



UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

INSTITUTO DE CIENCIAS ECONOMICAS ADMINISTRATIVAS

LICENCIATURA EN GASTRONOMIA

TESIS

**EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD OXIDATIVA DE ACEITES DE
OLIVA VIRGEN EXTRA BAJO CONDICIONES TÉRMICAS
APLICADAS A PROCESOS CULINARIOS**

Para obtener el título de Licenciado en Gastronomía

PRESENTA

ELIAS ANIMAS RUIZ

Directores

Dr. Juan Ramirez Godinez
Dra. Elizabeth Contreras Lopez



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Instituto de Ciencias Económico Administrativas
School of Commerce and Business Administration

OF.ICEA/AAT/LG/348/2026

MTRA. OJUKY DEL ROCÍO ISLAS MALDONADO
DIRECTORA DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR,
P R E S E N T E.

Con fundamento en los Artículos 1° y 3° de la Ley Orgánica y el Título Quinto, Capítulo II, Artículo 114, Fracción X y XI del Estatuto General, así como en el Título Cuarto, Capítulo I, Artículos 40 y 41 del Reglamento de Titulación, ordenamientos de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, el jurado del examen recepcional ha revisado, analizado y evaluado el trabajo titulado **“Evaluación de la estabilidad oxidativa de aceites de oliva virgen extra bajo condiciones térmicas aplicadas a procesos culinarios”**, presentado por el C. ELIAS ANIMAS RUIZ, con número de cuenta **419774**, de la LICENCIATURA EN GASTRONOMÍA, otorgando el voto aprobatorio para extender la presente:

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Por lo que el/la sustentante deberá cubrir los requisitos de acuerdo al Reglamento de Titulación de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, en el que sustentará y defenderá el documento de referencia.

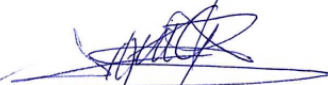
ATENTAMENTE
“AMOR, ORDEN Y PROGRESO”
San Agustín Tlaxiaca, Hgo., a 15 de junio de 2026

EL JURADO


DRA. ELIZABETH CONTRERAS LÓPEZ
PRESIDENTE

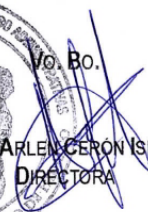

DRA. NAYELI VÉLEZ RIVERA
SECRETARIA


DR. JUAN RAMÍREZ GODÍNEZ
PRIMER VOCAL


E. EN B. JUAN FRANCISCO GUTIÉRREZ RODRÍGUEZ
SUPLENTE



c.c.p. Coordinador de Titulación del ICEA
Líder del Cuerpo Académico
Coordinación del programa educativo
Alumno/Egresado


DRA. ARLEN CERÓN ISLAS
DIRECTORA

Circuito la Concepción Km 2.5, Col. San Juan
Tilcuautla, San Agustín Tlaxiaca, Hidalgo,
México: C.P. 42160
Teléfono: 771 71 72000 Ext. 4101
icea@uaeh.edu.mx



DEDICATORIA

Hablé más, y le, dije: ¿Qué significan estos dos olivos a la derecha del candelabro y a su izquierda?

Hablé aún de nuevo, y le, dije: ¿Qué significan las dos ramas de olivo que por medio de dos tubos de oro vierten de sí, aceite como oro?

Y me, respondió diciendo: ¿No sabes qué es esto? Y dije: Señor mío, no. Y él dijo:

Estos son los dos ungidos, que están delante del Señor de toda la tierra.

Zacarías 4:11-14

ÍNDICE

.....	1
DEDICATORIA	3
CAPÍTULO PRIMERO	6
1.0 INTRODUCCIÓN	6
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
1.2 DELIMITACIÓN	7
1.3 OBJETIVOS.....	8
1.4 JUSTIFICACIÓN	9
CAPÍTULO SEGUNDO.....	10
MARCO TEÓRICO	10
2.1 COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ACEITE DE OLIVA VIRGEN EXTRA (RESPONDE QUE ES EL AOEV?).....	10
2.1.1 GENERALIDADES DEL ACEITE DE OLIVA VIRGEN EXTRA	11
2.1.2 COMPOSICIÓN LIPÍDICA DEL AOEV	12
2.1.3 FRACCIÓN MINORITARIA Y ANTIOXIDANTES NATURALES	14
2.2 OXIDACION LIPÍDICA Y TRATAMIENTO TÉRMICO	15
(RESPONDE ¿QUE LE PASA AL ACEITE CUANDO SE CALIENTA?)	15
2.2.1 OXIDACIÓN LIPÍDICA EN ACEITES VEGETALES	15
2.2.2 FACTORES QUE AFECTAN LA OXIDACIÓN LIPÍDICA	16
2.2.3 ESTABILIDAD TÉRMICA DEL ACEITE DE OLIVA VIRGEN EXTRA	17
2.2.4 TRATAMIENTO TÉRMICO EN PROCESOS CULINARIOS	19
2.2.5 CONFITADO COMO TÉCNICA CULINARIA	20
2.2.6 ÍNDICE DE PERÓXIDOS.....	21
2.2.7 ÍNDICE DE PEROXIDO COMO PARAMETRO DE CALIDAD Y SU INTERPRETACION	22
CAPÍTULO TRES	23
METODOLOGÍA	23
3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACION	23
3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	24

3.3 MUESTRAS DE ESTUDIO	24
3.4 TRATAMIENTO TÉRMICO MEDIANTE CONFITADO	26
3.5 DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE PERÓXIDOS	27
3.6 VARIABLES DE ESTUDIO.....	28
3.7 ANÁLISIS DE DATOS	29
4.1 RESULTADOS	30
 BIBLIOGRAFIA.....	 31

CAPÍTULO PRIMERO

1.0 Introducción

El aceite de oliva virgen extra constituye uno de los aceites comestibles de mayor relevancia en la alimentación y gastronomía contemporánea, debido a sus propiedades sensoriales, nutricionales y tecnológicas. Su composición química se caracteriza por un alto contenido de ácidos grasos monoinsaturados, particularmente ácido oleico, así como por la presencia de compuestos antioxidantes naturales que contribuyen a su estabilidad oxidativa (Boskou, 2019; Servili et al., 2020).

La estabilidad oxidativa representa un factor fundamental en la calidad de los aceites vegetales, ya que los procesos de oxidación lipídica generan compuestos de degradación que afectan sus propiedades químicas y sensoriales. Estos procesos pueden acelerarse por la exposición al oxígeno, la luz y, especialmente, al calor.

En el ámbito culinario, el AOEV es utilizado frecuentemente en preparaciones que implican exposición térmica y aderezantes aunque aceite presenta mayor estabilidad en comparación con otros aceites ricos en ácidos grasos poliinsaturados, el tratamiento térmico puede inducir modificaciones oxidativas que afectan su calidad sensorial y química, para ello es necesario evaluar estos cambios.

El índice de peróxidos constituye uno de los parámetros analíticos más utilizados, ya que permite cuantificar la formación de hidroperóxidos generados durante las primeras etapas de oxidación. En este contexto, resulta pertinente analizar el comportamiento oxidativo de distintos aceites de oliva virgen extra sometidos a condiciones térmicas.

La presente investigación adopta un enfoque experimental orientado a evaluar la estabilidad oxidativa de cinco aceites de oliva virgen extra comerciales sometidos a tratamiento térmico controlado mediante pochado de ajo a 75 °C, a través de la determinación del índice de peróxidos antes y después del tratamiento térmico.

Con ello, se busca analizar las variaciones oxidativas generadas por la exposición al calor y comparar el comportamiento de los aceites frente a condiciones térmicas moderadas aplicadas en procesos culinarios.

1.1 Planteamiento del problema

El calentamiento de los aceites durante procesos culinarios puede provocar cambios en su estabilidad oxidativa debido a la formación de compuestos derivados de la oxidación lipídica.

En el caso del AOEV, estas modificaciones pueden variar dependiendo de las características de cada aceite. Sin embargo, existe poca información experimental **comparativa** sobre el comportamiento oxidativo de diferentes aceites comerciales sometidos a condiciones térmicas moderadas.

Por ello, la presente investigación busca analizar el índice de peróxidos de cinco AOEV antes y después de un tratamiento térmico controlado mediante una técnica culinaria, confitado a temperatura moderada, con el fin de evaluar los cambios en su estructura y estabilidad oxidativa provocados por la exposición a temperaturas.

Ante este contexto, surge la pregunta de investigación:

¿Cómo cambia la estabilidad oxidativa del aceite de oliva virgen extra durante un proceso de confitado?

1.2 Delimitación

La presente investigación se enfocó en analizar la estabilidad oxidativa de las muestras de aceite. Para ello, se determinó el índice de peróxidos antes y después del tratamiento térmico, con el fin de observar los cambios oxidativos generados por la exposición al calor.

El estudio se limitó únicamente al análisis de oxidación primaria en los aceites, por lo que no se realizaron pruebas relacionadas con oxidación secundaria, compuestos fenólicos, capacidad antioxidante, análisis sensorial o estudios microbiológicos.

Asimismo, la investigación solo consideró las condiciones térmicas utilizadas durante el proceso de confitado, sin incluir otras técnicas culinarias como fritura, horneado o salteado. Los resultados obtenidos corresponden exclusivamente a las muestras y condiciones utilizadas durante el desarrollo experimental del estudio.

1.3 Objetivos

Objetivo general

Evaluar la estabilidad oxidativa de cinco aceites de oliva virgen extra sometidos a un proceso culinario de confitado mediante la determinación del índice de peróxidos antes y después del tratamiento térmico.

Objetivos específicos

- 1 Comparar los cambios en el índice de peróxidos de cinco aceites de oliva virgen extra antes y después de un proceso de confitado.
- 2 Identificar cuáles aceites presentaron mayor estabilidad oxidativa durante el tratamiento térmico.
- 3 Analizar qué aceites resultan más adecuados para una técnica culinaria de confitado con base en su comportamiento oxidativo.

1.4 Justificación

La presente investigación resulta relevante porque permite analizar el comportamiento oxidativo de distintos AOEV sometidos a procesos comunmente utilizados en el ambito gastronomico, teniendo como principio el entender el comportamiento de grasas como medio de transferencia termica.

A partir de ello, se busca identificar cuáles aceites presentan mayor estabilidad oxidativa durante el tratamiento térmico y cuáles podrían resultar más adecuados para este tipo de aplicación culinaria, aportando información relevante para futuras decisiones relacionadas con el uso gastronómico del aceite de oliva virgen extra bajo condiciones térmicas controladas.

La oxidación lipídica representa uno de los principales procesos de deterioro en aceites comestibles sometidos a calentamiento, ya que favorece la formación de compuestos derivados de la degradación de los ácidos grasos. En este sentido, el índice de peróxidos constituye un parámetro ampliamente utilizado para evaluar la oxidación primaria y la estabilidad oxidativa de los aceites (Secretaría de Economía, 2014).

Asimismo, el estudio aporta información útil desde un enfoque gastronómico y de química de alimentos, integrando el análisis experimental con una técnica culinaria real. De esta manera, la investigación contribuye a una mejor comprensión del comportamiento del AOEV durante procesos de cocción controlados.

CAPÍTULO SEGUNDO

Marco Teórico

2.1 Composición química del aceite de oliva virgen extra (Responde que es el AOEV?)

La composición química del aceite de oliva virgen extra constituye el fundamento estructural que determina sus propiedades físicas, tecnológicas, nutricionales y sensoriales. Desde el punto de vista químico, se trata de una matriz lipídica compleja en la que predominan los triglicéridos, acompañados por una fracción minoritaria de compuestos bioactivos que modulan su estabilidad y características organolépticas.

El estudio detallado de esta composición resulta esencial para comprender el comportamiento del aceite frente a procesos de oxidación y aplicación térmica, así como para interpretar su calidad nutricional. En este contexto, el análisis del perfil de ácidos grasos adquiere especial relevancia, ya que representa el componente estructural mayoritario del producto.

De acuerdo con el Consejo Oleícola Internacional (COI), el aceite de oliva virgen extra se caracteriza por presentar un elevado contenido de ácidos grasos monoinsaturados, principalmente ácido oleico, cuyo rango oscila entre 55,00 y 85,00 %. Asimismo, contiene otros ácidos grasos relevantes como el ácido palmítico (7,00–20,00 %), linoleico (2,50–21,00 %), esteárico (0,50–5,00 %) y palmitoleico (0,30–3,50 %). Esta composición lipídica influye directamente en la estabilidad oxidativa del aceite, su resistencia térmica y sus propiedades saludables.

Además de la fracción grasa mayoritaria, el AOEV contiene compuestos minoritarios como polifenoles, esteroides, tocoferoles y pigmentos naturales, los cuales participan

en la actividad antioxidante y en las características sensoriales del producto, particularmente en el aroma, sabor y color.

También el, COI establece que para que un aceite sea clasificado como extra virgen debe presentar una acidez libre igual o inferior a 0,80 %, expresada como ácido oleico, además de cumplir determinados parámetros fisicoquímicos y organolépticos relacionados con su calidad.

.

2.1.1 Generalidades del aceite de oliva virgen extra

El aceite de oliva virgen extra es un producto obtenido exclusivamente del fruto del olivo (*Olea europaea L.*) mediante procedimientos mecánicos o físicos que permiten conservar las características naturales del fruto sin alterar significativamente su composición química. De acuerdo con el Consejo Oleícola Internacional, esta categoría corresponde al aceite de oliva de mayor calidad comercial y fisicoquímica, debido a que presenta bajos niveles de acidez y ausencia de defectos sensoriales (IOC, 2022).

La calidad del aceite de oliva virgen extra depende de diversos factores relacionados con la variedad de aceituna, genética, geografía, condiciones agronómicas, grado de maduración del fruto, métodos de extracción y condiciones de almacenamiento. Estos factores influyen directamente sobre la composición química del aceite y sobre parámetros relacionados con su estabilidad oxidativa y comportamiento durante procesos culinarios (Frangipane et al., 2023).

Aunque su consumo en México continúa siendo limitado en comparación con países productores mediterráneos, en los últimos años ha mostrado un crecimiento progresivo asociado al interés por hábitos alimenticios más saludables y a su incorporación en la gastronomía contemporánea y de autor, especialmente en aplicaciones culinarias en crudo, emulsiones, confitados y terminación de platillos.

2.1.2 Composición lipídica del AOEV

La composición química del aceite de oliva virgen extra se encuentra integrada principalmente por triglicéridos, los cuales representan aproximadamente el 98 % de su contenido total.

Esta fracción saponificable está constituida por distintos ácidos grasos, predominando el ácido oleico, acompañado por menores proporciones de ácidos grasos saturados y poliinsaturados (Daas et al., 2025).

El ácido oleico corresponde al ácido graso monoinsaturado mas importante del aceite ya que presenta una mayor estabilidad frente a procesos oxidativos en comparación con los ácidos grasos poliinsaturados, estas característica se relaciona directamente con el número de dobles enlaces presentes en la estructura química de los lípidos, debido a que una mayor cantidad de insaturaciones incrementa la susceptibilidad frente a reacciones de autooxidación (Guillén & Ruiz, 2019).

Varios estudios han señalado que la composición y estructura de ácidos grasos representa uno de los principales factores asociados con la estabilidad oxidativa del AOEV como por ejemplo los monoinsaturados(aceite cacahuate, aguacate, canola, etc) presentan una mayor resistencia frente al deterioro oxidativo inducido por temperatura, oxígeno y exposición térmica, mientras que aquellos con mayor proporción de poliinsaturados (aceite de soya, maíz, girasol, nuez, etc) presentan menor estabilidad química (Jiménez Sánchez, 2023).

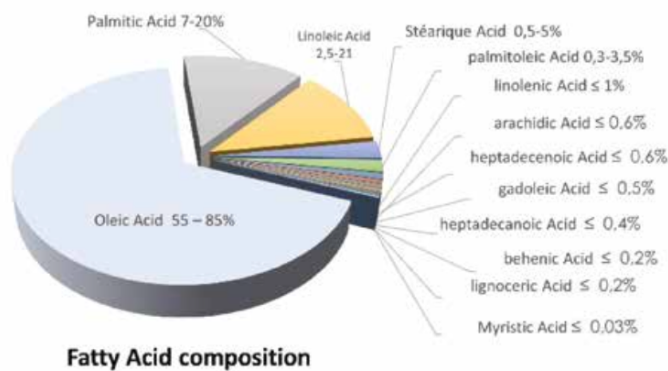


Figure 1 Composicion Lipidica del AOEV

Así mismo la estructuración lipídica también participa en propiedades sensoriales y funcionales del aceite; factores como variedad de aceituna, condiciones climáticas y procesos de elaboración pueden modificar parcialmente el perfil de ácidos grasos y, en consecuencia, alterar el comportamiento químico del aceite durante tratamientos térmicos (Olmo-Cunillera et al., 2022).

Debido a ello, el estudio de la composición lipídica resulta relevante para comprender el comportamiento oxidativo del aceite de oliva virgen extra durante procesos culinarios que implican exposición al calor.

2.1.3 Fracción minoritaria y antioxidantes naturales

Aunque la mayor parte de la composición del AOEV extra corresponde a triglicéridos (principalmente ácido oleico, además de cantidades menores de ácido palmítico, linoleico y esteárico) , existe una fracción minoritaria integrada por compuestos presentes en bajas concentraciones que desempeñan un papel determinante en la calidad química, estabilidad oxidativa y características sensoriales del aceite.

Entre estos compuestos destacan los fenoles, esteroides, tocoferoles, ceras y otros componentes insaponificables reconocidos dentro de los criterios oficiales de pureza y calidad establecidos por el Consejo Oleícola Internacional (COI).

Los compuestos fenólicos constituyen uno de los principales antioxidantes naturales del aceite de oliva virgen extra, debido a su capacidad para retardar los procesos de oxidación lipídica y contribuir a la estabilidad química del producto. Además, participan directamente en las características sensoriales del aceite, especialmente en atributos como el amargor y la pungencia. Pedan et al. señalaron que existe una correlación positiva entre la concentración de compuestos fenólicos y la intensidad de dichos atributos sensoriales en aceites de oliva virgen extra.

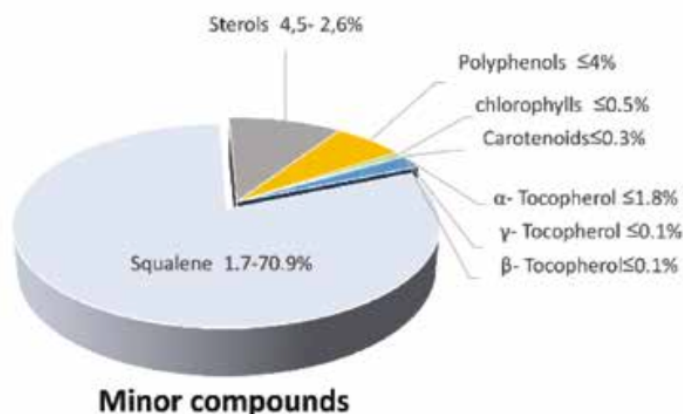


Figure 2 Composicion minoritaria del AOEV

Asimismo, el COI reconoce la importancia analítica de estos compuestos al incluir métodos específicos para la determinación de fenoles, esteroides, materia insaponificable y α -tocoferol dentro de los criterios internacionales de evaluación de calidad del aceite de oliva.

La composición y concentración de esta fracción minoritaria puede variar según factores como la variedad de aceituna, las condiciones agronómicas, el grado de maduración del fruto, el procesamiento y las condiciones de almacenamiento.

En consecuencia, dichos compuestos influyen directamente sobre la estabilidad oxidativa, la calidad química y el comportamiento térmico del aceite de oliva virgen extra.

2.2 Oxidación lipídica y tratamiento térmico

(responde ¿Que le pasa al aceite cuando se calienta?)

2.2.1 Oxidación lipídica en aceites vegetales

La oxidación lipídica constituye uno de los principales mecanismos de deterioro químico en aceites y grasas comestibles, debido a que modifica su estabilidad, composición y calidad durante el almacenamiento y la exposición térmica. Este proceso ocurre principalmente en los ácidos grasos insaturados, cuyos dobles enlaces presentan mayor susceptibilidad a reaccionar con el oxígeno, favoreciendo la formación de compuestos derivados de oxidación (Shahidi & Zhong, 2010).

De acuerdo con Choe y Min (2007), la oxidación lipídica puede desarrollarse mediante reacciones de autooxidación, termooxidación y fotooxidación, dependiendo de las condiciones a las que el aceite sea sometido.

Durante procesos térmicos, el incremento de temperatura favorece la aceleración de reacciones oxidativas debido al aumento de energía cinética en los lípidos, promoviendo la degradación progresiva de los ácidos grasos insaturados.

Las primeras etapas de oxidación se caracterizan por la formación de hidroperóxidos, compuestos considerados productos primarios de oxidación lipídica. Aunque estos compuestos inicialmente son inodoros e incoloros, presentan una elevada inestabilidad y pueden descomponerse posteriormente en aldehídos, cetonas y otros compuestos secundarios asociados al deterioro químico del aceite (Choe & Min, 2007).

La susceptibilidad oxidativa de los aceites se encuentra estrechamente relacionada con el grado de insaturación de los ácidos grasos presentes en su composición.

Los aceites con mayor contenido de ácidos grasos poliinsaturados presentan menor estabilidad oxidativa debido a la presencia de múltiples dobles enlaces reactivos, mientras que aquellos ricos en ácidos grasos monoinsaturados presentan una resistencia oxidativa relativamente mayor (Guillén & Ruiz, 2019).

2.2.2 Factores que afectan la oxidación lipídica

El desarrollo de procesos oxidativos en aceites vegetales depende de diversos factores físicos y químicos que pueden acelerar o retardar las reacciones de degradación lipídica. Entre los factores más importantes destacan la **temperatura**, la **exposición al oxígeno**, la presencia de **luz**, el tiempo de calentamiento, la composición de ácidos grasos y la concentración de **antioxidantes naturales presentes en el aceite** (Choe & Min, 2007).

La temperatura representa uno de los factores de mayor influencia sobre la velocidad de oxidación. El incremento térmico favorece la ruptura de enlaces químicos y acelera la formación de radicales libres, promoviendo reacciones de propagación oxidativa

capaces de modificar la calidad química del aceite. Choe y Min (2007) señala que el deterioro oxidativo aumenta considerablemente conforme incrementan la temperatura y el tiempo de exposición térmica.

Asimismo, la composición lipídica (ácidos grasos) desempeña un papel fundamental en la estabilidad oxidativa. Los aceites ricos en ácidos grasos poliinsaturados presentan mayor susceptibilidad al deterioro debido a la elevada reactividad de sus dobles enlaces, mientras que aquellos con predominio de ácidos grasos monoinsaturados presentan una mayor resistencia frente a procesos oxidativos. Esta característica explica parcialmente la estabilidad térmica relativamente alta del aceite de oliva virgen extra en comparación con otros aceites vegetales (Jiménez Sánchez, 2023).

Otro factor importante corresponde a la presencia de compuestos antioxidantes naturales son los compuestos fenólicos y los tocoferoles presentes en el aceite de oliva virgen extra que participan en mecanismos de inhibición oxidativa mediante la neutralización de radicales libres y la interrupción de reacciones de propagación oxidativa (Servili et al., 2014).

Mas sin embargo, diversos analisis han determinado que estos antioxidantes naturales pueden degradarse progresivamente durante tratamientos térmicos prolongados, reduciendo así la capacidad protectora del aceite frente al deterioro oxidativo.

2.2.3 Estabilidad térmica del aceite de oliva virgen extra

La estabilidad térmica del aceite de oliva extra virgen (AOEV) corresponde a la capacidad del aceite para resistir los cambios químicos y oxidativos producidos por la exposición al calor, conservando sus propiedades fisicoquímicas durante tratamientos térmicos.

Esta estabilidad depende principalmente de la composición de ácidos grasos del aceite, particularmente de su elevado contenido de ácido oleico, el cual presenta

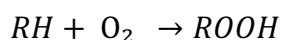
mayor resistencia a la oxidación en comparación con los ácidos grasos poliinsaturados.

Asimismo, factores como la temperatura aplicada, el tiempo de exposición al calor, la disponibilidad de oxígeno, la calidad inicial del aceite y las condiciones de almacenamiento influyen directamente sobre la velocidad de degradación oxidativa.

Durante el calentamiento ocurren reacciones de termo-oxidación que favorecen la formación de hidroperóxidos y otros productos derivados de la oxidación lipídica, provocando modificaciones en parámetros de calidad como el índice de peróxidos, K232, K270 y TOTOX.

De acuerdo con Abdellatif (2025), el AOEV presenta una mayor resistencia frente al deterioro térmico en comparación con otros aceites vegetales, debido a su menor susceptibilidad oxidativa durante procesos de calentamiento y almacenamiento acelerado.

La formación de productos primarios de oxidación puede representarse:



representa de manera simplificada la oxidación primaria de los lípidos durante el calentamiento del aceite.

Donde:

- **RH** representa un lípido o ácido graso presente en el aceite.
- **O₂** corresponde al oxígeno molecular.
- **ROOH** representa un hidroperóxido lipídico, considerado un producto primario de oxidación.

Durante la exposición al calor, los ácidos grasos reaccionan con el oxígeno, formando hidroperóxidos, estos compuestos son los primeros indicadores del deterioro oxidativo del aceite y son cuantificados mediante el índice de peróxidos.

2.2.4 Tratamiento térmico en procesos culinarios

Los tratamientos térmicos empleados en procesos culinarios pueden provocar modificaciones fisicoquímicas en los aceites utilizados durante la cocción.

Durante el calentamiento, los lípidos son sometidos a condiciones que favorecen reacciones de oxidación, hidrólisis y degradación térmica, capaces de alterar la estabilidad oxidativa y calidad química del aceite (Choe & Min, 2007).

La intensidad de estas modificaciones depende de distintos factores relacionados con el proceso culinario, entre ellos la temperatura aplicada, el tiempo de exposición y las características propias del aceite utilizado. Las temperaturas elevadas favorecen un deterioro oxidativo más acelerado debido al incremento en la velocidad de formación de radicales libres y productos derivados de oxidación.

En procesos culinarios donde se utilizan temperaturas moderadas, como ocurre en técnicas de cocción lenta, las reacciones oxidativas pueden desarrollarse de manera más gradual. Sin embargo, incluso bajo condiciones térmicas moderadas, la exposición prolongada al calor puede favorecer cambios oxidativos detectables mediante parámetros fisicoquímicos relacionados con la oxidación primaria.

De acuerdo con Choe y Min (2007), el calentamiento continuo de aceites favorece procesos de degradación capaces de modificar no solamente la estabilidad oxidativa, sino también propiedades sensoriales y funcionales del producto.

Debido a ello, el estudio del comportamiento del AOEV sometido a temperaturas controladas es esencial para entender y comprender cuales aceites cumplen su proposito, cuales pueden mejorar la tecnica o asi mismo el resultado.

2.2.5 Confitado como técnica culinaria

El confitado es una técnica culinaria caracterizada por la cocción lenta de alimentos mediante inmersión en grasa o aceite a temperaturas moderadas durante periodos prolongados. A diferencia de otros métodos de cocción que utilizan temperaturas elevadas, como la fritura profunda, el confitado busca desarrollar una transferencia térmica gradual y controlada, permitiendo una cocción uniforme sin generar un dorado intenso o procesos severos de deshidratación superficial.

De acuerdo con *Modernist Cuisine* (Myhrvold et al., 2011), las preparaciones tradicionales de confitado suelen desarrollarse a temperaturas cercanas a 80 °C, rango térmico considerablemente menor al utilizado en fritura convencional. Esta característica permite mantener una exposición térmica moderada donde el aceite funciona principalmente como medio de transferencia de calor y no únicamente como grasa de cocción.

Durante el confitado, la ausencia de temperaturas extremas disminuye fenómenos asociados a degradación térmica severa, como carbonización superficial o formación acelerada de compuestos derivados de oxidación secundaria. Sin embargo, aunque el proceso ocurre bajo condiciones térmicas moderadas, la exposición continua del aceite al calor puede favorecer cambios oxidativos relacionados con la formación de productos primarios de oxidación.

Debido a ello, el confitado representa un modelo culinario útil para evaluar el comportamiento oxidativo del aceite de oliva virgen extra bajo condiciones de calentamiento moderado similares a las utilizadas en aplicaciones gastronómicas reales.

2.2.6 Índice de peróxidos

El índice de peróxidos constituye uno de los principales parámetros fisicoquímicos utilizados para evaluar la oxidación primaria en aceites y grasas comestibles. Este análisis permite cuantificar la concentración de hidroperóxidos formados durante las primeras etapas de oxidación lipídica, los cuales representan productos iniciales del deterioro oxidativo (NMX-F-109-SCFI-2014).

Los hidroperóxidos se generan cuando los ácidos grasos insaturados reaccionan con el oxígeno bajo condiciones que favorecen la oxidación, como la exposición al calor, tiempo, la luz y el aire. Debido a ello, el incremento del índice de peróxidos puede interpretarse como un indicador del avance inicial de deterioro oxidativo en aceites vegetales.

El IP es una herramienta ampliamente utilizada en la evaluación de calidad de aceites, debido a que permite identificar modificaciones oxidativas relacionadas con almacenamiento, procesamiento y tratamientos térmicos. Diversos autores han señalado que el aumento de los valores de peróxidos se relaciona directamente con procesos de degradación oxidativa inducidos por exposición térmica (Velasco & Dobarganes, 2002).

Asimismo, el COI y diversas normativas fisicoquímicas consideran el índice de peróxidos como uno de los parámetros fundamentales para determinar calidad y estabilidad oxidativa en aceites de oliva.

2.2.7 Índice de peróxido como parametro de calidad y su interpretacion

El incremento del índice de peróxidos generalmente indica un avance en los procesos de oxidación primaria y deterioro lipídico en aceites vegetales. En el caso del AOEV, el índice de peróxidos constituye uno de los principales parámetros fisicoquímicos utilizados para evaluar calidad y estabilidad oxidativa. El COI establece que, para ser clasificado como aceite de oliva virgen extra, el producto no debe superar un valor de 20 meq O₂/kg, debido a que concentraciones superiores pueden asociarse con deterioro oxidativo y pérdida de calidad química (COI, 2022).

El índice de peróxidos se interpreta como un indicador de la cantidad de hidroperóxidos lipídicos formados durante las etapas iniciales de oxidación. En términos generales, valores bajos indican menor formación de productos primarios de oxidación y una mayor estabilidad oxidativa del aceite, mientras que valores elevados reflejan un mayor avance de deterioro oxidativo.

Sin embargo, la interpretación del índice de peróxidos no debe realizarse de manera aislada. Los hidroperóxidos son compuestos químicamente inestables que pueden descomponerse durante tratamientos térmicos prolongados formando productos secundarios de oxidación, como aldehídos y cetonas. Debido a ello, un incremento del IP generalmente indica formación activa de oxidación primaria, mientras que disminuciones en su valor no necesariamente representan una mejora en la calidad o estabilidad del aceite, sino que pueden relacionarse con la degradación térmica de hidroperóxidos previamente formados.

Por esta razón, el índice de peróxidos constituye una herramienta analítica relevante para evaluar el comportamiento oxidativo del aceite de oliva virgen extra durante almacenamiento y procesos culinarios sometidos a exposición térmica.

CAPÍTULO TRES

Metodología

3.1 Enfoque de la investigación

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo de tipo experimental, debido a que se realizaron mediciones fisicoquímicas orientadas a evaluar los cambios oxidativos del aceite de oliva virgen extra antes y después de un tratamiento térmico controlado.

El enfoque cuantitativo permitió obtener datos numéricos relacionados con el índice de peróxidos y comparar el comportamiento oxidativo de diferentes muestras de aceite sometidas a condiciones térmicas similares.

De acuerdo con Hernández-Sampieri y Mendoza (2018), los estudios cuantitativos se caracterizan por utilizar procedimientos sistemáticos de medición y análisis de datos con la finalidad de identificar relaciones entre variables y generar resultados verificables.

En este estudio, el tratamiento térmico mediante técnica de confitado representó la variable independiente, mientras que el índice de peróxidos constituyó la variable dependiente utilizada para evaluar los cambios asociados a la oxidación primaria del aceite.

3.2 Diseño de la investigación

La investigación presentó un diseño experimental comparativo de tipo pretest-posttest, debido a que se evaluó el índice de peróxidos de cinco muestras de aceite de oliva virgen extra antes y después de ser sometidas a un tratamiento térmico controlado.

El diseño experimental permitió analizar las variaciones oxidativas generadas por la exposición térmica y comparar el comportamiento de cada aceite frente al proceso de confitado.

Para ello, se realizaron mediciones iniciales y finales del índice de peróxidos en cada muestra, utilizando las mismas condiciones de temperatura y tiempo de tratamiento.

El tratamiento térmico se realizó mediante una técnica culinaria de confitado utilizando ajo como alimento de cocción y una temperatura controlada de 75 °C, con el objetivo de simular condiciones culinarias moderadas relacionadas con el uso gastronómico del aceite de oliva virgen extra.

3.3 Muestras de estudio

La investigación se realizó utilizando cinco muestras comerciales de Aceite de oliva virgen extra adquiridas en establecimientos comerciales destinados al consumo alimentario. Las muestras fueron seleccionadas considerando disponibilidad comercial, integridad del envase, información de etiquetado y condiciones adecuadas de conservación.

Los aceites analizados correspondieron a diferentes perfiles comerciales, países y composiciones lipídicas, incluyendo aceites monovarietales y mezclas (blend), con la finalidad de comparar posibles diferencias en comportamiento oxidativo frente al tratamiento térmico aplicado mediante técnica de confitado.

Las muestras utilizadas fueron:

Marca	Origen	Tipo	Coupage	Lote
FILIPPO BERIO	Italiano	Blend Multi- País	s/n	LE02GB
O-LIVE & CO	Portugués	Monovarietal	Arbequina	OS25155
OLI- NUTRIOLI	España	Blend	Arbequina, Picual y Hojiblanca	ON45821A
YBARRA	España	Blend	Hojiblanca	YB24031H
GREAT VALUE	España	Blend	s/n	L-25339B09

Cada muestra fue almacenada en un embace cristal transparente, protegida de la luz y mantenida a temperatura ambiente controlada hasta el momento de su análisis, con la finalidad de minimizar alteraciones oxidativas previas al tratamiento experimental.

Para mantener uniformidad metodológica, todos los aceites fueron sometidos a las mismas condiciones experimentales de temperatura, tiempo de exposición térmica y volumen de muestra durante el proceso de confitado. Posteriormente, cada muestra fue analizada mediante determinación del índice de peróxidos antes y después del tratamiento térmico.

Asimismo, cada determinación analítica fue realizada por triplicado con el propósito de evaluar la reproducibilidad del método y disminuir la dispersión experimental de los resultados obtenidos.

3.4 Tratamiento térmico mediante confitado

El tratamiento térmico aplicado en la investigación consistió en la técnica culinaria de confitado utilizando ajo como alimento de cocción y aceite de oliva virgen extra como medio de transferencia térmica.

Para cada prueba experimental se utilizaron 100 mL de aceite de oliva virgen extra y 20 g de ajo fresco, manteniendo las mismas proporciones y condiciones para todas las muestras analizadas. Cada aceite fue sometido individualmente al tratamiento térmico con la finalidad de evaluar posibles cambios oxidativos derivados de la exposición al calor.

El proceso de confitado se realizó en un horno convencional a una temperatura controlada de 75 °C, verificado con termómetro. La selección de esta temperatura se basó en que el confitado corresponde a una técnica culinaria de cocción lenta desarrollada bajo condiciones térmicas moderadas, generalmente cercanas a 80 °C, permitiendo una transferencia de calor gradual sin alcanzar temperaturas asociadas a fritura profunda.

Durante el tratamiento térmico, el aceite permaneció expuesto de manera continua al calor como medio de cocción y transferencia térmica. Estas condiciones permitieron simular un proceso real de calentamiento moderado y evaluar el comportamiento oxidativo del aceite de oliva virgen extra mediante la determinación del índice de peróxidos antes y después del tratamiento.

Posteriormente, las muestras fueron enfriadas a temperatura ambiente antes de realizar los análisis fisicoquímicos correspondientes.

3.5 Determinación del índice de peróxidos

La evaluación de la estabilidad oxidativa de las muestras de AOEV se realizó mediante la determinación del índice de peróxidos, parámetro fisicoquímico utilizado para cuantificar productos primarios de oxidación lipídica presentes en aceites y grasas comestibles.

Los análisis fueron realizados en el *Laboratorio Fisico-Químico en Alimentos II* de la *Licenciatura en Química en Alimentos*, perteneciente al *Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería (ICBI)* perteneciente a la UAEH en Ciudad Universitaria, Pachuca de Soto.

La determinación del índice de peróxidos se llevó a cabo conforme a la Norma Mexicana NMX-F-154-SCFI-2010, la cual establece el método aplicable para la cuantificación de peróxidos en aceites y grasas vegetales. El método se basa en la reacción de los hidroperóxidos presentes en la muestra con yoduro de potasio, liberando yodo en proporción a la cantidad de compuestos oxidativos presentes en el aceite.

Los resultados obtenidos fueron expresados en miliequivalentes de oxígeno activo por kilogramo de aceite (meq O_2 /kg), unidad utilizada para evaluar el grado de oxidación primaria en aceites vegetales.

Para cada una de las cinco muestras analizadas se realizaron determinaciones antes y después del tratamiento térmico mediante técnica de confitado, con la finalidad de comparar los cambios oxidativos asociados a la exposición al calor y evaluar el comportamiento oxidativo de cada aceite bajo condiciones culinarias controladas.

Variable independiente

La variable independiente correspondió al tratamiento térmico aplicado mediante técnica culinaria de confitado a temperatura controlada de 75 °C durante 45 minutos. Esta variable fue manipulada experimentalmente con la finalidad de evaluar su efecto sobre la estabilidad oxidativa de las muestras del AOEV analizadas.

Variable dependiente

La variable dependiente correspondió al índice de peróxidos (IP) expresado en miliequivalentes de oxígeno activo por kilogramo de aceite (meq O₂/kg). Este parámetro fisicoquímico fue utilizado para cuantificar los productos primarios de oxidación formados antes y después del tratamiento térmico, permitiendo evaluar los cambios asociados al comportamiento oxidativo de cada muestra.

Variables controladas

Con la finalidad de mantener uniformidad experimental y reducir factores externos que pudieran afectar los resultados, se controlaron las siguientes variables:

- Temperatura de calentamiento (75 °C),
- Tiempo de exposición térmica (45 minutos),
- Volumen de aceite utilizado (100 mL),
- Cantidad de ajo utilizada (20 g)
- Tipo de tratamiento térmico aplicado
- Condiciones de almacenamiento de las muestras
- Procedimiento analítico empleado para la determinación del índice de peróxidos
- Y realización de análisis por triplicado.

3.7 Análisis de datos

Muestra	Marca	Origen	Tipo	Coupage	Peróxidos inicial (meq O ₂ /kg)	Desv. Std. inicial	Peróxidos final (meq O ₂ /kg)	Desv. Std. final	Diferencia IP Post y Pre
1 / 1.1	FILIPPO BERIO	Italiano	Blend Multi-País	s/n	10.58	0.19	10.37	0.19	0.21
2 / 2.2	O-LIVE & CO	Portugués	Monovarietal	Arbequina	8.87	0.11	8.81	0	0.06
3 / 3.3	OLI-NUTRIOLI	España	Blend	Arbequina, Picual y Hojiblanca	7.3	0.11	7.95	0.61	0.65
4 / 4.4	YBARRA	España	Blend	Hojiblanca	11.18	0.11	11.87	0.11	0.69
5 / 5.5	GREAT VALUE	España	Blend	s/n	12.53	0.19	13.11	0	0.58

4.1 Resultados

Los resultados obtenidos mediante el estudio de IP se pudieron interpretar de esta forma:

FILLIPO BERIO: Se observó una ligera disminución del índice de peróxidos, lo que podría relacionarse con descomposición de hidroperóxidos primarios o variación experimental mínima.

O-LIVE & CO : el índice de peróxidos permaneció prácticamente estable con una ligera disminución, indicando una baja variación oxidativa entre ambas mediciones, se puede contemplar que esta muestra puede considerarse como un aceite oxidativamente estable o de baja degradación oxidativa, considerándose como un aceite idóneo para técnicas culinarias como el confitado.

OLI-NUTRIOLI : Se presentó un incremento notable de 0.65 meq O_2 /kg en el índice de peróxidos, sugiriendo una mayor formación de productos primarios de oxidación lipídica, en base a los datos presentados se puede determinar que un coupage o mezcla selecta, de variedades de aceitunas podrían generar un incremento en el IP, aun así se puede argumentar que el cambio no fue tan notorio o radicalmente.

YBARRA: La variación fue de 0.69 meq O_2 /kg en el IP mostrando un incremento leve en la oxidación, se puede determinar también que en base al origen de la mezcla se podría determinar una ligera degradación al presentarse una exposición a temperaturas controladas.

GREAT VALUE: La variación fue de 0.58 meq O_2 /kg en el IP

BIBLIOGRAFIA

1. Servili, M., Sordini, B., Esposto, S., Urbani, S., Veneziani, G., Di Maio, I., Selvaggini, R., & Taticchi, A. (2020). Biological activities of phenolic compounds of extra virgin olive oil. *Antioxidants*, 9(8), 658.
2. Reboredo-Rodríguez, P., González-Barreiro, C., Cancho-Grande, B., & Simal-Gándara, J. (2017). Phenolic compounds in olive oil: Antioxidant, anti-inflammatory and antimicrobial activities. *Molecules*, 22(3), 367.
3. Morales, M. T., & Aparicio, R. (2017). Sensory evaluation of virgin olive oil. *Foods*, 7(12), 195. <https://doi.org/10.3390/foods7120195>
4. Schwingshackl, L., & Hoffmann, G. (2019). Monounsaturated fatty acids and cardiovascular risk. *Nutrients*, 11(4), 872.
5. Guasch-Ferré, M., et al. (2020). Olive oil consumption and cardiovascular risk. *Nutrients*, 12(8), 2200.
6. Zhang, Q., Saleh, A. S., Chen, J., & Shen, Q. (2012). Chemical alterations during frying. *Food Chemistry*, 132(2), 631–636.
7. Shahidi, F., & Zhong, Y. (2010). Lipid oxidation and improving oxidative stability. *Chemical Society Reviews*, 39, 4067–4079.
8. Velasco, J., Andersen, M. L., & Skibsted, L. H. (2004). Evaluation of oxidative stability of edible oils. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 106(9), 621–632.
9. Katragadda, H. R., Fullana, A., Sidhu, S., & Carbonell-Barrachina, Á. A. (2010). Emissions of volatile aldehydes from heated cooking oils. *Food Chemistry*, 120(1), 59–65.
10. Psomiadou, E., & Tsimidou, M. (2001). Stability of virgin olive oil phenolic compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(12), 6025–6032.
11. Yanishlieva, N. V., & Marinova, E. M. (2001). Stabilisation of edible oils with natural antioxidants. *Food Chemistry*, 72(3), 367–372.
12. Zamora, R., & Hidalgo, F. J. (2016). Formation of lipid oxidation products. *Food Chemistry*, 208, 191–200.
13. Frankel, E. N. (2005). Lipid oxidation. *Progress in Lipid Research*, 19(1-2), 1–22.
14. Hrnčirik, K., & Fritsche, S. (2004). Comparability of phenolic analysis methods. *Food Chemistry*, 88(2), 189–196.
15. Kalua, C. M., Allen, M. S., Bedgood, D. R., Bishop, A. G., Prenzler, P. D., & Robards, K. (2007). Olive oil volatile compounds and aroma. *Food Chemistry*, 100(1), 273–286.
16. Owen, R. W., et al. (2000). Olive oil phenols and their health effects. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 102(9), 687–694.
17. García-González, D. L., Aparicio-Ruiz, R., & Aparicio, R. (2007). Virgin olive oil aroma. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(21), 8470–8476.
18. Aparicio, R., & Luna, G. (2002). Characterisation of monovarietal virgin olive oils. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 104(9-10), 614–627.
19. Velasco, J., & Dobarganes, C. (2002). Oxidative stability of virgin olive oil. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 104(9-10), 661–676.

20. Reboredo-Rodríguez, P., et al. (2015). Antioxidant properties of olive oil phenols. *Molecules*, 20(3), 4619–4634
21. Boskou, D., Blekas, G., & Tsimidou, M. (2006). Olive oil composition. *Food Reviews International*, 22(4), 371–392
22. Fiehn, O. (2016). Metabolomics by gas chromatography-mass spectrometry. *Metabolomics*, 12.
23. Christie, W. W. (1993). Preparation of fatty acid methyl esters. *Advances in Lipid Methodology*.
24. Firestone, D. (2009). Official methods for analysis of oils. *AOCS Press*.