIVA			
Temperatura	Ciclo	n	K
140 °C	1	0.9479	43.7220
	2	0.9420	43.9643
	3	0.9501	42.8450
	4	0.9495	36.4418
160 °C	1	0.9709	62.5605
	2	0.9724	46.6874
	3	0.9782	40.7850
	4	0.9651	58.4790
180 °C	1	0.9703	44.1367
	2	0.9374	35.8592
	3	0.9558	50.8862
	4	0.9374	40.2254
200 °C	1	0.9586	44.8952
	2	0.9493	40.8978
	3	0.9522	40.2717
	4	0.9559	45.7193

## 4. CONCLUSIONES

La presente investigación permitió establecer que la viscosidad de los aceites comestibles, como el de girasol y el de oliva extra virgen, está directamente influenciada por las condiciones térmicas de los ciclos de fritura y la velocidad de rotación utilizada para la medición de la viscosidad. Estos cambios reflejan la interacción compleja entre la degradación química de los lípidos y las fuerzas intermoleculares en el sistema.

El análisis del índice de comportamiento evidenció que ambos aceites, en su mayoría, mantienen características propias de fluidos newtonianos bajo diferentes temperaturas y ciclos de fritura, aunque se observaron ligeras transiciones hacia un comportamiento pseudoplástico en condiciones específicas, particularmente en el aceite de girasol. La estabilidad relativa del aceite de oliva frente al

girasol, atribuida a su composición intrínseca y antioxidantes naturales, resalta la importancia de estos factores en la resistencia al deterioro térmico.

Estos hallazgos subrayan la necesidad de adoptar prácticas de manejo de aceites que minimicen su deterioro durante la fritura, tanto para conservar sus propiedades funcionales como para salvar la calidad alimentaria y la salud del consumidor.

## 5. REFERENCIAS

- Alfaro, JDB. 2016. El método NIR combinado con el análisis quimiométrico PLS-da para determinar la adulteración del aceite de oliva con aceite de girasol. *Pensamiento Actual* 16(26):163-172. DOI: <https://doi.org/10.15517/pa.v16i26.25764>.
- Assefa, D; Dessalegn, E; Abegaz, K. 2024. Effect of kesse, koseret, and tosign extract treatments on the oxidative stability of oil during the repeated frying of potato chips. *Heliyon* 10(17):e36868. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e36868>.
- Aydıncıktan, E; Mazı, IB. 2017. Monitoring the physicochemical features of sunflower oil and French fries during repeated microwave frying and deep-fat frying. *Grasas y Aceites* 68(3):e202-e202. DOI: <https://doi.org/10.3989/gya.1162162>.
- Ciappini, MC; Gatti, MB; Cabreriso, MS; Chaín, P. 2016. Modificaciones fisicoquímicas y sensoriales producidas durante las frituras domésticas sobre aceite de girasol refinado y aceite de oliva virgen extra. *Invenio* 19(37):153-161.
- Díaz Gómez, MF; Ledea Lozano, OE; Gómez Regüiferio, M; Garcés Mancheño, R; Alaiz Barragán, MS; Martínez Force, E. 2009. Estudio comparativo de la ozonización de aceites de girasol modificados genéticamente y sin modificar. *Química Nova* 32:2467-2472. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422009000900041>.
- Escobar Harvez, FE. 2008. Comportamiento reológico de algunos lípidos en estado de pureza técnica y de sus mezclas (en línea). Universidad Austral De Chile . Disponible en <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2008/fae.74c/doc/fae.74c.pdf>.
- Fasina, OO; Colley, Z. 2008. Viscosity and Specific Heat of Vegetable Oils as a Function of Temperature: 35°C to 180°C. *International Journal of Food Properties* 11(4):738-746. DOI: <https://doi.org/10.1080/10942910701586273>.
- Kalogianni, EP; Karapantsios, TD; Miller, R. 2011. Effect of repeated frying on the viscosity, density and dynamic interfacial tension of palm and olive oil. *Journal of Food Engineering* 105(1):169-179. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.02.021>.
- Lioumbas, JS; Ampatzidis, C; Karapantsios, TD. 2012. Effect of potato deep-fat frying conditions on temperature dependence of olive oil and palm oil viscosity. *Journal of Food Engineering* 113(2):217-225. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.06.001>.
- Sahasrabudhe, SN; Rodriguez-Martinez, V; O'Meara, Meghan; Farkas, BE. 2017. Density, viscosity, and surface tension of five vegetable oils at elevated temperatures: Measurement and modeling. *International Journal of Food Properties* 20(sup2):1965-1981. DOI: <https://doi.org/10.1080/10942912.2017.1360905>.
- Siddique, BM; Muhamad, II; Ahmad, A; Ayob, A; Ibrahim, MH; AK, MO. 2015. Effect of frying on the rheological and chemical properties of palm oil and its blends. *Journal of Food Science and Technology* 52(3):1444-1452. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1124-6>.
- Singh, RP; R. Heldman, D. 2009. Introducción a la ingeniería de los alimentos. Segunda Edición. Zaragoza (España), Acribia, S.A. 563 p.
- Vela, ABC; Barrios, CIC; Olaguibel, MZ. 2023. Cambios químicos y bioquímicos en lípidos por procesamiento y almacenamiento (en línea). *Peruvian Agricultural Research* 5(2). DOI: <https://doi.org/10.51431/par.v5i2.860>.
- Villacrés Pérez, MD; Córdova Suárez, MA. 2022. Efecto de la temperatura y el número de frituras sobre el perfil de ácidos grasos de diferentes aceites comestibles (en línea). masterThesis. s.l.,

Universidad Técnica de Ambato. Facultad de  
Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial.  
Maestría en Química. . Consultado 24 oct. 2024.  
Disponible en  
<https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/34279>.