



Mejora de la estabilidad oxidativa nuggets fritos en aceite de soya enriquecido con polifenoles de coproductos agroindustriales del café

Improvement of oxidative stability of nuggets fried with soybean oil enriched with polyphenols from coffee agro-industrial coproducts

Marco Antonio Santiago-Ruiz, Ignacio García-Martínez , Alfonso Totosaus  

*Laboratorio y Planta Piloto de Alimentos, Tecnológico Nacional de México/TES Ecatepec.
Av. Tecnológico esq. Av. Central s/n., Ecatepec 55210, México. ✉ Autor de
correspondencia: atotosaus@tese.edu.mx.*

Resumen

Los productos cárnicos fritos, como los nuggets, tienen en inconveniente de que el aceite de freído puede sufrir cambio químicos y físicos importantes durante este proceso, lo cual implica detrimento en la calidad de los productos fritos. Para evitar el uso de oleorresinas de coproductos ricos en antioxidantes usando solventes, la maceración directa con el aceite vegetal es una mejor alternativa. En esta investigación se maceró cascarilla de café con aceite de soya para freír nuggets de pollo, y se determinó el efecto de los polifenoles extraídos sobre el color instrumental, la textura y rancidez oxidativa de los nuggets durante 15 días de almacenamiento bajo condiciones de refrigeración. La maceración de las cascarillas de café aumento el contenido de polifenoles con capacidad antioxidante en el aceite. No se encontró efecto del aceite de freído sobre la luminosidad ni el matiz de los nuggets, pero el aceite macerado disminuyó el tono de los nuggets. No hubo tampoco efecto sobre la textura, pero si una notable disminución de la rancidez oxidativa de los nuggets fritos con el aceite macerado. La importancia de mantener la calidad nutricional del aceite para freír es debido a la absorción de este por los alimentos, lo cual implica que además de ser fuente de ácidos grasos esenciales presentes en el aceite, es también una fuente potencial de compuestos antioxidantes.

Palabras clave: freído, aceite de soya, polifenoles, antioxidantes, rancidez, nuggets

* Recibido: 19/11/2020. Aceptado: 29/12/2021

<https://doi.org/10.24275/uam/izt/dcbs/nacameh/2021v15n2/Santiago>

Abstract

Meat frying foods, like nuggets, have the inconvenience that the oil employed to fry can suffer important chemical and physical changes during the frying process, implying a detrimental effect on the fry food quality. To avoid the use of oleoresins from coproducts rich in antioxidants employing was macerated with soybean oil to fry chicken nuggets and determine the effect on instrumental color, texture, and oxidative rancidity during 15 days of storage under refrigeration. The maceration of coffee husks with edible oil increased the polyphenols content and the antioxidant capacity. There was no effect of the frying oil on both nuggets' luminosity and hue, but the macerated oil decreased the tonality. There was no effect on texture as well, but there was a notable decrease in oxidative rancidity of the nuggets fried with macerated oil. The importance to keep the nutritional quality of the frying oil is because of the oil absorption by the foods, implying that besides being a source of essential fatty acids, is a potential source of antioxidant compounds as well.

Keywords: frying, soybean oil, polyphenols, antioxidants, rancidity, nuggets

Introducción

El freído de los alimentos es una antigua practica culinaria para desarrollar colores, olores y sabores junto con texturas características. La simultanea transferencia de calor y masa del aceite en el alimento durante el freído produce la calidad única y deseable del alimento frito, ya que el aceite de freído es el medio de transmitir calor y contribuye a la textura y sabor de este tipo de alimentos (Choe y Min, 2007). Los alimentos fritos han sido recientemente acusados de ser dañinos a la salud, pero sus beneficios a la salud incluyen: fuente importante de lípidos, conversión rápida de substancia indigeribles a digeribles por el proceso térmico, alta aceptabilidad del alimento en comparación con otros métodos de cocimiento (en la mayoría de los casos), e incremento del valor nutrimental, además de mejorar el sabor y características sensoriales (Zeb, 2019). Sin embargo, cuando el aceite de freído es calentado por un largo periodo de tiempo, y debido a factores tales como la humedad, calor y oxígeno, se producen varios cambios en el aceite como hidrolisis, oxidación y polimerización del aceite, los cuales reducen tanto la calidad del aceite como del alimento frito (Nikzad y col., .2019). Así, el repetitivo calentamiento del aceite resulta en un incremento de los ácidos grasos libres, aumento del valor de peróxido (producto primario de oxidación) y disminución de los valores de iodo, cambios que contribuyen a la destrucción de las estructuras químicas de los triacilgliceroles, y la formación de nuevos productos que aumentan la viscosidad y densidad del aceite (Maduelosi y Cooney, 2020). El consumo moderado de aceites utilizados para freír bajo condiciones de preparación de alimentos normales es seguro, pero evidentemente algunos compuestos formados pueden deteriorar su valor nutricional o ser potencialmente dañinos (Dobarganes y Márquez-Ruiz, 2015), sobre todo en lo que respecta a enfermedades cardiovasculares, donde el efecto protector de los componentes de los aceites vegetales se deteriora durante el freído,

puediendo provocar aumento en la presión arterial, alterar el perfil lipídico, además de inducir la inflamación vascular y arteriosclerosis (Ganestan y col., 2018). Así, el aceite de freído y las grasas absorbidas por el alimento frito se convierten en parte de la dieta, donde la cantidad de aceite frito consumido depende del tipo de aceite y grasa, y de la frecuencia del consumo (Andrikopoulos y col., 2002).

No obstante, el aceite de freír contribuye con compuestos fenólicos que son antioxidantes y que ayudan a prevenir la oxidación de los aceites vegetales, y la presencia de estos compuestos fenólicos en los alimentos provee propiedades benéficas durante la digestión (Zeb, 2019). En la composición del aceite vegetal, la presencia de antioxidantes como α -tocoferol, fenoles y ácidos grasos monoinsaturados es un indicador importante para predecir el comportamiento del aceite durante el proceso de freído (Nikzad y col., 2019). De este modo, la mayoría de los aceites vegetales comestibles tienen baja estabilidad oxidativa, donde las modificaciones químicas para mejorar esta propiedad incluyen el uso de antioxidantes químicos, que deben estar en bajas concentraciones para no ser tóxicos, por lo que el uso de extractos naturales con actividad antioxidante presenta una nueva generación de compuestos antioxidantes más seguros y ambientalmente amigables (Alour y Ori-Jesu, 2008). La fortificación externa de los aceites vegetales utilizados en el freído para mejorar su deterioración oxidativa incluye extractos polifenólicos de diferentes fuentes puede inhibir la degradación termo-oxidativa de los aceites (Wu y col., 2019). Las fuentes de antioxidantes son las especias, hiervas, semillas y cascaras de frutas o vegetales, debido a la alta cantidad de ácido ascórbico, tocoferoles y carotenoides, además de flavonoides, catequinas, fenoles y ácidos fenólicos que contienen (Yanishlieva y Marinova, 2001).

Dado que la soya es la mayor fuente de aceite comestible a nivel mundial, con un alto contenido de ácidos poliinsaturados (>60%, incluyendo 6-10% de ácido linoleico), siendo entonces una fuente importante de los requerimientos de ácidos grasos esenciales, pero los tres dobles enlaces del ácido linoleico lo hacen más propenso a la oxidación (Medina-Juárez y col., 1998). Durante el freído, todos los indicadores de degradación química y física incluyendo la composición de ácidos grasos, contenido total de fenoles, ácidos grasos libres, valor de peróxido, componentes polares totales y color, sugieren que la degradación es más rápida en aceite de soya en comparación con otros aceites, como el aceite de camelia (Wang y col., 2016). Debido a esto, la fortificación con antioxidantes naturales del aceite de soya para freír alimentos es importante. El objetivo de este trabajo fue el determinar el efecto de aceite de soya enriquecido con polifenoles de cascarilla de café, utilizando el aceite de soya como solvente para la maceración, sobre las características de calidad de nuggets comerciales freídos con este aceite, en cuanto a color, textura y rancidez oxidativa.

Materiales y Métodos

Cascarillas de café seco de la variedad *Coffea arabica*, de la región Frailesca del estado de Chiapas, México, obtenidas en la temporada de diciembre de 2020 a marzo del 2021, fecha

de la cosecha del fruto y posterior al beneficio en húmedo. Las cascarillas de café se trituraron y se tamizaron con la Malla # 60 (0.25 mm) para llevar a cabo la extracción de compuestos fenólicos de acuerdo con lo reportado por Li y col. (2019). Se maceró 22 % (p/p) de cascarilla de café con aceite puro de soya marca Nutrioli (Ragasa, Monterrey), mas 1% (p/p) de lecitina de soya granulada (Kickapú, S.A. de C.V., México), para extraer los compuestos fenólicos utilizando el aceite como solvente. Para la determinación de los polifenoles extraídos, se utilizó un procedimiento de extracción solido-líquido. En un embudo de decantación se mezclaron 10 mL de los aceites de los diferentes tratamientos, vegetal puro de soya previamente filtrados, con 10 ml de n-hexano. Esta mezcla fue lavada con 20 mL de una solución metanol: agua (60:40, v/v) tres veces. Los extractos se combinaron y se evaporó hasta un volumen de 5 mL aproximadamente. Se almacenaron a temperatura ambiente para su posterior análisis. Los polifenoles totales se determinaron mediante la metodología reportada por Singlenton y Rossi (1965). Se tomó una alícuota de 1 mL de muestra y se mezcló con 1 mL reactivo de Folin-Ciocalteu, enseguida se adicionó 8 mL de una solución 0.7 M de Na_2CO_3 y se colocó en la oscuridad durante 2 h para medir la absorbancia a 765 nm, extrapolando contra una curva estándar de catecol, para calcular los mg de polifenoles por g de muestra seca. La evaluación de la capacidad antioxidante de los extractos se determinó por la metodología de Re y col. (1999), utilizando la sal di-amonio del 2,2'-Azino-bis (3-etilbenzotiazolina -6-ácido sulfónico) (ABTS) (7 mM) que se mezcló con persulfato de potasio (2.45 mM), dejando reposar en oscuridad por 12 h. La solución de ABTS^+ se diluyó con la mezcla etanol:agua utilizada en los lavados del extracto, hasta un absorbancia de 0.700 a 734 nm. Se preparo una curva estándar de Trolox (15 μM) para determinar la actividad antioxidante. Se preparó una solución del extracto de cascarilla de café estandarizado a la misma concentración de polifenoles (15 μM), y se extrapoló en la curva estándar, reportando la capacidad antioxidante equivalente a Trolox (CAET).

Nuggets de pollo Bachoco (pechuga de pollo molida, empanizada y precocida, 11.89% de grasas totales, 4.7% de grasa saturada, de acuerdo con el fabricante) fueron freídos en el aceite con polifenoles de cascarilla de café en una freidora eléctrica RC-DF2 (RCA, Naucalpan, México), durante 3 minutos, con una temperatura del aceite de 160°C, hasta alcanzar temperatura interna de 90°C. Se utilizo aceite de soya sin polifenoles como control. Después del freído, los nuggets fueron enfriados a temperatura ambiente durante 1 h, dejando escurrir el aceite sobrante, para ser empacado en charolas de poliestireno con película de cloruro de vinilideno. Las muestras se almacenaron a condiciones de refrigeración (2-4°C), durante 15 días, llevando a cabo el monitoreo de parámetros de calidad como el color, textura y rancidez oxidativa.

Color instrumental

La cuantificación del color se realizó en escala CIE-Lab y se utilizó la aplicación Color Analysis (Research Lab Tools, San Pablo, Brasil), midiendo con un teléfono celular el color de las muestras rotando 90° para reportar el promedio de los valores L^* (luminosidad), a^*

(componente rojo) y b^* (componente amarillo). Con esos valores se calculó el matiz como $H = \tan^{-1} a/b$, y la tonalidad como $S = \sqrt{a^2 + b^2}$ (Little, 1975).

Textura instrumental

La textura de los Nuggets se determinó utilizando un texturómetro LFRA 4500 (Brookfield Engineering, Middleboro), equipado con una celda de 4.5 kg y la cuchilla de corte Warner-Bratzler. Las muestras fueron cortadas perpendicularmente y analizadas a una velocidad de 1 mm/s para determinar la fuerza de corte (fuerza máxima detectada durante la prueba).

Rancidez oxidativa

Se determinó la rancidez oxidativa a partir de lo reportado por Tarladgis y col. (1960). Se agregaron 50 mL de agua destilada a 50 °C a 10 g de nuggets previamente molidos y se homogenizó. Posteriormente se transfirió la mezcla a un matraz de destilación de 500 mL que contenía 47.5 mL de agua destilada a 50°C y 2.5 mL de solución de HCl 1:2 (v/v), así como 2 gotas de antiespumante a base de silicón. El matraz se colocó a destilar en una parrilla eléctrica alrededor de 10-15 minutos hasta obtener 50 mL de destilado, del cual se tomó una alícuota de 5 mL y se colocó en un tubo de ensaye con tapa, se adicionó 5 mL de la solución de TBA (0.02M en ácido acético glacial al 90%). Se taparon los tubos y se introdujeron en un baño con ebullición durante 30 minutos, se enfriaron los tubos en agua y se midió la absorbancia a 538 nm. Se preparó una curva estándar de 1,1,3,3-Tetraepoxipropano (TEP) la concentración de 3×10^{-5} M, haciendo las diluciones pertinentes (Lawlor y col., 2000).

Análisis de datos

Se llevo a cabo una análisis de varianza para determinar el efecto del tratamiento, freído con aceite de soya con polifenoles extraídos de cascarilla de café o con el aceite sin polifenoles, sobre el color instrumental, fuerzas de corte y rancidez oxidativa, durante 15 días de almacenamiento. La diferencia estadística entre medias se analizó mediante una prueba de medias de Duncan. Los análisis de llevaron a cabo en el paquete estadístico SAS versión 9.3 (SAS Institute, Cary).

Resultados y discusión

La Tabla 1 muestra los resultados para el color de los nuggets freídos con aceite macerado con cascarillas de café o con aceite sin polifenoles (control). No se encontró diferencia significativa ($p > 0.05$) en los valores de luminosidad ni matiz de las muestras freídas con el aceite control o con el aceite macerado con cascarilla de café. Solo la tonalidad fue significativamente ($P < 0.05$) mayor al utilizar el aceite macerado con cascarillas de café. Durante el periodo de almacenamiento, la luminosidad no tuvo cambios significativos ($p > 0.05$), mientras que los valores de tonalidad aumentaron significativamente ($p < 0.05$),

observando la misma tendencia en el matiz, con un incremento significativo ($p < 0.05$) de este parámetro durante los 15 días de almacenamiento.

El color de un alimento frito puede ser visto como una serie de señales de entrada percibida por el consumidor, más que como una característica física del alimento, por lo que el color dorado de los nuggets quizá le indique al consumidor que se utilizaron materiales frescos y fueron freídos correctamente (Chen y col., 2001). La incorporación de polifenoles como pigmentos (Sharma y col., 2021) puede haber modificado las componentes a^* y b^* del color, resultando en cambios en la tonalidad, además de que los principales cambios de coloración en productos fritos como los nuggets es debido al desarrollo de la reacción de Maillard. Durante el freído, el color dorado de la corteza se desarrolla de las reacciones de Maillard entre las proteínas y los azúcares reductores y la caramelización de los azúcares también, dependiente de la composición de la cobertura del nugget, además de que el contenido de humedad está directamente relacionado con la luminosidad y es un factor clave en las reacciones de Maillard durante el freído (Chen y col., 2020).

Tabla 1. Color instrumental de las muestras de Nuggets freídas con aceite conteniendo polifenoles o con el aceite control

Días	Luminosidad		Tonalidad		Matiz	
	Control	Macerado con cascarilla de café	Control	Macerado con cascarilla de café	Control	Macerado con cascarilla de café
1	51.26±8.67 a, A	58.28±8.55 a, A	54.89±10.07 a, B	54.62±5.84 b, B	34.50±1.63 a, B	39.50±7.25 a, B
5	53.95±8.25 a, A	54.17±6.09 a, A	59.57±10.08 a, AB	57.19±13.93 b, AB	35.67±2.46 a, B	36.67±2.32 a, B
10	59.97±4.49 a, A	54.38±8.05 a, A	58.43±3.42 a, AB	57.21±3.23 b, AB	38.16±2.71 a, B	35.50±4.93 a, B
15	56.48±8.66 a, A	58.51±13.92 a, A	63.32±5.69 a, A	55.19±16.18 b, A	42.83±3.07 a, A	41.17±4.41 a, A

a, b Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($P > 0.05$) para el tipo de aceite utilizado
A, B, Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($P > 0.05$) para el tiempo de almacenamiento en días

La Tabla 2 muestra los resultados de la textura de los nuggets freídos con aceite macerado con cascarilla de café o con aceite sin polifenoles (control). No se encontró diferencia significativa ($p > 0.05$) en la fuerza de corte al utilizar ambos aceites, pero la dureza disminuyó significativamente ($p < 0.05$) durante el almacenamiento. No hay un efecto por el tipo de aceite sobre el desarrollo de la textura característica, esto es, la deshidratación de la matriz interna del producto debido a la transferencia de calor, y los cambios durante el almacenamiento están relacionados con cambios en la humedad del producto, ya que el

empaquete no fue hermético. El desarrollo de la textura en productos fritos se describe en la Figura 1. Al entrar en contacto con el aceite caliente (ca. 180 °C), en los primeros segundos la temperatura superficial del alimento se iguala a la del aceite, donde la transferencia de calor es por convección natural, antes de que el agua de la superficie del alimento se vaporice. Inmediatamente después, comienza la vaporización del agua superficial, y la transferencia de calor pasa de convección natural a convección forzada por la turbulencia creada por el escape del vapor de agua al aceite circundante, empezando la formación de la región dura o crujiente debido a la pérdida de humedad. Al disminuir la humedad interna del producto y el centro térmico alcanza la temperatura del aceite, el grosor de capa o región crujiente aumenta, disminuyendo la salida de vapor de agua, hasta finalizar el burbujeo. El escape de vapor de agua y la turbulencia generada son factores que están asociados al desarrollo de radicales libres en el aceite de freído (Pérez-Chabela y Totosaus, 2010).

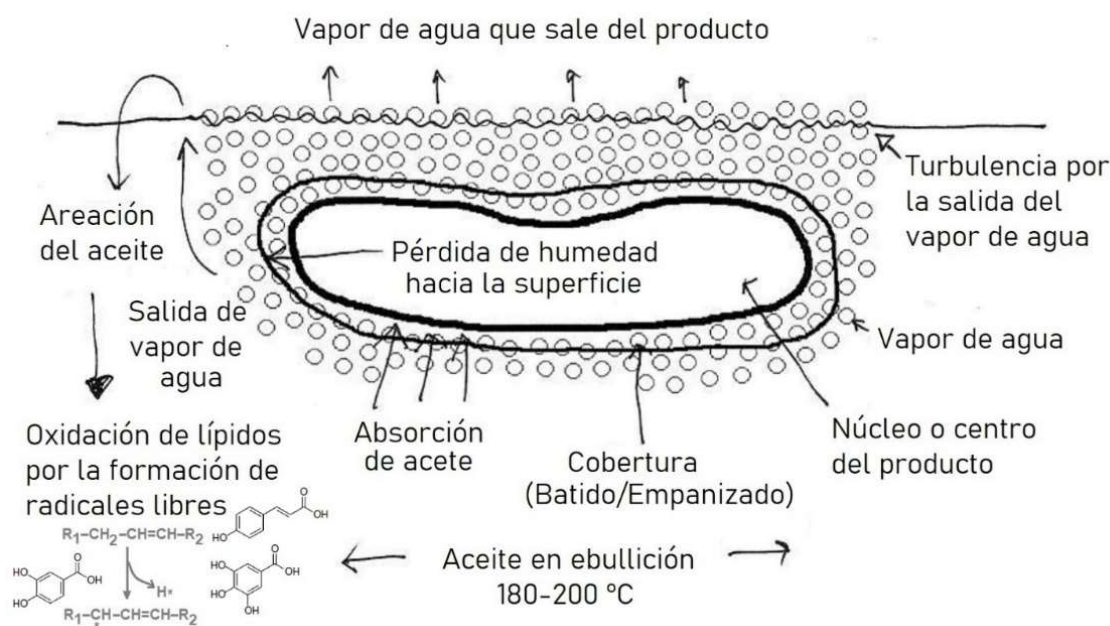


Figura 1. Dibujo esquemático del proceso de freído

Para la rancidez oxidativa, las muestra de los nuggets freídos con aceite macerado con cascarrilla de café tuvieron valores significativamente ($p < 0.05$) menores que las muestra control. El valor de rancidez aumentó de manera significativa ($p < 0.05$) durante el tiempo de almacenamiento, pero en menor medida en las muestras fritas con aceite macerado con cascarrilla de café, debido al efecto antioxidante del aceite absorbido por los nuggest. El contenido de polifenoles en el aceite macerado con la cascarrilla de café y la capacidad

antioxidante equivalente a Trolox (CAET) se muestran en la Figura 2. El contenido de polifenoles totales fue mayor en el aceite macerado con cascarilla de café en comparación con el aceite de soya control, que solo tuvo 1.14 ± 0.09 mg/mL de polifenoles totales. Del mismo modo, la CAET fue casi 10 veces más alta que en el aceite sin macerar, lo que indica que el utilizar el aceite de soya como solvente en la maceración de cascarilla de café si es un método eficiente para enriquecer el contenido de compuestos naturales con capacidad antioxidante del aceite, para que al utilizar este en el freído de alimentos la estabilidad térmica oxidativa del mismo se mantenga, no genere compuestos de oxidación que podrían ser dañinos a la salud, y que el aceite absorbido aporte además antioxidantes durante la vida de anaquel.

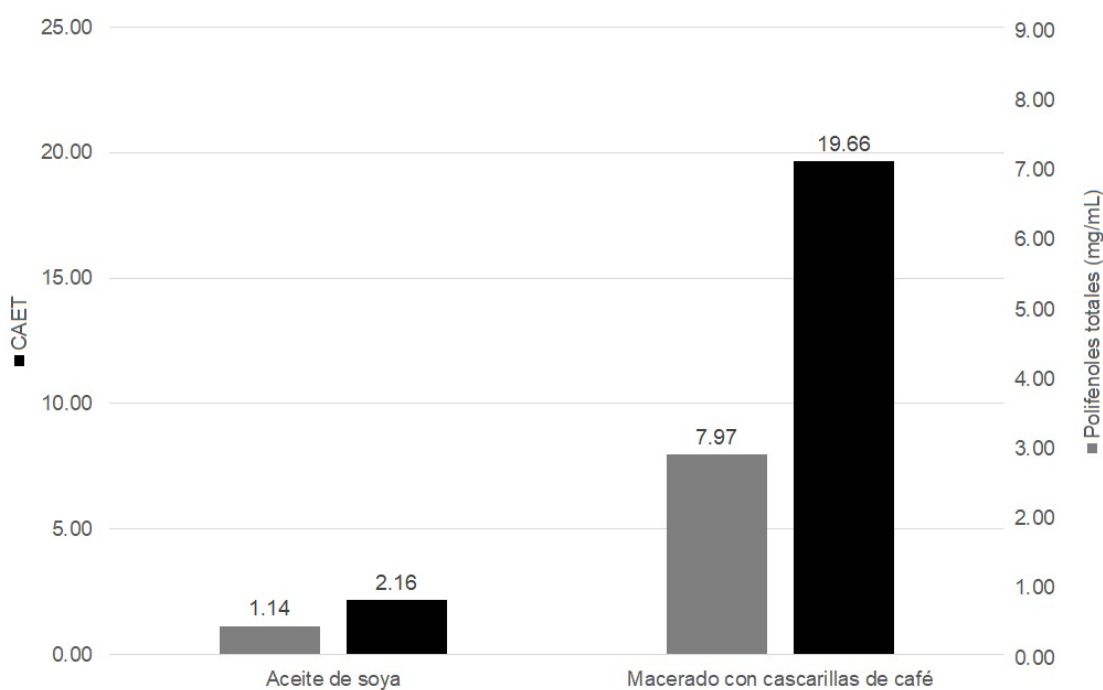


Figura 2. Capacidad antioxidante equivalente a Trolox (CAET) y contenido de polifenoles totales para el aceite de soya y el aceite se soya macerado con cascarilla de café

Durante el freído los polifenoles de te tienen la capacidad de proteger la integridad estructural molecular del oleato de triglicérido en aceite de canola, inhibiendo el rompimiento de los enlaces C–O de los triglicéridos, la descarboxilación del radical del ácido oleico, la generación de radicales libres de peróxido, y la eliminación de radicales libres, retrasando la oxidación del aceite a altas temperaturas (Gao y col., 2020), y se hacen menos

efectivos a altas temperaturas debido a la pérdida por la volatilización o descomposición (Choe y Min, 2007). La estabilidad oxidativa de los aceites vegetales es resultado del equilibrio total de la luz, oxígeno, temperatura, composición de ácidos grasos, composición de triglicéridos, tocoferoles, carotenoides, clorofilas, y oxodienos conjugados, a través de la acción prooxidante del tocoferol y β -caroteno y su efecto sinérgico (Usuki y col., 1984). Los polifenoles y γ -tocoferol se redujeron de entre 15-30% durante el freído de papas por lo que parecen proteger efectivamente a los triglicéridos del aceite del proceso de oxidación, ya que los valores de ácidos grasos libres, acidez, peróxido y compuestos polares fueron menores que en el aceite fresco (Andrikopoulos y col., 2002). El uso de extractos fenólicos de coproductos del procesado de aceite de oliva redujo la producción de compuestos volátiles negativos y conservó el contenido de α -tocoferol durante el proceso de freído (Esposito y col., 2015).

Tabla 2. Fuerza de corte y rancidez oxidativa de Nuggets freídas con aceite conteniendo polifenoles o con el aceite control

Días	Fuerza de corte (N)		Malonaldehido	
	Control	Macerado con cascarilla de café	Control	Macerado con cascarilla de café
1	30.358±6.066 a, A	24.865±4.082 a, A	0.148±0.003 a, D	0.138±0.003 b, D
5	25.223±1.656 a, A	27.690±1.748 a, A	0.205±0.013 a, C	0.230±0.061 b, C
10	23.012±4.980 a, B	24.805±1.796 a, B	0.284±0.004 a, B	0.267±0.006 b, B
15	14.302±1.533 a, C	18.358±1.575 a, C	0.336±0.022 a, A	0.281±0.004 b, A

a, b Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($P>0.05$) para el tipo de aceite utilizado

A, B, Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($P>0.05$) para el tiempo de almacenamiento en días

Los antioxidantes naturales en los alimentos se originan principalmente en el aceite de freído absorbido durante el proceso térmico (Kalogeropoulos y col., 2007); ya que al parecer los polifenoles parecen mantenerse durante este proceso cuando son absorbidos por el alimento, en comparación con el aceite de freír (Chiou y col., 2007). Los valores de compuestos polares totales, peróxidos y ácidos grasos libres son menores en los alimentos que en el aceite de freído (Flores-Alvares y col., 2012). La suplementación con extractos de polifenoles de hojas de olivo resultó en papas fritas que retuvieron los antioxidantes naturales añadidos después del freído (Chiou y col., 2007)

Los aceites fortificados con extractos fenólicos para mejorar su oxidación durante el freído no afectan las propiedades sensoriales de los alimentos fritos, pero la aplicación de estos extractos es limitada debido a su baja solubilidad y dispersabilidad (Wu y col., 2019). Por lo

tanto, el manejo de extractos implica una operación unitaria más en la fortificación de los aceites, pues hay que obtenerlo y luego mezclarlo con el aceite. El uso de extractos con solventes como el etil-acetato de semillas de azarollo (*Sorbus aucuparia*) o del manzano silvestre de Siberia (*Malus baccata*), que tienen un considerable potencial como antioxidante natural en aceites vegetales durante el freído y almacenamiento ha sido propuesto (Aladedunye y Matthäus, 2014). También la adición de 0.04% de extracto etanólico de hojas de curry minimizan los cambios en el valor de peróxido, valor de iodo, valores de tiobarbiturico, y porcentaje de ácidos grasos libres, sin afectar los atributos de calidad sensoriales en papas fritas (Wan Rasni y col., 2021). Incluso la adición de romero en polvo en aceites vegetales incrementó la estabilidad oxidativa durante el freído, incluso en comparación con BHT (Redondo-Cuevas y col., 2017). Sin embargo, dado que los aceites vegetales son sistemas lipofílicos no polares pueden ser utilizados para extraer fitoquímicos bioactivos a partir de recursos naturales, siendo considerados como solventes “verdes” ya que no son tóxicos y son biodegradables (Yara-Varón y col., 2017). Entonces el uso directo de aceites vegetales como solventes en la maceración para extraer compuestos antioxidantes es la mejor alternativa, ya que pensando en solvente alternativo con poder disolvente y selectividad por bio-compuestos, los aceites vegetales son no volátiles, seguros, fáciles de generar, y, por lo tanto, económicamente viables (Li y col., 2014).

Conclusión

El utilizar aceite de soya como solvente en la maceración directa de coproductos agroindustriales, como la cascarilla de café, es una alternativa viable para enriquecer el contenido de polifenoles con capacidad antioxidante, con el fin de atenuar la formación de compuestos de oxidación por el calentamiento prolongado durante el freído de nuggets. La importancia de mantener la calidad nutricional del aceite para freír es debido a la absorción de este por los alimentos, lo cual implica que además de ser fuente de ácidos grasos esenciales presentes en el aceite, es también una fuente potencial de compuestos antioxidantes. La maceración de las cascarillas de café aumento el contenido de polifenoles con capacidad antioxidante en el aceite, el cual no modificó el color ni textura de los nuggets fritos y si disminuyó la rancidez oxidativa del producto.

Agradecimientos

Santiago-Ruiz agradece la beca al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) para cursar la Maestría en Ciencia en Ingeniería Bioquímica, programa dentro del Programa Nacional de Posgrado de Calidad.

Referencias

ALADEDUNYE F., B. MATTHÄUS. (2014). Phenolic extracts from *Sorbus aucuparia* (L.) and *Malus baccata* (L.) berries: Antioxidant activity and performance in rapeseed oil during frying and storage. *Food Chemistry* 159: 273-281.

- ALUYOR E.O., M. ORI-JESU (2008). The use of antioxidants in vegetable oils- A review. *African Journal of Biotechnology* 7: 4836-4842.
- ANDRIKOPOULOS N.K., G.V.Z. DEDOISSIS, A. FALIREA, N. KALOGEROPOULOS, H.S. HATZINIKOLA (2002). Deterioration of natural antioxidant species of vegetable edible oil during domestic deep-frying and pan-frying of potatoes. *International Journal of Food Science and Nutrition* 53: 351-363.
- ANISHLIEVA N.V., E.M. MARINOVA (2001). Stabilization of edible oils with natural antioxidants. *European Journal of Lipid Science and Technology* 103: 752-767.
- CHEN C., J. CHEN, Z. YUAN, E. LIAO, W. XIA, H. WANG, Y.L. XIONG (2020). Effect of the wheat starch/wheat protein ratio in a batter on fat absorption and quality attributes of fried battered and breaded fish nuggets. *Journal of Food Science* 85: 2098-2104.
- CHEN C.-S., C.-Y. CHANG, C.-J. HSIEH. (2001). Improving the texture and color of fried foods. *Capítulo 13 en Frying, Improving quality*. ROSSELL J.B. (editor), Woodhead publishing, CITY, pp. 337-358.
- CHIOU A., F.N. SALTA, N. KALOGEROPOULOS, A. MYLONA, I. NTALLA, N.K. ANDRIKOPPOULOS (2007). Retention and distribution of polyphenols after pan-frying of French fries in oils enriched with olive leaf extract. *Journal of Food Science* 72: S574-S584.
- CHOE E., D.B. MIN (2007). Chemistry of deep-fat frying oils. *Journal of Food Science* 72: R77-R86.
- DOBARGANES C., G. MÁRQUEZ-RUIZ (2015). Possible adverse effects of frying with vegetable oils. *British Journal of Nutrition* 113: S49-S57
- ESPOSTO S., A. TATICCHI, I. DI MAIO, S. URBANI, G. VENEZIANI, R. SELVAGGINI, B. SORDINI, M. SERVILI (2015). Effect of an olive phenolic extract on the quality of vegetable oils during frying, *Food Chemistry* 176: 184-192.
- FLORES-ÁLVAREZ, M.C., E.F. MOLINA-HERNÁNDEZ, J.C. HERNÁNDEZ-RAYA, M.E. SOSA-MORALES (2012). The Effect of Food Type (Fish Nuggets or French Fries) on Oil Blend Degradation during Repeated Frying. *Journal of Food Science* 77: C1136–C1143.
- GANESAN K., K. SUKALINGAM, B. XU (2018). Impact of consumption and cooking manners of vegetable oils on cardiovascular diseases- A critical review, *Trends in Food Science and Technology* 71: 132-154.
- GAO H.-X., J. YU, N. CHEN, W.-C. ZENG (2020). Effects and mechanism of tea polyphenols on the quality of oil during frying process. *Journal of Food Science* 85: 3786-3796.
- KALOGEROPOULOS N., A. MYLONA, A. CHIOU, M.S. IOANNOU, N.K. ANDRIKOPOULOS (2007) Retention and distribution of natural antioxidants (α -tocopherol, polyphenols and terpenic acids) after shallow frying of vegetables in virgin olive oil. *LWT-Food Science and Technology* 40: 1008-1017.
- LAWLOR J.B., P.J.A. SHEEHY, J.P. KERRY, D.J. BUCKLEY, .PA. MORRISSEY (2000). Measuring oxidative stability of beef muscles obtained from animals supplemented with

- vitamin E using conventional and derivative spectrophotometry. *Journal of Food Science* 65: 1138-1114.
- LI Y., A.S. FABIANO-TIXIER, C. GINIES, F. CHEMAT (2014). Direct green extraction of volatile aroma compounds using vegetable oils as solvents. *LWT-Food Science and Technology* 59: 724-731.
- LI Y., K. BUNDEESOMCHOK, N. RAKOTOMANOMANA, A.-S. FABIANO-TIXIER, R. BOTT, Y. WANG, F. CHEMAT (2019). Towards a zero-waste biorefinery using edible oils as solvents for the green extraction of volatile and non-volatile bioactive compounds from rosemary. *Antioxidants* 8: 140.
- LITTLE A.C. (1975). Off on a tangent. *Journal of Food Science* 40: 410-411.
- MADUELOSI N.J., G. COOKEY (2020). Investigation of the Effects of Repeated Frying on the Quality of Vegetable Oil. *American Journal of Applied Chemistry* 8: 117-120.
- MEDINA-JUAREZ L.A., P. GONZALEZ-DIAZ, N. GAMEZ-MEZA, J. ORTEGA-GARCIA, A. B. MORENO-VALERA, L. BRINGAS-ALVARADO, O. ANGULO-GUERRO (1998). Effect of processing on the oxidative stability of soybean oil produced in Mexico. *Journal of American Oil Chemists' Society* 75: 1729-1733.
- NIKZAD N., M. GHAVAMI, M. SEYEDAIN-ARDABIL, B. AKBARI-ADERGANI, R. AZIZINEZHAD (2021). Effect of deep frying process using sesame oil, canola and frying oil on the level of bioactive compounds in onion and potato and assessment of their antioxidant activity. *Food Science and Technology Campiñas* 41: 545-555.
- PÉREZ-CHABELA M.L., A. TOTOSAUS (2010). Breaded products (Nuggets). Capítulo 15 en *Handbook of Poultry Science and Technology*, GUERRERO-LEGARRETA I., Y.H. HUI (editores). Nueva York, John Wiley & Sons, pp. 187-198.
- RE R., N. PELLEGRINI, A. PROTEGGENTE, A. PANNALA, M. YANG, C. RICE-EVANS (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decoloration assay. *Free Radical Biology & Medicine* 26: 1231-1237.
- REDONDO-CUEVAS L., G. CASTELLANO, V. RAIKOS (2017). Natural antioxidants from herbs and spices improve the oxidative stability and frying performance of vegetable oils. *International Journal of Food Science and Technology* 52: 2422-2428.
- SHARMA M., Z. USMANI, V.K. GUPTA, R. BHAT, R. (2021). Valorization of fruits and vegetable wastes and by-products to produce natural pigments. *Critical Review in Biotechnology* 41: 535-563.
- SINGLENTON V, J. ROSSI (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic phosphotungstic acid reagents. *American Journal Viticulture and Enology* 16: 144-158.
- TARLADGIS B.G., B.M. WATTS, M.T. YOUNATHAN (1960). A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid foods. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 37(1): 44-48

- USUKI R., T. SUZUKI, Y. ENDO, T. KANEDA T. (1984). Residual amounts of chlorophylls and pheophytins in refined edible oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 61: 785-788.
- WAN RASNI W.H.N., J. SUKAIMI, H. YAHYA, N. HUDA-FAUJAN, N. ARIFIN (2021). Oxidative stability of palm olein added with ethanol extract of curry leaves and sensory quality of the fried product. *Malaysian Society of Applied Biology* 47: 89-94.
- WANG S.-N., X.-N. SUI, Z.-J. WANG, B.-K. QI, L.-Z. JIANG, Y. LI, R. WANG, X. WEI (2016). Improvement in thermal stability of soybean oil by blending with camellia oil during deep fat frying. *European Journal of Lipid Science and Technology* 118: 524-531.
- WU G., C. CHANG, C. HONG, H. ZHANG, J. HUANG, Q. JIN, X. WANG (2019). Phenolic compounds as stabilizers of oils and antioxidative mechanisms under frying conditions: A comprehensive review. *Trends in Food Science and Technology* 92: 33-45.
- YARA-VARÓN E., Y. LI, M. BALCELLS, R. CANELA-GARAYOA, A.-S. FABIANO-TIXIER, F. CHEMAT, F. (2017). Vegetable oils as alternative solvents for green oleo-extraction, purification and formulation of food and natural products. *Molecules* 22: 1474.
- ZEB, A. 2019. *Food Frying. Fried foods in health and disease*. Oxford, John Wiley & Son, pp. 327-330.

Indizada o indexada en

 REDIB | Red Iberoamericana
de Innovación y Conocimiento Científico

 latindex

 Dialnet

 AGRIS

 EBSCO

 OAJI
.net Open Academic
Journals Index

 CiteFactor
Academic Scientific Journals

 DOAJ

 Google Académico