



## Índice de oxidabilidad del aceite de *Helianthus annuus* L. "Girasol" expuesto a calentamiento discontinuo en frituras de carne fresca y desecada

Oxidizability index of *Helianthus annuus* L. "Sunflower" oil exposed to discontinuous heating in fresh and dried meat fry

Marlon Willynton Mantilla-León\*; Demetrio Rafael Jara Aguilar

Facultad de Farmacia y Bioquímica, Universidad Nacional de Trujillo. Av. Juan Pablo II s/n – Ciudad Universitaria, Trujillo, Perú.

### RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar el Índice de oxidabilidad del aceite de *Helianthus annuus* L. "Girasol" expuesto a calentamiento discontinuo en frituras de carne de bovino fresca y desecada en un recipiente de acero inoxidable. Se utilizó 10,0 litros de aceite de girasol y 25 kg de carne en porciones de 500 g, 12,5 kg de carne fresca y 12,5 kg desecada. El proceso de fritura de cada muestra se realizó cada 8 horas hasta obtener un total de 25 muestras. Antes de la primera fritura (muestra basal) y después de cada fritura se tomaron 50 mL de aceite para análisis del Índice de oxidabilidad y porcentaje de acidez. El aceite calentado en forma discontinua para freír carne fresca y desecada incremento el Índice de oxidabilidad respecto a la muestra basal. El mayor porcentaje de humedad de la carne fresca incremento en mayor grado el Índice de oxidabilidad, en ambos casos se afectó la vida útil del aceite, llegando a no ser apto para el consumo a partir del segundo día por la mañana.

**Palabras clave:** aceite de girasol; carnes; calentamiento; oxidabilidad; deterioro.

### ABSTRACT

The aim of this research was to determine the oxidizability index of *Helianthus annuus* L. "Sunflower" oil exposed to discontinuous heating in fresh and dried beef fry in a stainless steel container. We used 10,0 liters of sunflower oil and 25 kg of meat in portions of 500 g, 12,5 kg of fresh meat and 12.5 kg dried. The frying process of each sample was carried out every 8 hours until a total of 25 samples were obtained. Before the first frying (basal sample) and after each frying, 50 mL were taken of oil for oxidation index analysis. The oil discontinuously heated to fry fresh and dried meat increases the oxidation rate compared to the basal sample. The highest percentage of fresh meat moisture increases the oxidizability index, in both cases the useful life of the oil was affected, not being suitable for consumption from the second day in the morning.

**Keywords:** sunflower oil; meat; warming; oxidizability; deteriorate.

### 1. Introducción

En términos nutricionales se debe reconocer que en los últimos tiempos la preocupación científica, nutricional y también industrial, se ha centrado en torno de las grasas y aceites. Históricamente, fue el médico inglés William Prout quien reconoció formalmente la importancia de las materias grasas en la nutrición, además del ya aceptado rol de las proteínas y de los carbohidratos (Valenzuela y Morgado, 2005).

Desde la antigüedad las grasas se han utilizado

en la preparación de alimentos fritos para el consumo humano y es una costumbre arraigada (Franco, 2012). En la actualidad la fritura de alimentos en baño de aceite es una técnica culinaria más extendida en el mundo (Durán et al., 2015), usándose diferentes tipos de aceites en función al costo. Los aceites se obtienen a partir de: girasol, algodón, soya, maíz, cacahuete oliva, sachá inchi, etc. los cuales se acostumbran a someter a procesos previos a fin de mejorar determinadas propiedades y aumentar su estabilidad (Claude-Chefiel, 1992; Fennema, 2000).

Dentro de los aceites vegetales cobran gran interés el aceite de girasol. El aceite de girasol es una fuente importante de ácidos grasos insaturados de cadena larga, sobre todo aquellos que son esenciales como el ácido linoleico y ácido linolénico cuya presencia ha sido relacionada con el buen funcionamiento de la célula (Willis *et al.*, 1998). Durán *et al.* (2015) refiere que el aceite de girasol contiene un 63-78% de AL y bajo contenido de ALA (0,06%) y se caracteriza por una alta relación AL/ALA (1,052/1), Druart *et al.* (2014) considera que contiene una cantidad no despreciable de ácido Linoleico conjugado (ALC), sin embargo, los aceites vegetales debido a los dobles enlaces de los ácidos grasos insaturados, son sensibles a la oxidación durante la fritura.

Durante el proceso de fritura todos los aceites, sin importar la fuente, pueden presentar deterioro (Cabreris *et al.*, 2017), presentan cambios en el contenido de nutrientes que pueden generar compuestos tóxicos como polímeros y monómeros de ácidos grasos cíclicos y compuestos polares que pasan al alimento y son ingeridos (Romero *et al.*, 2006; Mestdagh *et al.*, 2007). Las transformaciones se presentan de manera lenta o rápida, según el manejo durante el proceso de cocción, de las cuales las más críticas son: la temperatura; el tipo de alimento a freír, la relación aceite/alimento, el material de fabricación del equipo utilizado, la adición de aceite nuevo como reposición del que se pierde por el proceso; la limpieza y el almacenamiento del aceite (Navas, 2005; Suaterna, 2009), trayendo consigo su deterioro al aumentar el tiempo de uso.

Al ser sometidos los aceites a altas temperaturas, producen compuestos volátiles que imparten olores y sabores desagradables, todo ello debido a un proceso de enranciamiento, deteriorando sus características organolépticas, ocasionando diferentes efectos en los consumidores (Sam, 2003; Pereyra *et al.*, 2009). En una investigación con ratas cuando el 20% de la dieta administrada estuvo formada por lípidos sobrecalentados, murió el 95% al cabo de 8 semanas, mientras que una proporción del 5% en la dieta, no causó la muerte a ningún animal (Lindner, 1984; Coultate, 1998).

En otras investigaciones con animales alimentados con grandes cantidades de aceites sobrecalentados tendieron a ganar peso a una menor velocidad con respecto a los que consumieron los aceites frescos o calentados a

menor temperatura. Esto fue atribuido a la presencia de compuestos indigeribles (polímeros) formados en los aceites de fritura (Juárez y Sammán, 2007). Los aceites de fritura calentados a temperaturas desde 175-180°C hasta 200°C deben resistir la oxidación y polimerización; por lo que deben ser muy pobres en ácido linolénico, como lo es el aceite de girasol (Durán *et al.*, 2015).

Al ser las grasas y los aceites uno de los principales alimentos de consumo de la población, se hace necesario comprender las alteraciones que sufren al ser sometidas a sobrecalentamiento, lo que contribuye a acelerar su enranciamiento y por ende provoca el aumento de la acidez y el índice de oxidabilidad (Berk, 1980; Alais, 1990; Fennema, 2000); considerándose el índice de oxidabilidad como el número de miligramos de oxígeno necesarios para oxidar los productos orgánicos volátiles aldehídicos y cetónicos, destilados por el vapor de agua y contenidos en 100 gramos de materia grasa.

Vásquez (2004) realizó un estudio para determinar el índice de oxidación del aceite de girasol expuesto al medio ambiente y a calentamiento en frituras de proteínas desecadas, concluyendo que el aceite sometido a este tipo de tratamiento se deteriora más rápidamente que el expuesto al ambiente. Valorar el grado de oxidación, es importante, ya que es la alteración más frecuente en la fritura y se debe conocer cómo influye en los alimentos. El valor del índice de oxidabilidad depende del tipo de aceite, número de veces que se usa antes de renovar, binomio tiempo/temperatura, tipo de alimentos sometidos al proceso, volumen de producción, presencia de residuos, adición de aceite nuevo al que está en uso, todo esto ponen de manifiesto la importancia creciente del tema de aceites y grasas en el campo de la seguridad alimentaria ya que incide directa o indirectamente en muchos de los problemas de salud pública (Yagüe, 2003; SSA, 2012).

Consciente del deficiente conocimiento y falta de difusión y control en el uso y conservación de los aceites y del daño que originan los productos de su oxidación en la salud pública, se planteó la presente investigación para generar información científica sobre el índice de oxidabilidad y su variación en aceite de *Helianthus annuus* L. "Girasol" expuesto a calentamiento discontinuo en frituras de carne de bovino fresca y desecada y, de esta manera determinar hasta qué punto pueden ser utilizados en la alimentación humana y, orientar

su uso para evitar daños en la salud pública dada su relación con enfermedades degenerativas y/o en los animales (extendido hoy su uso en la alimentación).

## 2. Material y métodos

Se utilizó como materia prima Carne fresca de bovinos, Carne desecada de bovino y Aceite de girasol al 100%, todo obtenido en la ciudad de Trujillo.

### Método

Preparación y obtención de muestras

a. Obtención de carne fresca: La carne fresca de bovino (12,5 kg) se cortó y fileteó en porciones de 500 g para someterlos al proceso de fritura.

b. Obtención de carne desecada: Con anterioridad a las pruebas de fritura 12,5 kg de carne fresca se cortó y fileteó en porciones de 500 g y se sometió a secado al medio ambiente por 5 días.

c. Obtención de muestras del aceite de girasol: Muestra basal: Previo a la primera fritura se obtuvo una muestra de 50 mL del total de aceite a utilizar (5 L).

Muestra Calentada: Se tomó 50 mL después de cada fritura en frascos de vidrio previamente identificados, dejándolo enfriar y conservándolo a 8 °C hasta su posterior análisis.

### Procedimiento

Ciclos de calentamiento discontinuo: Se inició los ciclos de calentamiento a una temperatura comprendida entre 160 y 180 °C para lo cual se colocó 5,0 L del aceite en un recipiente de acero inoxidable, adecuado para la fritura. Después de calentar el aceite se procedió a freír (fritura profunda) las muestras de carne fresca por cinco minutos, a intervalos de 8 horas hasta obtener 25 frituras. El mismo procedimiento se aplicó para la fritura de carne desecada. Determinación del porcentaje de acidez y el índice de oxidabilidad. Se evaluó la acidez como un parámetro de calidad y comparación, por estar relacionado con el índice de oxidabilidad.

### Porcentaje de acidez

En un matraz de capacidad adecuada se pesó entre 1 a 2 g de aceite, se agregó 60 mL alcohol-éter, 3 gotas de fenolftaleína, se agitó y valoró con solución de KOH 0,1 N hasta coloración ligeramente rosada. Se anotó los mililitros gastados y se efectuó los cálculos.

El cálculo del porcentaje de acidez se expresó en ácido oleico, relacionando la muestra a 100 g y teniendo en cuenta la equivalencia:

1 mL KOH 0,1 N - 0,02824 g ácido oleico.

### Índice de oxidabilidad

En un vaso pequeño tarado se pesó 25 g de la muestra tal cual y se pasó el contenido a un balón de 500 ml de fondo redondo y cuello largo que contenía 100 ml de agua destilada. Se volvió a pesar el vaso y por diferencia se obtuvo la cantidad de muestra necesaria.

El balón con la muestra se adaptó a un balón generador de vapor de agua y a un refrigerante. Se destiló 100 mL haciendo pasar una corriente de vapor de agua, a la vez se calentó en baño maría hirviendo el balón que contiene la muestra a evaluar.

En un matraz de capacidad adecuada se colocó 10 mL del destilado, 50 mL de agua destilada, 10 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 20% y 50 mL de KMnO<sub>4</sub> 0,01 N, recién preparado a partir de una solución 0,100 N, se llevó a baño de agua hirviendo con refrigerante de reflujo durante 5 minutos. Se dejó enfriar a 30 °C y se agregó 50 mL de ácido oxálico 0,01 N, el líquido quedó completamente decolorado. Luego se procedió a titular el exceso de ácido oxálico con KMnO<sub>4</sub> 0,01 N hasta una coloración ligeramente rosada y se anotó la cantidad de mL gastados.

Paralelamente se hizo un blanco, para lo cual, en otro matraz de capacidad conveniente, se colocó en lugar del destilado 10 mL de agua destilada y se anotó el número de mL gastados.

### Cálculo del índice de oxidabilidad (IO)

$$I.O = (N - n) 80/p$$

Donde:

I.O = Índice de oxidabilidad

N = KMnO<sub>4</sub> 0,01N gastados en muestra

n = KMnO<sub>4</sub> 0,01N gastados en el blanco.

80 = equivalente de oxígeno en porcentaje.

p = cantidad de muestra en gramos.

Se aceptan los valores de índice de Oxidabilidad de 3, si este índice es mayor, se estima que se trata de un aceite rancio no apto para el consumo (Ronalds, 1993).

### Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron agrupados y expresados en tablas y se analizó con estadística descriptiva.

## 3. Resultados y discusión

Una de las principales aplicaciones de las grasas comestibles es su utilización para freír alimentos. Durante la fritura se puede producir una absorción del aceite por parte del alimento y un intercambio de compuestos lipídicos entre el alimento y el baño de fritura (aceite).

La intensidad de estos fenómenos dependerá de la naturaleza del aceite, así como del tipo de

tratamiento al que son sometidos. Sin importar la fuente todos los aceites se deterioran lenta o rápidamente dependiendo de factores controlables y no controlables. Entre los controlables se encuentran las prácticas de manejo, tipo de fritura, relación entre cantidad de alimento y volumen de aceite, el tipo de alimento, la temperatura que alcanzan los aceites al calentamiento, la reposición o no de aceite, la adición de aceite nuevo, el retiro de los restos de alimentos en el aceite y el tiempo de utilización. Entre los no controlables se resalta la presencia de oxígeno. Las reacciones de oxidación serían las más importantes por ser las más relacionadas con la salud y la nutrición (Dana, 2006).

El porcentaje de acidez y el índice de oxidabilidad son dos parámetros que coinciden, ya que para que actúe el oxígeno es más fácil en aquellas moléculas que no tienen impedimento estérico como los diacilglicéoles y monoacilglicéoles y es más difícil en los triglicéridos, por lo tanto, a mayor porcentaje de acidez mayor probabilidad de oxidación de la molécula lipídica.

**Tabla 1**

Porcentaje de acidez en muestras de aceite de *Helianthus annuus* L. "Girasol", sometidas a calentamiento en frituras de carne fresca

Día	Muestra	% de acidez
1°	Basal	0,10
1°	Mañana	0,11
	Tarde	0,12
	Noche	0,14
2°	Mañana	0,12
	Tarde	0,13
	Noche	0,15
3°	Mañana	0,20
	Tarde	0,25
	Noche	0,41
4°	Mañana	0,20
	Tarde	0,26
	Noche	0,49
5°	Mañana	0,24
	Tarde	0,29
	Noche	0,35
6°	Mañana	0,29
	Tarde	0,40
	Noche	0,31
7°	Mañana	0,31
	Tarde	0,39
	Noche	0,37
8°	Mañana	0,49
	Tarde	0,45
	Noche	0,51
9°	Mañana	0,46

### Porcentaje de acidez

El análisis de las muestras de aceite sometido a calentamiento en frituras de carnes fresca (Tabla 1) muestra % de acidez que variaron desde 0,11 a 0,51% al octavo día, con un valor basal de 0,10%, valor ligeramente inferior a los valores obtenidos después del calentamiento.

La carne fresca fue sometida a fritura por cinco minutos a intervalos de 8 horas y se puede observar que el porcentaje de acidez se fue incrementando a través de los ciclos de fritura, lo cual es concordante con las investigaciones de Giovanelli et al. (2004); Sanibal y Manzani-Filho (2005); Valenzuela y Morgado (2005), quienes indican que la acidez siempre aumenta conforme avanza el tiempo de fritura, pasando por diferentes fases, siendo en la segunda fase donde se incrementa la acidez derivada de un proceso de hidrólisis, este comportamiento es independiente al tipo de aceite utilizado. El incremento de la acidez también se explica por la presencia de ácidos grasos libres presentes (Rivera et al., 2014), los cuales pueden ir liberándose por los procesos de lipólisis que ocurren por el efecto del proceso de fritura y los componentes de la carne.

Machado et al. (2008) sostienen que el porcentaje de acidez del aceite se puede incrementar al estar expuesto durante el día a diferentes contaminantes del ambiente como hongos, levaduras, etc. Asimismo, consideran que la composición del alimento en particular el contenido de agua en la carne fresca, hidrolizan los triglicéridos y liberan ácidos grasos incrementando la acidez; igualmente refieren que durante el calentamiento del aceite o grasa a temperaturas cercanas a los 200°C, la materia grasa comienza a sufrir un deterioro irreversible al que contribuyen diversos factores propios del proceso y de la naturaleza de la grasa, observándose reacciones de tipo oxidativo, hidrolítico y térmico, las que producen una mezcla compleja de compuestos, identificada como "compuestos polares".

### b. Porcentaje de acidez en muestras de aceite de *Helianthus annuus* L. sometidas a calentamiento en frituras de carne desecada

El análisis de las muestras de aceite sometidos a calentamiento en frituras de carne desecada (Tabla 2), presentan % de acidez con variaciones que van desde 0,10 a 0,46% alcanzado el noveno día, con un porcentaje de acidez basal de 0,12.

**Tabla 2**

Porcentaje de acidez en muestras de aceite de *Helianthus annuus* L. "Girasol", sometidas a calentamiento en frituras de carne desecada

Día	Muestra	% de acidez
1°	Basal	0,12
1°	Mañana	0,10
	Tarde	0,12
	Noche	0,13
2°	Mañana	0,12
	Tarde	0,13
	Noche	0,12
3°	Mañana	0,17
	Tarde	0,19
	Noche	0,22
4°	Mañana	0,19
	Tarde	0,23
	Noche	0,23
5°	Mañana	0,23
	Tarde	0,28
	Noche	0,29
6°	Mañana	0,30
	Tarde	0,32
	Noche	0,26
7°	Mañana	0,30
	Tarde	0,36
	Noche	0,37
8°	Mañana	0,44
	Tarde	0,42
	Noche	0,37
9°	Mañana	0,46

Los valores del porcentaje de acidez para carne desecada fueron menores a los de carne fresca. Igualmente se fueron incrementando paulatinamente, hasta alcanzar un valor máximo, resultados que son concordantes con Machado *et al.* (2008). En términos generales los porcentajes de acidez en ambos casos fueron menores a los establecidos en Chile para su descarte fijado en 1%, Panamá fija el 3% como valor máximo permisible en ácidos grasos libres y otras normativas utilizan como criterio de descarte valores que superan el 2,5% (Rivera *et al.*, 2014). El Código Alimentario Argentino (2006) señala que deben descartarse los aceites cuando la acidez libre alcanza el 1,25% expresada como ácido oleico.

### c. Índice de oxidabilidad en muestras de aceite de *Helianthus annuus* L. en fritura de carne fresca

El índice de oxidabilidad en aceite de fritura de carne fresca (Tabla 3) varió desde 2,46 a 12,95, y el índice de la muestra basal fue 2,13. Como se puede observar los índices de oxidabilidad del aceite en frituras de carne fresca, van en aumento, obteniéndose el valor máximo de 12,95 al séptimo día por la mañana. Sin embargo, los valores de oxidabilidad superiores a 3 (3,98) ya se observan al segundo día (solo 3

frituras equivalente a un ciclo) e indican que el aceite ya no es apto para el consumo.

**Tabla 3**

Índice de oxidabilidad de muestras de aceite de *Helianthus annuus* L. "Girasol", en frituras de carne fresca

Día	Muestra	Índice de Oxidabilidad
1°	Basal	2,13
1°	Mañana	2,85
	Tarde	2,46
	Noche	2,71
2°	Mañana	3,98
	Tarde	4,60
	Noche	4,50
3°	Mañana	7,20
	Tarde	6,05
	Noche	8,03
4°	Mañana	7,34
	Tarde	6,88
	Noche	7,04
5°	Mañana	7,36
	Tarde	8,53
	Noche	8,93
6°	Mañana	12,04
	Tarde	10,61
	Noche	8,91
7°	Mañana	12,95
	Tarde	9,59
	Noche	11,25
8°	Mañana	9,47
	Tarde	9,54
	Noche	11,69
9°	Mañana	6,89

Estos resultados son similares a lo reportado por Sanibal y Manzani-Filho (2005) quienes observaron rancidez oxidativa mucho antes en aceite de girasol, observándola luego de 10 horas de fritura a temperaturas entre 160° C y 180 °C., asimismo, Ciappini *et al.* (2016) reportaron que el aceite de girasol refinado y de oliva extra virgen, sometidos a proceso de fritura, modificaron sus parámetros fisicoquímicos a partir del segundo ciclo de fritura, mientras que se percibieron cambios sensoriales para el aceite de oliva, en el cuarto ciclo. Sin embargo, Bastidas y Sánchez-Muñiz (2001), reportaron una vida útil del aceite de girasol hasta de 22 frituras en diferentes alimentos.

Los resultados, difieren, asimismo, de lo reportado por Bermúdez (2004) quien determinó que el aceite de girasol sometido a calentamiento en fritura de carne fresca llegó a no ser apto para la alimentación recién al séptimo día. Jara (2009) utilizando aceite de Zea mays en frituras cada 12 horas de carne de bovino fresca y desecada, encontró índices de oxidabilidad de 2,8 y 3 respectivamente considerando que solo se puede utilizar el aceite hasta el segundo y tercer

día por la mañana respectivamente, resultados que difieren de la presente investigación donde el aceite ya no era apto para consumo al segundo día, lo cual podría deberse a que el aceite de girasol se sometió a mayor número de frituras (cada 8 h) y también a que este aceite es más susceptible a la oxidación, por la mayor concentración de ácidos grasos insaturados, como lo afirman [Silva et al. \(2010\)](#).

En los valores del índice de oxidabilidad se observó incremento hasta alcanzar un máximo y luego disminuyeron, lo cual se debería a que durante el proceso de calentamiento hay pérdida de compuestos. Estos compuestos se pierden por ser de naturaleza volátil tales como aldehídos, cetonas, alcoholes y los productos de su reacción; es por eso que se obtienen valores en algunos casos altos y el siguiente es menor. Teóricamente en los procesos autooxidativos, por la naturaleza de la reacción y los componentes que se van generando, los valores del índice de oxidabilidad deben ir en aumento, se estabilizan y disminuyen dado por los compuestos generados en el proceso de terminación de las reacciones y a medida que continúa el proceso autooxidativo los dobles enlaces van disminuyendo, esto explica el comportamiento del porque se incrementan al inicio y luego disminuyen al final ([Pereyra et al., 2009](#)). [Pereyra et al. \(2009\)](#), [Gharachorlo et al. \(2010\)](#) y [Ariza et al. \(2011\)](#) consideran que las diferencias de estabilidad a la oxidación de los aceites se deben fundamentalmente a sus ácidos grasos constituyentes como los ácidos grasos insaturados o polinsaturados, que son más sensibles a las reacciones de oxidación. Sin embargo, [Yagüe \(2003\)](#) considera que el grado de oxidación del aceite de girasol en frituras es relativamente aceptable.

[Juárez y Sammán \(2007\)](#) consideran que el calentamiento en presencia de aire causa la conversión parcial de los aceites en productos de escisión volátiles, en derivados oxidados no volátiles y en dímeros, polímeros o compuestos cíclicos. Considerando finalmente que el modo en que se modifican las propiedades del medio de transferencia de calor, puede afectar la calidad de los productos fritos al incrementar la oxidación del aceite.

#### d. Índice de Oxidabilidad en muestras de aceite de *Helianthus annuus* L. sometidas a calentamiento en frituras de carne desecada

El índice de oxidabilidad ([Tabla 4](#)) vario desde 2,31 a 10,98 al sexto día por la noche y con un valor basal de 2,09.

**Tabla 4**

Índice de oxidabilidad de muestras de aceite de *Helianthus annuus* L. "Girasol", en frituras de carne desecada

Día	Muestra	Índice de Oxidabilidad
1°	Basal	2,09
1°	Mañana	2,82
	Tarde	2,31
	Noche	2,48
2°	Mañana	3,10
	Tarde	3,00
	Noche	3,84
3°	Mañana	4,30
	Tarde	6,08
	Noche	5,52
4°	Mañana	6,23
	Tarde	6,11
	Noche	8,19
5°	Mañana	7,57
	Tarde	6,13
	Noche	7,42
6°	Mañana	9,72
	Tarde	10,23
	Noche	10,98
7°	Mañana	7,05
	Tarde	5,43
	Noche	5,86
8°	Mañana	4,21
	Tarde	8,26
	Noche	4,90
9°	Mañana	5,09

Como se puede observar el Índice de oxidabilidad del aceite en fritura de carne desecada tuvo el mismo comportamiento que el índice de oxidabilidad de carne fresca, incrementándose hasta alcanza un valor máximo y luego fueron disminuyendo; el día dos por la mañana el valor alcanzado fue de 3,10, lo cual lo hace no apto para el consumo, cabe resaltar que los valores de oxidación fueron menores a los observados en frituras de carne fresca (3,98).

En este tipo de fritura sucedió igualmente los procesos de autooxidación lipídica originados por el sobrecalentamiento del aceite debido al rehúso sometido cada 8 horas, proceso muy común en la industria culinaria; así como, por los procesos hidrolíticos y oxidativos propiamente dichos. Sin embargo, [Zamorano et al. \(2013\)](#) encontraron que el aceite de girasol sufre mayor deterioro cuando el calentamiento se prolonga

por más de 50 horas. Quizá otro aspecto que puede haber influido en los niveles del índice de oxidación encontrados en la presente investigación tanto en fritura de carne fresca como desecada podría deberse al utensilio usado para la fritura, que en este caso fue un recipiente de acero inoxidable y según [Quintaes](#)

et al. (2007) el acero inoxidable presentó un alto desprendimiento de hierro y níquel, lo cual favorecen la oxidación del aceite por la presencia de metal, concluyendo que los mejores recipientes son los de vidrio y aluminio, resultados similares encontró Suatema (2009). En forma general se puede afirmar que los aceites sometidos a procesos de sobrecalentamiento en frituras de carne fresca como en este caso, son más oxidados y liberan más ácidos grasos de sus triglicéridos que los aceites expuestos a frituras de carne desecada y a factores ambientales, además al freír, la humedad a la que es expuesto el aceite en sobrecalentamiento aumenta, incrementando así la liberación de ácidos grasos y como consecuencia el aumento del porcentaje de acidez y del índice de oxidabilidad, concordante con Rivera et al. (2014) quienes consideran que la presencia de humedad en el sistema aceite - alimento va a favorecer las reacciones de hidrólisis en el medio al provocar la ruptura del enlace éster de los triglicéridos dando lugar a la aparición de ácidos grasos libres, monoglicéridos, diglicéridos y glicerol y acidez, así como sabores y olores indeseables. Respecto a los ácidos grasos libres el manual de Inspección de Aves y Carnes del Ministerio de Agricultura de los Estados Unidos, indica que un contenido de ácidos grasos libres mayor al 2% son generalmente indicativos que los aceites o grasas de fritura no son idóneos y deben ser eliminados. Finalmente, Bansal et al. (2010) refieren que todo proceso térmico a los que se somete los aceites comestibles, ocasionan oxidación la que induce cambios químicos importantes de los aceites, que pueden afectar directamente la calidad del aceite comestible; especies radicalarias de oxígeno pueden causar daños irreversibles al reaccionar con moléculas biológicas, tales como ADN, proteínas o lípidos, así como propiedades mutagénicas y teratogénicas según lo refieren Grootveld et al. (2015). La oxidación de lípidos es un proceso nocivo para el consumidor por lo que se hace necesario, educación nutricional, seguridad alimentaria, protección a los consumidores y el ambiente y, regular los valores aceptables de uso a través de investigaciones pertinentes.

#### 4. Conclusiones

El calentamiento discontinuo del aceite de *Helianthus annuus* L. "Girasol" incrementaron el porcentaje de acidez y el índice de oxidabilidad, con deterioro termoxidativo del aceite tanto en fritura de carnes frescas como desecadas.

El aceite de *Helianthus annuus* L. "Girasol" sometido al proceso de calentamiento discontinuo en carnes frescas y desecadas fueron más oxidados respecto a la muestra basal, llegando a no ser apto para su consumo al segundo día (valores mayores a 3). La mayor humedad de la carne fresca incremento el % de acidez y por ende el índice de oxidabilidad del aceite, siendo mayor al de la carne desecada. Es imperante realizar más investigaciones con los aceites de uso común, y determinar los cambios que experimentan en su perfil lipídico al ser sometidos a calentamiento y recalentamiento y sus efectos en la salud pública. El desconocimiento del manejo adecuado de los aceites de fritura, de la legislación y la falta de supervisión por parte de entes gubernamentales y sanitarios, son causas principales de no realizar el descarte en el momento adecuado para garantizar la salud de los consumidores.

#### Orcid

M. Mantilla-León  <https://orcid.org/0000-0002-4371-1967>

#### Referencias bibliográficas

- Alais, C. 1990. Bioquímica de los alimentos. 2da. Edición. Editorial Masson S.A. Barcelona, España. 218 pp.
- Ariza, O.J.A.; López, V.F.; Coyotl, H.J.; Ramos, C.M.E.; Díaz, R.J.; Marinez, Z.A. 2011. Efecto de diferentes métodos de extracción sobre el perfil de ácidos grasos en el aceite de aguacate (*Persea americana* Mill. Vars. Hass). Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos 2(2): 263-276.
- Bansal, G.; Zhou, W.; Barlow, P.J.; Joshi, P.S.; Lo, H.L.; Chung, Y.K. 2010. Review of rapid tests available for measuring the quality changes in frying oils and comparison with standard methods. Crit Rev Food Sci Nutr 50(6): 503-514.
- Bastida, S.; Sánchez-Muniz, F.J. 2001. Thermal oxidation of olive oil, sunflower oil and a mix of both oils during forty discontinuos domestic frying of different foods. Food Sci Tech Int 7: 15-21.
- Bermúdez, B. 2004. Estudio comparativo del estado de oxidación de aceite de girasol expuesto al medio ambiente y sometido al calor en frituras de proteínas (carne fresca). Tesis de pregrado. Universidad Nacional de Trujillo. Perú. 31 pp.
- Berk, Z. 1980. Bioquímica de los alimentos de JBS Brawerman. 2da. Edición, El Manual Moderno S.A. México. 358 pp.
- Ciappini, M.; Gatti, M.; Cabreriso, M.; Chain, 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): 155-163.
- Cabreriso, M.S.; Chain, P.N.; Gatti, M.B.; Ciappini, M.C. 2017. Modificaciones químicas y sensoriales producidas en aceites de girasol y de oliva virgen extra según relevamiento de procedimientos de fritura doméstica en adultos de la ciudad de Rosario. Diaeta 35(158): 8-15.
- Código Alimentario Argentino (CAA). 2006. Alimentos Argentinos.
- Coultate, T. 1998. Manual de Química y Bioquímica de los Alimentos. 2da. Edición. Editorial Acribia S.A. Zaragoza, España. 376 pp.
- Claude-Chefiel, C. 1992. Introducción a la Bioquímica y Tecnología de los alimentos. 2da. Edición. Editorial Acribia S.A. Zaragoza (España). 333 pp.
- Dana, D. Saguy IS. 2006. Review: mechanism of oil uptake during deep-fat frying and the surfactant effect-theory and myth. Adv Colloid Interface Sci. 128-130: 267-72.

- Durán, S.; Torres, J.; Sanhueza, J. 2015. Aceites vegetales de uso frecuente en Sudamérica: características y propiedades. *Nutrición Hospitalaria* 32: 11-19.
- Druart, C.; Dewulf, E.M.; Cani, P.D.; Neyrinck, A.M.; Thissen, J.P.; Delzenne, N.M. 2014. Gut microbial metabolites of polyunsaturated fatty acids correlate with specific fecal bacteria and serum markers of metabolic syndrome in obese women. *Lipids* 49(4): 397-402.
- Fennema O.R. 2000. *Química de los alimentos*. 2da. Edición. Editorial Acribia S.A. Zaragoza, España. 1243 pp.
- Franco, D. 2012. Aceites para frituras. *Revista Alimentaria Argentina* (53): 23.
- Giovanelli, O.M.; Guerra M.N.; Daniel P.E.; Trincherro J.L.; Dal Lago, C.C.; Monti, M.C. 2004. Estabilidad fisicoquímica y sensorial en aceites durante la fritura de papa. *Unidad Integrada Facultad de Ciencias Agrarias (UNMDP), INTA Balcarce*.
- Gharachorlo, M.; Ghavami, M.; Mahdiani, M. Azizezhad, R. 2010. The effects of microwave frying on physicochemical properties of frying and sunflower oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 87: 355-360.
- Grootveld, M.; Ruiz, V.; Silwood, C. 2015. Detección, monitoreo y efectos perjudiciales para la salud de los productos de oxidación lipídica (LOPs) generados en los aceites comestibles durante episodios de estrés térmico. *Grasas y Aceites* 100(3): 444-462.
- Jara, D.R. 2009. Variación del Índice de Oxidabilidad en aceite de Zea maíz expuesto a factores ambientales y calentamiento en frituras de carnes frescas y desecadas. Tesis de Doctorado. Universidad Nacional de Trujillo. Perú. 30 pp.
- Juárez, M.; Sammán, N. 2007. El deterioro de los aceites durante la fritura. *Rev Esp Nutr Comunitaria* 13(2): 82-94.
- Lindner, E. 1984. *Toxicología de los Alimentos*. Editorial Acribia, Zaragoza, España. 138 pp.
- Machado, E.; Dobarganes, M. C.; Abrantes, S. 2008. Alterações dos óleos de palma e de soja em fritura descontinua de batatas. *Ciênc.Tecnol.Aliment.,Campinas* 28(4): 786-792.
- Mestdagh, F.; De Meulenaer, B.; Peteghem, C.V. 2007. Influence of oil degradation on the amounts of acrylamide generated in a model system and in French fries. *Food Chem* 100: 1153-9.
- Navas, J. 2005. Optimización y control de la calidad y estabilidad de aceites y productos de fritura. Memoria para optar al grado de Doctor en Farmacia, Universidad de Barcelona, España. 416 pp.
- Pereyra, M.; Costamagna, D.; Rodríguez, P.; Speltini, C.; Coppo, G. 2009. Autooxidación de aceites vegetales comerciales. *Rumbos Tecnológicos* 1: 53-63.
- Quintaes, K.D.; Amaya-Farfan, J.; Morgano, M.A.; Almeyda, N.M. 2007. Migración de hierro y níquel, y estabilidad oxidativa del aceite refinado de soja calentado en utensilios culinarios de diversos materiales. *Grasas y Aceites* 58: 334-8.
- Rivera, Y.; Gutiérrez, C.; Gómez, R.; Matute, M.; Izaguirre, C. 2014. Cuantificación del deterioro de aceites vegetales usados en procesos de frituras en establecimientos ubicados en el Municipio Libertador del Estado Mérida. *Ciencia e Ingeniería* 35(3): 157-164.
- Romero, A.; Bastida, S.; Sánchez-Muñiz, F.J. 2006. Cyclic fatty acid monomer formation in domestic frying of frozen foods in sunflower oil and high oleic acid sunflower oil without oil replenishment. *Food Chem Toxicol* 44: 1674-1678.
- Ronald, H. 1993. *Análisis Químico de los Alimentos de Pearson*. 3ra Edición. Editorial Continental, S.A. DE.CV. México. 586 pp.
- Sam, D. 2003. Integrated approach to deep fat frying: engineering, nutrition, health and consumer aspects. *J Food Engin* 56: 143-52.
- Sanibal, E.A.A.; Manzini-Filho, J. 2005. Aceite para freír y la calidad de grasa medida por análisis químicos, físicos y con equipos de ensayo de laboratorio. En *A y G Libro 10° aniversario. Recopilación de Artículos Técnicos*. Ediciones de 1 a 41-1990/2000. Ed. ASAGA (Asociación Argentina de Grasas y aceites). 170 pp.
- Secretaría de Salud Actualización (SSA). 2012. *Prevención, Diagnóstico y Tratamiento del Sobrepeso y la Obesidad Exógena*. Editorial CENETEC, Cuauhtémoc. México. 82 pp.
- Silva, L.; Pinto, J.; Carrola, J.; Paiva-Martins, F. 2010. Oxidative stability of olive oil after food processing and comparison with other vegetable oils. *Food Chemistry* 121: 1177-1187.
- Suaterna, A.C. 2009. La fritura de los alimentos: El aceite de fritura. *Perspect Nutr Humana* 11: 39-53.
- Valenzuela, A.; Morgado, N. 2005. Las grasas y aceites en la nutrición humana: algo de su historia. *Rev. chil. nutr* 32(2): 88-94.
- Vásquez, J. 2004. Estudio comparativo del estado de oxidación de aceite de Girasol (IdealR) expuesto al medio ambiente y sometido al calor en frituras de proteínas desecadas. Tesis de Pregrado, Universidad de Trujillo. Trujillo. 31 pp.
- Willis, M.; Lencki, W.; Marangoni, A.G. 1998. Lipid Modification Strategies in the Production of Nutritionally Functional Fats and Oils. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 38: 639-674.
- Yagüe, M. 2003. Estudio de utilización de aceites para frituras en establecimientos alimentarios de comidas preparadas, Escuela de prevención i Seguretat Integral. UAB. Bellaterra. 34 pp.
- navasorano, M.; Martínez, S.; Medel, J. 2013. Comportamiento del perfil de ácidos grasos de aceites y materias grasas hidrogenadas sometidos a calentamiento prolongado. *Rev. Fac. Cienc. Agrar. Univ. Nac. Cuyo* 45(1): 32-38.

