

Análisis de los aceites vegetales y su estabilidad en la fritura

Analysis of vegetal oils and their stability at high temperatures during frying

Dayli M. Montenegro-Bonilla^a, Nathalia L. Flores-Flores^b, Brenda M. Rodríguez-Lira^c, Nadia I. Arriaga-Montiel^d, Diana I. Yáñez-Chávez^e, Esther Ramírez-Moreno^f

Abstract:

Oils are an important part of people's diet, this product is used in different ways in culinary preparations to provide organoleptic qualities in food. Currently, the most used procedure to cook food is frying with oil, also is used cold for seasoning salads, so nowadays they are available in the market thanks to the new technologies of the companies, but not always these new proposals are the best for health. In the present article, the existing evidence on the characteristics of oils was evaluated in order to know the best for thermal treatment in food preparation. A search was carried out in different databases (Google Scholar, Dialnet, PubMed, Elsevier, UAEH digital library), resulting in a total of 51 references in which 8 vegetable oils were evaluated (olive, EV olive, sunflower, sesame, coconut, soybean, avocado and canola) and a comparative table was made with their nutritional characteristics and quality parameters. The best oils found according to the nutritional characteristics were the olive EV, olive, avocado and sunflower oil, while for stability at high temperatures were canola, sunflower and soybean oil, therefore, the consumption of oils that present minor structural changes during frying should be preferred to avoid compounds that harm health, the changes during frying should continue to be studied since they are not concluded.

Keywords:

Oil, stability, high temperature, frying

Resumen:

Los aceites son parte importante de la dieta de las personas, este producto es empleado de diversas formas en las preparaciones culinarias para proveer cualidades organolépticas en los alimentos. Actualmente el procedimiento más utilizado para cocinar los alimentos es la fritura con aceite o para ser utilizado en frío para condimentación de ensaladas, por lo que hoy en día se encuentran disponibles en el mercado gracias a las nuevas tecnologías de las empresas, pero no siempre estas nuevas propuestas son las mejores para la salud. En el presente artículo se evaluó la evidencia existente sobre las características de los aceites con la finalidad de conocer cuáles son los ideales para este tratamiento térmico en la preparación de alimentos. Se realizó una búsqueda en diferentes bases de datos (Google Scholar, Dialnet, PubMed, Elsevier, biblioteca digital de la UAEH), teniendo como resultado un total de 51 referencias sobre información nutricional y estabilidad para el freído. Con apoyo de estas referencias se evaluaron 8 aceites vegetales (oliva, oliva extra virgen (EV), girasol, sésamo, coco, soja, aguacate y canola) y se realizó una tabla comparativa con sus características nutricionales y parámetros de calidad. Los mejores aceites encontrados de acuerdo a las características nutricionales fueron el de oliva, oliva EV, soya y girasol, mientras que por estabilidad ante las altas temperaturas resultaron ser el de canola, girasol y soya, por lo que, se debe preferir el consumo de aceites que presentan menores cambios estructurales durante este procesamiento para evitar la

^a Autor de Correspondencia, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, <https://orcid.org/0000-0003-1312-7230>, Email: mo366494@uaeh.edu.mx

^b Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, <https://orcid.org/0000-0002-6245-939X>, Email: fl354212@uaeh.edu.mx

^c Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, <https://orcid.org/0000-0002-4670-8720>, Email: ro335098@uaeh.edu.mx

^d Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, <https://orcid.org/0000-0002-0146-1509>, Email: ar332581@uaeh.edu.mx

^e Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, <https://orcid.org/0000-0002-5340-352X>, Email: ya421738@uaeh.edu.mx

^f Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, <https://orcid.org/0000-0002-9928-8600>, Email: estherramirez@uaeh.edu.mx

formación y consumo de compuestos que dañan la salud, se deben de seguir estudiando los cambios ocurridos durante la fritura ya que aún no se cuenta con información disponible suficiente.

Palabras Clave:

Aceite, estabilidad, temperatura alta, fritura

Introducción

Los aceites son parte importante de la dieta actual de las personas, ya que este producto es empleado de diversas formas en las preparaciones culinarias para proveer cualidades organolépticas en los alimentos. Así mismo, estos productos también desarrollan acciones nutricionales importantes al proveer ácidos grasos esenciales, vitaminas liposolubles y generar sensación de saciedad en la dieta de las personas (Alonso-Rossel y Chuqui-Diestra, 2019; Banerjee, 2017).

Los ácidos grasos esenciales como los MUFA (ácidos grasos monoinsaturados) y PUFAs (ácidos grasos poliinsaturados), los cuales generan beneficios a la salud, ya que reduce los niveles de colesterol en sangre y el riesgo de enfermedades cardiovasculares, además son importantes para el desarrollo de la retina y del cerebro en la infancia, y en la formación de eicosanoides, los cuales participan en la regulación de la homeostasis vascular en etapas posteriores de la vida (FAO, 2008). Ejemplo de ello son los omega 3 y 6 que son considerados como esenciales porque el cuerpo no es capaz de producir las insaturaciones en las posiciones de estos compuestos, por lo que es necesario incluir fuentes alimentarias que las proporcionen.

El omega 3 y 6 son considerados como esenciales porque el cuerpo no es capaz de producir las insaturaciones en las posiciones de estos compuestos, por lo que es necesario incluir fuentes alimentarias que las proporcionen.

El omega 3 es antioxidante, ya que equilibra el número de radicales libres en el organismo, retardando el envejecimiento de las paredes de las membranas celulares, así mismo tiene propiedades antiinflamatorias, es capaz de reducir triglicéridos en sangre, ayudan al control de la glucosa e insulina, tienen efectos en los síntomas de ovario poliquístico y es inmunoregulador. La cantidad de ingesta recomendada para prevenir enfermedades es de 1-1.6 g/día (Mahan, y Raymond, 2017).

Por otro lado, se encuentran presentes otros antioxidantes como son los tocoferoles que actúan evitando la oxidación del aceite debido a que destruye a los radicales libres, prolongando su vida útil (Sayago, Marín, Aparicio y Morales, 2017).

En relación con el contenido de ω_6 , su presencia es benéfica ya que tiene propiedades anticancerígenas (Dierge et al., 2021), reducen niveles plasmáticos de triglicéridos, colesterol LDL y alanina aminotransferasa, del mismo modo, aumentan la sensibilidad a la insulina (Van Name et al., 2020),

Los β -carotenos presentes se caracterizan por influir en el crecimiento y proteger de infecciones en ojos y aparato respiratorio, son necesarios para mantener la salud de la piel y las membranas mucosas y aumentan la resistencia inmunológica. Su falta origina una serie de trastornos en el organismo, especialmente en la piel y las mucosas, cuya estructura se altera (Inutcam, 2010; Quintana-López et al., 2018).

Estos aceites se utilizan cotidianamente en la elaboración de platillos en técnicas culinarias como la fritura, que se define como el procedimiento donde el aceite actúa como medio de transferencia de calor entre 160-180°C o más (Banerjee, 2017; Blandón, 2022). Esta acción conlleva a la degradación de los aceites por medio de reacciones de oxidación, hidrólisis, polimerización, pirólisis, absorción de olores y sabores extraños (Badui-Dergal, 2006) principalmente porque durante este tratamiento, el aceite y el alimento llevan a cabo una transferencia de calor y sólidos que resultan en cambios sensoriales del producto (Alonso-Rossel y Chuqui-Diestra, 2019).

La calidad e inocuidad de los alimentos fritos depende de la calidad del aceite utilizado, esto debido a que el procesamiento de alimentos a altas temperaturas empleando estos productos tiene muchas ventajas sensoriales; sin embargo, también puede dar lugar a la aparición de compuestos potencialmente perjudiciales para la salud que se conservan en los alimentos. La acroleína es un β -aldehído insaturado que se genera durante la fritura, esta sustancia promueve la formación de acrilamida por reacciones de Maillard, cuya presencia es inaceptable por ser neurotóxica y cancerígena para el ser humano (Alonso-Rossel y Chuqui-Diestra, 2019). De igual manera los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) son otras de las sustancias que aparecen durante este calentamiento térmico y se relacionan con daños a la salud por ser cancerígenos, mutagénicos y genotóxicos (Alonso-Rossel y Chuqui-Diestra, 2019).

Por lo tanto, para evitar la formación de estos compuestos tóxicos es importante utilizar aceites que contengan un

mayor porcentaje de ácidos grasos saturados, debido a que a mayor porcentaje de estos o menor contenido de ácidos grasos insaturados, el aceite tendrá mayor estabilidad frente al deterioro por las temperaturas aplicadas (Blandón, 2022).

El punto de humo, de acuerdo con la NMX-F-048-SCFI-2012, es aquella temperatura en la que el aceite comienza a emitir una corriente de humo y por consiguiente se comienzan a producir compuestos de descomposición que dependen de ácidos grasos libres y glicerol, además se pueden presentar un color oscuro y cambios en el sabor (Diario Oficial de la Federación, 2012).

Los ácidos grasos libres (AGL) pueden surgir a partir de la hidrólisis causada por la pérdida de humedad del alimento al momento del freído (Bazina y He, 2018), estos compuestos pueden causar cambios indeseables en el producto, como color oscuro, mal sabor y además puede reducir el punto de humo. Por lo que la NMX-F-101-SCFI-2012 sugiere que este indicador sea <0.05%, también establece que este porcentaje en la mayoría de aceites puede ser calculado como ácido oleico, a excepción del aceite de coco (ácido láurico) y el de palma (ácido palmítico) (Diario Oficial de la Federación, 2012).

La densidad del aceite tiende a incrementarse cuando es sometido a altas temperaturas, ya que se llevará a cabo una polimerización, de este modo los alimentos absorben más cantidad de aceite, dando un aspecto más grasoso (Badui-Dergal, 2006).

De igual manera el índice de acidez, es un indicador que hace referencia a la cantidad en miligramos de hidróxido de potasio necesaria para neutralizar los ácidos grasos libres en 1g de aceite o grasa y permite conocer la estabilidad, ya que la acidez se debe a la presencia de ácidos grasos libres, los cuáles son liberados de la molécula de triacilglicéridos cuando estos sufren hidrólisis por factores externos que causan esta descomposición, por lo que, a mayor grado de acidez, menor calidad (Badui-Dergal, 2006; Gutiérrez-Guerrero, 2019).

Los peróxidos son uno de los principales compuestos resultantes de la oxidación de los ácidos grasos insaturados. Con base a esto, el índice de peróxidos determina el estado de oxidación primaria de un aceite antes de que se aprecie el olor y sabor a rancio, es decir, indica los miliequivalentes de oxígeno en forma de peróxido por kilogramo de grasa o aceite (Diario Oficial de la Federación, 2010). Entre menor sea el índice, menor será la cantidad de aldehídos y cetonas que modifiquen sus propiedades organolépticas del aceite (Alonso-Rossel y Chuqui-Diestra, 2019 y Ramírez-Nieves, 2018).

El índice de yodo según la NMX-F-152-SCFI-2011 es aquella medida que indica la insaturación de las grasas y aceites expresando la cantidad numérica de centigramos de yodo adsorbido por gramo de muestra (% de yodo

absorbido) (Diario Oficial de la Federación, 2011, Gutiérrez-Guerrero, 2019).

Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue recopilar información sobre los aceites comestibles usados para el freído y poder establecer una recomendación nutricional.

Metodología

Se realizó una búsqueda en diferentes bases de datos (Google Scholar, Dialnet, PubMed, Elsevier, biblioteca digital de la UAEH) y libros de tecnología y composición alimentaria, empleando términos Mesh: Cooking, Food Quality, Hot Temperature, Oils, Volatile / chemistry, Oxidation-Reduction, Peroxides / analysis, Plant Oils / chemistry, y operadores booleanos para hacer más eficiente la búsqueda de la información en idioma inglés y español. Así mismo se aplicaron filtros en años de publicación, seleccionando fuentes publicadas entre los años 2002 y 2022. Con los datos recopilados se realizó una tabla comparativa con sus características nutricionales en contenido (omegas 3, 6 y 9, tocoferoles y β -carotenos). Además, la información de los parámetros de calidad de los aceites se concentró en una tabla comparativa.

Resultados

De la búsqueda realizada en las bases de datos, se emplearon un total de 51 fuentes de información de las cuales se evaluaron 8 aceites vegetales: oliva, oliva EV, girasol, sésamo, coco, soja, aguacate y canola.

En la tabla 1 se presenta el contenido nutricional de los aceites de cocina que se utilizan regularmente para preparar los alimentos a través de la fritura y cuyo contenido brinda nutrientes de interés para la salud humana, por otro lado, es importante considerar que algunos aceites no deberían utilizarse para este procedimiento por sus características y compuestos que pueden formar a altas temperaturas.

Tabla 1. Contenido de aceites sin ningún tratamiento (%)

| Aceites | ω 9 | ω 6 | ω 3 | MUF A | PUF As | T μ g/g | β -C μ g/ g |
|-------------|--------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| Oliva | 74.7 ⁵ \pm 0.03 | 7.36 \pm 0.05 ⁵ | 0.94 ⁵ \pm 0.0 | 75.8 \pm 0.00 ⁵ | 8.59 \pm 0.00 ⁵ | 236 \pm 7.5 5 ⁵ | 0.1 0 0 2 ⁵ |
| Oliva EV | 76.7 6 \pm 0.01 ⁵ | 6.05 \pm 0.01 ⁵ | 0.92 \pm 0.0 ⁵ | 77.7 \pm 0.00 ⁵ | 7.22 \pm 0.00 ⁵ | 229 \pm 6.13 5 | 0.4 5 0 1 ⁵ |
| Girasol | 27.8 | 60.2 | 0.0 | 28.2 | 60.6 | 610 | - |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|------------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|---|--|--------------|------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------------|--------------------------|--------------------------------|
| | $\pm 0.16^5$ | $\pm 0.25^5$ | $\pm 0.0^5$ | $\pm 0.00^5$ | $\pm 0.00^5$ | $\pm 7.73^5$ | - | | $\pm 0.00^2$ | $\pm 0.00^1$ | 0.00 ²³ | 0.00 ¹¹ | 0.00 ¹¹ | $\pm 0.00^{23}$ | |
| Sésamo | 40.8 $\pm 0.31^5$ | 41.6 $\pm 0.76^5$ | 0.72 $\pm 0.19^5$ | 41.4 $\pm 0.00^5$ | 43.5 $\pm 0.00^5$ | 332 $\pm 13.43^5$ | - | | Oliva EV | 205.5 $\pm 0.00^1$ | 0.17 $\pm 0.00^{24}$ | 0.91 $\pm 0.01^{24}$ | ≤ 0.8 $\pm 0.00^{24}$ | 4.7 $\pm 0.00^{25}$ | ≤ 0.20 $\pm 0.00^{25}$ |
| Coco | 7.99 $\pm 1.01^5$ | 1.86 $\pm 0.13^5$ | 0.0 $\pm 0.00^5$ | 9.25 $\pm 0.00^5$ | 2.11 $\pm 0.00^5$ | - | - | | Girasol | 234.0 $\pm 1.0^1$ | 0.2 $\pm 0.00^2$ | 0.92 $\pm 0.00^{10}$ | 0.45 $\pm 0.00^{10}$ | 26.53 $\pm 1.14^{10}$ | 252.13 $\pm 0.51^{10}$ |
| Canola | 7.87 $\pm 7.87^3$ | 1.86 $\pm 0.01^7$ | 0.03 $\pm 0.00^7$ | 59 $\pm 0.00^6$ | 30 $\pm 0.00^6$ | 504-817 $\pm 0.00^8$ | - | | Sésamo | 232 $\pm 0.00^{26}$ | 0.2 $\pm 0.00^{26}$ | 0.9 $\pm 0.2^{21}$ | Max 0.6 ²¹ | Max 10 ²¹ | 103-116 ²¹ |
| Aguacate | 66.45 $\pm 0.00^3$ | 10.81 $\pm 0.00^3$ | 0.67 $\pm 0.00^3$ | 80 $\pm 0.00^7$ | 11-15 ⁷ | 300.6 $\pm 0.00^1$ | - | | Coco | 150.0 $\pm 1.0^1$ | 1.11 $\pm 0.00^{13}$ | - | 1.03 $\pm 0.00^{16}$ | 7.510 $\pm 2.51^{16}$ | 98.66 $\pm 9.55^{16}$ |
| Soja | 17.7-28.5 ⁴ | 49.0-57.1 ⁴ | 5.5-9.5 ⁴ | 23 $\pm 0.00^6$ | 58 $\pm 0.00^6$ | 925.27 $\pm 0.00^4$ | - | | Soja | 210 $\pm 10^{20}$ | 0.052 $\pm 0.00^{24}$ | 0.91 $\pm 0.01^{10}$ | 1.01 $\pm 0.00^1$ | 14.6 $\pm 1.13^{10}$ | 227.73 $\pm 0.54^{10}$ |
| Manteca | 42.2 $\pm 0.00^8$ | 4.4 $\pm 0.00^2$ | 0.9 $\pm 0.00^{28}$ | 0.451 $\pm 0.00^{28}$ | 0.112 $\pm 0.00^{28}$ | - | - | | Aguacate | 196.67 $\pm 0.00^2$ | 1.95 $\pm 0.8^2$ | 0.91-0.92 ²² | 0.27 $\pm 0.07^9$ | 7,28 $\pm 0,21^9$ | 78.22 $\pm 0.00^{22}$ |
| | | | | | | | | | Canola | 228 $\pm 1.0^1$ | 0.07 $\pm 0.00^2$ | 0.91 $\pm 0.00^{27}$ | 0.83 $\pm 0.00^{13}$ | 3.76 $\pm 0.00^{13}$ | 106.53 $\pm 0.00^{13}$ |
| | | | | | | | | | Manteca | 180 ± 0.00 | 0.25 $\pm 0.00^{11}$ | 0.89-0.90 ¹² | 0.54 $\pm 0.00^1$ | 19 $\pm 0.00^{11}$ | 127.53 $\pm 0.00^{11}$ |

Nota: ω = Omega; MUFA= Ácidos grasos monoinsaturados; PUFA= Ácidos grasos poliinsaturados; T= Tocoferoles; β -C: Betacaroteno; -= Datos no reportados; \pm = Desviación estándar (DE).
¹Campos-Hernández et al., (2011); ²Guillaume, De Alzaa y Ravetti, (2018); ³Oleofinos, (2013); ⁴Ortega, (2002); ⁵Redondo et al., (2018); ⁶Ros et al., (2015); ⁷Rosales, Rodríguez y Ramírez, (2005); ⁸Sánchez, Fernández y Nolasco, (2017).

Tabla 2. Evaluación de la calidad de los aceites en fritura.

| Aceites | Punto de humo (°C) | AGL (%) | Densidad (kg/m ³) | Índice de acidez (mg) | Índice de peróxidos (mEq O ₂ /kg) | Índice de yodo (%) |
|---------------------|----------------------|----------------------|-------------------------------|--------------------------|--|--------------------------|
| Valor de referencia | 220 °C ²⁰ | <0.05% ¹⁴ | 0.84 - 0.96 ¹⁷ | Mayor ^{17 y 18} | Menor ^{15 y 16} | Mayor ^{16 y 19} |
| Oliva | 208 | 0.28 | 0.91 \pm | ≤ 1 \pm | ≤ 20 \pm | 0.14 |

Nota: AGL= Ácidos grasos libres; EV= Extra virgen; -= Datos no encontrados; \pm = Desviación estándar (DE).
⁹Álvarez, Ciro y Arango, (2018); ¹⁰Cueva-Paredes, (2021); ²Guillaume, De Alzaa y Ravetti, (2018); ¹¹Pastrana-Moncayo, (2016); ¹²Ramírez-Nieves, (2018); ¹³Tabasum et al., (2012), ¹⁴Diario Oficial de la Federación, (2012); ¹⁵Alonso-Rossel y Chuqui-Diestra, (2019); ¹⁶Ramírez-Nieves, (2018); ¹⁷Badui-Dergal, (2006); ¹⁸Gutiérrez-Guerrero, (2019); ¹⁹Diario Oficial de la Federación, (2011); ²⁰PROFECO, (2010); ²¹Gustav Heess, (2016); ²²Smart Cooking, (2018); ²³Paucar-Menacho et al., (2015); ²⁴Ortega, (2002); ²⁵Pastrana-

Moncayo, (2016); ²⁶Ruiz-Mora, (2022); ²⁷Secretaría De Economía, (2017); ²⁸Escobar-Gómez, (2016).

Dentro de los elementos evaluados se encuentran a los ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga, como los ω_9 , ω_6 y ω_3 . De manera general, los omegas tienen una gran importancia, ya que desarrollan papeles esenciales en la salud, siempre y cuando mantengan un equilibrio en sus proporciones (FAO,2008).

El aceite con mayor cantidad de ω_9 fue el aceite de oliva extra virgen ($76.76 \pm 0.01\%$) seguido por el aceite de oliva ($74.7 \pm 0.03\%$) y el de aguacate (66.45%), siendo el componente más importante del grupo de los MUFAs. Los aceites que presentan menores valores de este tipo de ácidos grasos fueron el de canola ($7.87 \pm 7.87\%$) y el de coco ($7.99 \pm 1.01\%$). Es de relevancia considerar que los ácidos grasos ω_9 no son esenciales, ya que pueden ser sintetizados en el organismo, sin embargo, y estos aceites pueden ser considerados como fuente de estos componentes.

Por otra parte, la cantidad de ingesta recomendada de omega 3 y 6 es de 1 a 1.6 g/ día, y estos componentes son esenciales, por lo que es importante su consumo a partir de la dieta en alimentos que se consideran fuentes (Mahan y Raymond, 2017).

Los aceites presentaron valores bajos (entre 0 y 0.94%) de omega 3, con excepción del aceite de soja fue el que reportó mayores cantidades (5.5-9.5%).

Los aceites que presentaron niveles mayores de omega 6 fueron el de girasol ($60.2 \pm 0.25\%$), soja (49.0-57.1%) y sésamo ($41.6 \pm 0.76\%$) representando al grupo de aceites conocidos como PUFAS. Estos mismos aceites presentaron un alto contenido de tocoferoles al igual que el aceite de canola. (229- 925.7 $\mu\text{g/g}$).

Respecto a los β -carotenos, el aceite vegetal que aporta mayores cantidades es el de oliva extra virgen ($0.45 \pm 0.01 \mu\text{g/g}$) y el que presenta menor cantidad es el de oliva ($0.10 \pm 0.02 \mu\text{g/g}$).

Tanto el nivel de tocoferoles como de betacarotenos es importante, ya que funcionan como antioxidantes, lo que proporciona mayor estabilidad en el aceite (Sayago, Marín, Aparicio y Morales, 2017).

Con base en los datos analizados anteriormente, es posible destacar que los aceites oliva extra virgen, oliva, aguacate, girasol, soja, sésamo y canola presentan componentes importantes nutricionalmente como aceites monoinsaturados (MUFAS) y poliinsaturados (PUFAS), y

antioxidantes como tocoferoles y β -carotenos con implicaciones positivas en la salud muy importantes (Quintana-López, Hurtado-Oliva, Hernández y Palacios-Mechetnov, 2018)., por lo que debe incentivarse ampliamente su consumo en la población. La manteca y el aceite de coco no presentaron estos componentes por lo que su consumo debe ser limitado.

En la tabla 2, se resumen los valores que indican los parámetros de calidad de los aceites de origen vegetal y la manteca. De acuerdo con los datos de referencia los aceites que presentaron mejores parámetros de calidad fueron el aceite de canola, girasol y soja. En primer lugar el aceite de canola que cumplió con buena puntuación en 5 parámetros de calidad (punto de humo mayor a la temperatura recomendada, buena densidad, baja formación de peróxidos y baja formación de ácidos grasos libres) de acuerdo a los valores de referencia especificados en la Tabla 2 (Punto 220°C , densidad $0.84-0.96 \text{ kg/m}^3$, bajo índice de peróxidos, ácidos grasos libres con un porcentaje menor a 0.05% y mayor porcentaje de índice de yodo). El de girasol presentó tres buenas puntuaciones (un punto de humo mayor a la temperatura recomendada, buena densidad, mayor índice de yodo) de acuerdo a los valores de referencia especificados, de la misma forma que el aceite de soja presentó (densidad, índice de acidez y yodo). Los demás aceites cumplieron con menos parámetros de calidad de acuerdo a la referencia establecida. Por lo que de acuerdo con Jimenez-Lopez, et al. (2020), es importante su utilización en frío cuidando ciertos factores como es la temperatura, exposición a la luz, envasado y presencia de oxígeno para conservar sus propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, cardioprotectoras, anticancerígenas, entre otras.

Por tanto, considerando los datos de la tabla 1 y 2, es posible determinar que el aceite de girasol es una de las mejores opciones a considerar al momento de la fritura, tanto por los compuestos presentes en su estructura como por su estabilidad al ser sometido a este tipo de tratamientos. Según el trabajo realizado por Velasco-Varo, Fernández-Martínez y Pérez-Vich (2020), el aceite de girasol tiene una estabilidad alta al calor, esto debido principalmente a su contenido de tocoferoles presentes en dicho producto. De manera contraria, su índice de peróxidos es el más elevado según lo reportado en la tabla 2, esto debido principalmente a el contenido de ácidos grasos saturados, especialmente el palmítico, esteárico y linoleico, ya que estos son más susceptibles a sufrir oxidaciones. Dichos resultados fueron similares a los obtenidos por Ciappini, Gatti, Cabreriso y Chaín (2016) quienes analizaron el proceso de fritura del aceite de girasol en comparación con el aceite de oliva, en donde

reportaron que la oxidación del aceite de girasol se favorece a medida que se incrementa la concentración de ácidos grasos insaturados por los altos contenidos de ácidos grasos poliinsaturados en comparación con los monoinsaturados. Sin embargo, según lo reportado por Velasco-Varo, Fernández-Martínez y Pérez-Vich (2020), una modificación en la distribución de estos ácidos grasos saturados (menor porcentaje de ácido palmítico, esteárico y linoleico y mayor porcentaje de oleico) y una mayor presencia de tocoferoles favorecen la estabilidad de este producto.

En relación al aceite de soja, el estudio realizado por Juárez, Masson y Sammán (2007) en el que se evalúa el comportamiento de los aceites en el proceso de fritura de alimento cárnico se observó que deterioro térmico y oxidativo del aceite de soja resultando en el más alto en ácidos insaturados linoleico y linoléico después de la fritura, recordando que estos compuestos son benéficos para la salud y dando como resultado una opción estable para la fritura de alimentos hasta por 56 horas de calentamiento, de igual forma el índice de acidez se mantuvo debajo de lo recomendado, hasta la hora 42 de calentamiento, pero tomando en cuenta que las prácticas cotidianas no toman ese tiempo, podemos considerarlo una opción recomendable para su consumo; de acuerdo a otro estudio (Benvidades et al, 2022) en el que se comparan 9 aceites y sus características, se pudo observar que el aceite de soja tiene menor cantidad de grasas saturadas en comparación con los aceites de aguacate y ajonjolí, y mayor cantidad de PUFAS en comparación con una mezcla con maíz y palma, al igual que mayor cantidad en comparación con los aceites de aguacate y ajonjolí, destacando que se debe de optar por un consumo moderado en grasas saturadas debido a sus funciones en el organismo y su asociación con enfermedades cardiovasculares (Unhapitpong C, et al, 2021) prefiriendo los ácidos grasos insaturados PUFAS, y $\omega 3, \omega 6$ y $\omega 9$, en los cuáles el aceite de soja es alto.

No obstante, los autores Marchesino, López, Guerberoff y Olmedo (2020) obtienen de su investigación una conclusión relevante acerca de los aceites. Ellos mencionan que la mezcla de diferentes aceites vegetales puede cambiar la composición de estos productos, ya que de esta manera se complementan las deficiencias en composicionales dando oportunidad a contar con mayores cantidades de ácidos grasos, de antioxidantes naturales y lípidos bioactivos y simultáneamente mejorar la estabilidad de los aceites y del producto terminado.

Discusión

Los aceites son una de las opciones más comunes y conocidas que proporcionan grasas a la dieta, mismas

que desarrollan importantes actividades en el organismo, por lo que se debe considerar en todo momento que su aporte sea de una adecuada fuente alimentaria para que su acción en el organismo sea adecuada y no fomenten la aparición de complicaciones que se deriven en enfermedades crónicas no transmisibles (PROFECO, 2010).

La Procuraduría Federal del Consumidor (Profeco) ha realizado estudios en donde se analizan y verifican los ingredientes, calidad y datos reportados en etiquetas nutricionales de diferentes marcas de aceites comerciales que se encuentran en el mercado, dicha evaluación se realizó en más de 30 aceites. En su mayoría los aceites comerciales reportan o no comprueban la información declarada en la etiqueta nutricional, además de proporcionar la cantidad de ácidos grasos monoinsaturados, poliinsaturados y saturados, resistencia a la rancidez y temperatura de humeo de cada uno de ellos; concluyendo que las mejores opciones a considerar al momento de la compra tanto por su calidad como por su precio son el aceite "Piramide" y el "1-2-3" (PROFECO, 2010).

En un segundo estudio se evaluó la calidad de 32 productos de aceites comestibles para determinar la tendencia que estos tenían al enranciamiento, presentando un cambio negativo en el sabor y color, entre los aceites analizados se encontraban los de cacahuete, ajonjolí, aguacate y uva, se cuantificó el índice de peróxido, destacando que el aceite de aguacate tiene una mayor tendencia a volverse rancio debido al alto índice de peróxidos, y el aceite de ajonjolí debido a la acidez libre, pero esto dependerá mucho de el envase y las condiciones en las que se almacene el producto final, estas características negativas se pueden equiparar a un índice de peróxidos altos, ya que entre mayor sea el índice para tendencia a rancidez tendrá (PROFECO, 2019).

La cuantificación de estos compuestos es de suma importancia para la preservación de la salud, ya que se han encontrado estudios en los cuáles se ha relacionado el alto porcentaje de peróxidos y efectos nocivos para la salud como pérdida de peso y mortalidad, así como gran toxicidad, ya que son sustancias reactivas que pueden modificar proteínas, ácidos nucleicos y otras biomoléculas in vivo; de igual manera se han comparado estudios en los cuáles animales son sometidos a una dieta alta en aceites termo-oxidados en las cuáles se encontraron ratas con carcinomas gástricos, daño renal, cardíaco y aterosclerosis (Abilés et al, 2009).

Conclusión

En la actualidad existe una gran variedad de aceites en el mercado a los cuales la población tiene acceso, sin embargo, no se cuenta con información disponible y suficiente que nos hable de las características que presenta cada uno de ellos, para de esta manera, realizar una mejor elección en las diferentes preparaciones culinarias, como lo es el proceso de la fritura, ya que su consumo en exceso es perjudicial para la salud, por lo tanto, se busca utilizar aquellos que presente menores cambios estructurales durante este procesamiento.

Con base a la investigación realizada, se recomienda el uso en frío del aceite de oliva extra virgen, oliva, aguacate y girasol por sus propiedades nutricionales y de acuerdo a los parámetros evaluados en la calidad de los aceites para la fritura, se puede concluir que los aceites que presentaron mejores parámetros de calidad fueron el aceite de canola, girasol soya y oliva extra virgen. Aunque estos aceites reunieron más parámetros favorables y menor formación de sustancias dañinas para la salud en comparación con los demás, se deben tener consideraciones en algunas características ya que sus valores no están dentro de los permitidos.

Dentro de las consideraciones que se deben tomar en cuenta al momento de la selección de un aceite comercial está elegir el aceite que tenga menor cantidad de ácidos grasos saturados, fomentar el control de las condiciones de almacenamiento, fritura y reutilización de los aceites y principalmente hacer conciencia en la población sobre los efectos a la salud que se generan a partir de un adecuado o inadecuado manejo de este producto comercial.

Finalmente, se sugiere estudiar con mayor profundidad la combinación de diferentes aceites en este proceso térmico para aumentar el aprovechamiento de cada una de las propiedades nutricionales que brindan a diferencia del otro, así como agregar a los parámetros de evaluación de los aceites el índice de saponificación, las reacciones de polimerización, reacciones oxidativas que impliquen la formación y descomposición de hiperóxidos, alcoholes, ésteres, cetonas, hidrocarburos, acrilamidas, hidroxí y epoxiácidos; así como glicéridos, dímeros y polímeros de ácido para poder obtener un mayor panorama de la calidad de los aceites y poder realizar mejores elecciones para la salud.

Referencias

Abilés, J; Ramón, A.N., Moratalla, G., Pérez-Abud, R., Morón-Jimenez, J. y Ayala, A. (2009). *Efectos del consumo de aceites termo-oxidados sobre la peroxidación lipídica en animales de laboratorio*. Nutr. Hosp. 24(4)

Alonso-Rossel, F. E. y Chuqui-Diestra, A. B. (2019). *Efecto de la mezcla de aceite semi refinado de pescado (Engraulis Ringens) con aceite de oliva*

(*Olea Europaea*) en su estabilidad oxidativa y características físico químicas [tesis de licenciatura]. Perú: Universidad Nacional Del Santa; Recuperado a partir de: <http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/3303/49001.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Álvarez, M., Ciro, H., Arango, J. (2018). Caracterización fisicoquímica de oleogeles de aceite de aguacate (*Persea americana*) y sachá inchi (*Plukenetia volubilis*). *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 21 (1): 89-97.

Badui-Dergal, S. (2006). Lípidos. En: Badui Dergal S. *Química de los alimentos*. 4a ed. México: Pearson Educación; pp. 245-297.

Banerjee, S. A. (2017). Short Review on Vacuum Frying-A Promising Technology for Healthier and Better Fried Foods. *International Journal of Nutrition and Health Sciences*, 2(1): 68-71.

Benavides, D. A., Muñoz, Ángel, D., Arenas, M.A., Ariza, D.V., Aldana, D.J., Arango, M., Amador, M.C., Mora, M. & Gómez, L.F. (2022). Grasa y aceites provenientes de la dieta: consideraciones para su consumo en la población colombiana. *Universitas Medica*, 63(1). <https://doi.org/10.11144/Javeriana.umed63-1.gras>

Blandón, S. (2022). Importancia de las grasas y aceites en la dieta y los efectos de la operación de fritura sobre la inocuidad de los alimentos. *Revista Ciencia y Tecnología El Higo*, 12(1): 42-52.

Bazina, N. y He, J. (2018). Analysis of fatty acid profiles of free fatty acids generated in deep-frying process. *Journal of food science and technology*, 55(8): 3085-3092. Available from: <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3232-9>

Campos-Hernández, N., Cruz-Castillo, J. G., Hernández-Montes, A., y Rubio-Hernández, D. (2011). Aceite de frutos de *Persea schiedeana* en sobremaduración y cosechados de árboles en estado silvestre. *Universidad y ciencia*, 27(2), 179-189.

Ciappini, M. C., Gatti, B., Cabreriso, M. S. y 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): 155-165.

Cueva-Paredes, D. E. (2021). Efecto del número de ciclos de fritado de papa blanca y tipos de aceite vegetal en la estabilidad y concentración de compuestos polares de cada aceite residual? [tesis de licenciatura]. Perú: Universidad Nacional Del Santa; Recuperado a partir de: <http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/3725/52250.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Diario Oficial de la Federación (2012). *NMX-F-048-SCFI-2012 Alimentos – Aceites y grasas vegetales o animales – Determinación de punto de humeo, flama e ignición - Método de prueba [en línea]*. Ciudad de México: Secretaría de Economía; [citado el 23 de septiembre de 2022]. Disponible en https://caisatech.net/uploads/XXI_2_MXD_C10_NMX-F-048-SCFI-2012_R0_22ABR2013.pdf

Diario Oficial de la Federación (2012). *NMX-F-101-SCFI-2012 Alimentos – Aceites y grasas vegetales o animales – Determinación de ácidos grasos libres - método de prueba [en línea]*. Ciudad de México: Secretaría de Economía [citado el 23 de septiembre de 2022]. Disponible en https://caisatech.net/uploads/XXI_2_MXD_C10_NMX-F-101-SCFI-2012_R0_17SEP2012.pdf

Diario Oficial de la Federación (2010). *NMX-F-154-SCFI-2010 ALIMENTOS – Aceites y grasas vegetales o animales - determinación del valor de peróxido – método de prueba* [citado el 23 de septiembre de 2022]. Disponible en <https://vdocuments.mx/norma-mexicana-nmx-f-154-scfi-2010-alimentos-.html?page=2>

- Diario Oficial de la Federación (2011). *NMX-F-152-SCFI-2011 alimentos - aceites y grasas vegetales o animales - determinación del índice de yodo por el método ciclohexano – método de prueba [en línea]*. Ciudad de México: Secretaría de Economía [citado el 23 de septiembre de 2022]. Disponible en https://caisatech.net/uploads/XXI_2_MXD_C10_NMX-F-152-SCFI-2011_R0_1JUN2011.pdf
- Dierge, E., Debock, E., Guillaud, C., Corbet, C., Mignolet, E., Mignard, L., Bastien, E., Dessy, C., Larondelle, Y., y Feron, O. (2021). Peroxidation of n-3 and n-6 polyunsaturated fatty acids in the acidic tumor environment leads to ferroptosis-mediated anticancer effects. *Cell metabolism*, 33(8), 1701–1715.e5. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2021.05.016>.
- Escobar-Gómez, G. (2016). *Desarrollo de un programa de cómputo para la estimación de propiedades fisicoquímicas del biodiesel [tesis de maestría]*. Yucatán: Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C.; Recuperado a partir de: https://cicy.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1003/1138/1/PCER_M_Tesis_2016_Escobar_Giovanni.pdf
- FAO. (2008). *Grasas y ácidos grasos en nutrición humana, consulta de expertos*. FAO:España. ISBN:978-92-5-306733-6.
- Guillaume, C., De Alzaa, F., y Ravetti, L. (2018). Evaluation of chemical and physical changes in different commercial oils during heating. *Acta Scientific Nutritional Health*, 2(6), 2-11.
- Gustav Heess (2016). *Aceite de sésamo refinado (Especificación - producto no. Sp3084c)*. <https://www.gustavheess.com/wp-content/uploads/2017/11/3084esp.pdf>
- Gutiérrez-Guerrero, M. C. (2019). *Estructuración de aceite vegetal mediante interesterificación y organogelación [tesis doctoral]*. Aguascalientes: Universidad Autónoma de Aguascalientes. Recuperado a partir de: <http://bdigital.dgse.uaa.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/11317/1799/439385.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Inutcam. (2010). *Alimentos funcionales, aproximación a una nueva alimentación*. Comunidad Autónoma de Madrid (CAM)
- Jimenez-Lopez, C., Carpena, M., Lourenço-Lopes, C., Gallardo-Gomez, M., Lorenzo, J. M., Barba, F. J., Prieto, M. A., y Simal-Gandara, J. (2020). Bioactive Compounds and Quality of Extra Virgin Olive Oil. *Foods (Basel, Switzerland)*, 9(8), 1014. <https://doi.org/10.3390/foods9081014>
- Juárez, M. D., Masson, L. & Sarmán, N., de Alimentos. (2007). Deterioro de aceite de soja parcialmente hidrogenado empleado en la fritura de un alimento cárnico. *Grasas y Aceites*, 56 (1), 53-58. <https://doi.org/10.3989/gya.2005.v56.i1.134>
- López, M. C. y López, H. (2010). Grasas y aceite. En: Gil A. *Tratado de Nutrición. Tomo II. Composición y Calidad Nutritiva de los Alimentos*. 2a ed. México: Médica Panamericana; pp. 361-396
- Marchesino, M. A., López, P. L., Guerberoff, G. K. y Olmedo, R. H. (2020). Los procesos de fritura y su relación con los valores nutricionales y la inocuidad: Una visión integral desde la seguridad alimentaria. *Nexo Agropecuario*, 8 (1): 43-51.
- Mahan, L.K. y Raymond, J.L. (2017). *Krause's Food and the Nutrition Care Process*. Elsevier. (14 edición., pp. 29-37).
- Molina-García, L., Santos, C. S. P., Cunha, S. C., Casal, S. y Fernandes, J. O. (2017). Comparative fingerprint changes of toxic volatiles in low PUFA vegetable oils under deep-frying. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 94(2), 271-284.
- Oleofinos. (2013). *Especificación técnica. Aceite de soya R.B.D.* Disponible en: <https://oleofinos.com.mx/fichas/aceite%20de%20soya.pdf>
- Ortega, G. J. (2002). *Determinación de las Condiciones Óptimas de Blanqueo y su Influencia Sobre la Calidad y Contenido de Tocoferoles en Aceite de Soya*. [tesis de maestría]. Sonora: Universidad de Sonora; Recuperado a partir de: <http://www.bidi.uson.mx/TesisIndice.aspx?tesis=1620>
- Pastrana-Moncayo, L. (2016). *Análisis de la calidad del aceite de oliva virgen: relación entre la estabilidad oxidativa y la composición fenólica [tesis de licenciatura]*. Sevilla: Universidad de Sevilla; Recuperado a partir de: <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/56330/MEMORIA%20DE%20UCIA%20PASTRANA%20MONCAYO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pagano Puentes, M y Fernández, E (comp.). (2010.). *Lípidos: aspectos tecnológicos y abordaje nutricional en la salud y en la enfermedad*. Udelar.CSEP.
- Pastrana-Moncayo, L. (2016). *Análisis de la calidad del aceite de oliva virgen: relación entre la estabilidad oxidativa y la composición fenólica [tesis de licenciatura]*. Sevilla: Universidad de Sevilla; Recuperado a partir de: <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/56330/MEMORIA%20DE%20UCIA%20PASTRANA%20MONCAYO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Paucar-Menacho, L. M., Salvador-Reyes, R., Guillén-Sánchez, J., Caparobles, J., y Moreno-Rojo, C. (2015). Estudio comparativo de las características físico-químicas del aceite de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.), aceite de oliva (*Olea europaea*) y aceite crudo de pescado. *Scientia Agropecuaria*, 6(4), 279-290. <https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2015.04.05>
- PROFECO (2010). Estudio de calidad: aceites vegetales comestibles. La sartén por el mango. *El consumidor*, 36-48. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/119152/Estudio_Aceites_Vegetales_Comestibles_36-48_Octubre_2010.pdf
- PROFECO (2019). Aceites vegetales. *El consumidor*, 7-27. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/490747/ESTUDIO_CALIDAD_ACEITES_VEGETALES_.pdf
- Quintana-López, A., Hurtado-Oliva, M. A., Hernández, C., y Palacios-Mechetnov, E. (2018). Carotenoides, ¿qué son y para qué se usan? *Ciencia*, 69(4), 50-55.
- Ramírez-Nieves, T. (2018). *Evaluación de las propiedades fisicoquímicas de aceites y grasas residuales potenciales para la producción de biocombustibles [tesis de maestría]*. Queretaro: Centro De Investigación y Desarrollo Tecnológico En Electroquímica, S.C; Recuperado a partir de: https://cideteq.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1021/369/1/Evaluaci%C3%B3n%20de%20las%20propiedades%20fisicoqu%C3%ADmicas%20de%20aceites%20y%20grasas%20residuales%20potenciales%20para%20la%20producci%C3%B3n%20de%20biocombustibles_rees.pdf
- Redondo, L., Castellano, G., Torrens, F. y Raikos, V. (2018). Revealing the relationship between vegetable oil composition and oxidative stability: A multifactorial approach. *Journal of Food Composition and Analysis*, 66(1), 221-229.
- Ros, E., López-Miranda, J., Picó, C., Rubio, M. Á., Babio, N., Sala-Vila, A., Pérez-Jiménez, F., Escrich, E., Bulló, M., Dolanas, M., Gil, H. A., y Salas-Salvado, J. (2015). Consenso sobre las grasas y aceites en la alimentación de la población española adulta: postura de la Federación Española de Sociedades de Alimentación, Nutrición y Dietética (FESNAD). *Nutrición hospitalaria*, 32(2), 435-477.
- Rosales, R. P., Rodríguez, S. V., y Ramírez, R. C. (2005). El aceite de aguacate y sus propiedades nutricionales. *e-Gnosis*, 3(10), 1-11.

- Ruiz-Mora, F. E. (2022). Extracción, caracterización e índice de estabilidad del aceite de ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) a diferentes condiciones de inhibición oxidativa [tesis de maestría]. Ecuador: Universidad Técnica De Ambato; Recuperado a partir de: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/34281/1/t1938mquim.pdf>.
- Sánchez, R. J., Fernández, M. B., y Nolasco, S. M. (2017). Potente antioxidante en aceites de canola comerciales de Argentina. *Asociación Argentina de Grasas y Aceites*, 2 (107), 320-323.
- Sayago, A. Marín, M.I., Aparico, R. y Morales, M.T. (2007). Vitamina E y aceites vegetales. *Grasas y aceites*, 58(1), 74-86.
- Secretaría De Economía (2017). NMX-F-475-SCFI-2017 Alimentos – Aceite Comestible Puro de Canola– Especificaciones (Cancela a la NMX-F-475-SCFI-2011) [en línea]. Ciudad de México: Secretaría de Economía [citado el 23 de septiembre de 2022]. Disponible en https://sitios1.dif.gob.mx/alimentacion/docs/NMX-F-475-SCFI-2017_canola.pdf
- Smart Cooking (2018). Ficha técnica aceite de aguacate oleo hass (Especificación - producto no. PSA-001582-2018). https://connectamericas.com/sites/default/files/company_files/Ficha%20T%C3%A9cnica%20Espa%C3%B1ol%20Oleo%20HASS.pdf
- Tabasum, S., Asghar, S., Ashraf, S., Baraduddin, H., Akhtar, N. y Mohammed, K. (2012). Physicochemical Characterization and Frying Quality of Canola and Sunflower Oil Samples. *J.Chem.Soc.Pak*, 34(3): 513-517.
- Unhapipatpong C, Shantavasinkul, P.C., Kasemsup, V., Siriyotha, S., Warodomwicht, D. & Maneesuwannarat, S., Vathesatogkit, P., Sritara, P. & Thakkinian A. (2021). Tropical oil consumption and cardiovascular disease: an umbrella review of systematic reviews and meta analyses. *Nutrients*,13(5),1549. <https://doi.org/10.3390/nu13051549>
- Van Name, M. A., Savoye, M., Chick, J. M., Galuppo, B. T., Feldstein, A. E., Pierpont, B., Johnson, C., Shabanova, V., Ekong, U., Valentino, P. L., Kim, G., Caprio, S., & Santoro, N. (2020). A Low ω -6 to ω -3 PUFA Ratio (n-6:n-3 PUFA) Diet to Treat Fatty Liver Disease in Obese Youth. *The Journal of nutrition*, 150(9), 2314–2321. <https://doi.org/10.1093/jn/nxaa183>
- Velasco-Varo, L., Fernández-Martínez, J. M., & Pérez-Vich, B. (2020). *El aceite de girasol con estabilidad al calor elevada*. Obtenido de Oficina Española de Patentes y marcas: <https://digital.csic.es/handle/10261/242192>
- Wen Y, Xu L, Xue C, Jiang X, Wei Z. (2020). Assessing the Impact of Oil Types and Grades on Tocopherol and Tocotrienol Contents in Vegetable Oils with Chemometric Methods. *Molecules* [Internet]; 25(21):5076. Available from: <http://dx.doi.org/10.3390/molecules25215076>