

Evaluación de las propiedades comerciales de freído de aceite de canola y aceite de soya alto en ácido oleico

Oliver David Chamorro Ojeda

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras
Noviembre, 2016

ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

Evaluación de las propiedades comerciales de freído de aceite de canola y aceite de soya alto en ácido oleico

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero en Agroindustria Alimentaria en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Oliver David Chamorro Ojeda

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2016

Evaluación de las propiedades comerciales de freído de aceite de canola y aceite de soya alto en ácido oleico

Oliver David Chamorro Ojeda

Resumen: Las propiedades de aceites usados para freír a escala comercial son poco estudiadas debido a limitantes logísticas y económicas. Se evaluó el desempeño de freído de aceite de canola y de aceite de soya alto en ácido oleico usados en freído por inmersión en una freidora industrial. Se aplicó un diseño completamente al azar (DCA) con medidas repetidas en el tiempo durante 13 días consecutivos y tres repeticiones, tomando como tratamientos los tipos de aceites. Se determinaron los compuestos polares totales (TPM, por sus siglas en inglés), los cambios en color y la viscosidad entre 40 y 140 °C. Se determinó el contenido final de humedad y grasa de papas fritas preparadas con los aceites estudiados. Las papas fritas se evaluaron sensorialmente al quinto día de estudio mediante pruebas de aceptación hedónica y preferencia pareada. Los TPM incrementaron con los días en ambos aceites y se acercaron al máximo permitido (24%) al día 13 ($P < 0.05$). El valor L^* disminuyó con los días y los aceites se volvieron cada vez más oscuros ($P < 0.05$). La viscosidad disminuyó exponencialmente en ambos aceites con cada aumento de temperatura ($P < 0.05$). La viscosidad también fue diferente entre los días, pero sin que haya tendencia definida. La humedad final disminuyó con los días mientras la grasa total aumentó ($P < 0.05$). No se encontraron diferencias sensoriales entre las papas fritas ($P > 0.05$).

Palabras clave: Absorción de aceite, calidad comercial, papas fritas, viscosidad.

Abstract: Changes in oil properties used for frying at commercial scale are poorly studied due to logistical and financial constraints. The frying performance of canola and high oleic soybean oil were assessed in deep-fat frying using an industrial fryer. A completely randomized design (CRD) with repeated measures over time for 13 consecutive days and three repetitions was applied, considering the oil types as the treatments. In both oils were determined the total polar materials (TPM), the changes in color, and the viscosities between 40 and 140 °C. The final moisture and fat content were determined in french fries prepared in the studied oils. The french fries were evaluated in a sensory at fifth day of study applying a degree of liking and a paired preference test. The TPM increased over days in both oils and reached the maximum allowed (24%) to day 13 ($P < 0.05$). The L^* value decreased over days and the oils became darker ($P < 0.05$). The viscosity decreased exponentially in both oils with each increase in temperature ($P < 0.05$). The viscosity also was different over among days but no defined trend was observed. In the french fries, moisture decreased over days while total fat increased ($P < 0.05$). No differences between the french fries were found in any sensory analysis ($P > 0.05$).

Key words: Commercial quality, fat uptake, french fries, viscosity.

CONTENIDO

Portadilla	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Contenido	iv
Índice de Cuadros, Figuras y Anexos.....	v
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	6
4. CONCLUSIONES	20
5. RECOMENDACIONES	21
6. LITERATURA CITADA.....	22
7. ANEXOS	25

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Porcentaje de compuestos polares totales para los aceites a lo largo de 13 días....	7
2. Viscosidad media de los aceites expresada en mPa.s a distintas temperaturas	9
3. Viscosidad del aceite de soya alto en ácido oleico expresada en mPa.s a diferentes temperaturas durante 13 días	10
4. Viscosidad del aceite de canola expresada en mPa.s a diferentes temperaturas durante 13 días	11
5. Variables de color para el aceite de soya alto en ácido oleico durante 13 días	13
6. Variables de color para el aceite de canola durante 13 días	13
7. Ángulo Hue expresado en grados para los aceites estudiados durante 13 días	15
8. Porcentaje de humedad de papas fritas preparadas en los aceites estudiados durante 13 días.	16
9. Contenido graso final (% base seca) de papas fritas preparadas con los aceites estudiados durante 13 días	18
10. Evaluación hedónica de descriptores para papas fritas preparadas en los aceites estudiados	19
Figuras	Página
1. Compuestos polares totales en aceites a través de los días de freído	8
2. Viscosidad media de los aceites estudiados a distintas temperaturas.....	9
3. Valor L* de los aceites durante los 13 días de estudio	14
4. Cambio de color (ΔE) en aceites a través de los días de freído	14
5. Humedad de papas fritas preparadas en los aceites estudiados durante 13 días	16
6. Contenido de grasa expresado en base seca de papas fritas preparadas en los aceites estudiados durante 13 días	18
7. Preferencia de los panelistas en la prueba de preferencia pareada	19

Anexos	Página
1. Perfil de ácidos grasos para los aceites estudiados	25
2. Relación entre el color y el ángulo Hue	25
3. Libras de comida freída en aceite de soya alto en ácido oleico en los 13 días de estudio	26
4. Libras de comida freída en aceite de canola en los 13 días de estudio	27
5. Temperatura de los aceites durante el freído en los 13 días de estudio	28
6. Libras de aceite agregado en cada tanque para rellenar la freidora a su punto óptimo durante los 13 días de estudio	29
7. Boleta para evaluación sensorial de preferencia pareada	29
8. Boleta para evaluación sensorial de aceptación con escala hedónica	30
9. Datos de género (A) y edad (B) para la prueba de preferencia pareada	31
10. Número mínimo de acuerdos de panelistas necesarios para establecer diferencias significativas a diferentes niveles de probabilidad para la prueba de preferencia pareada.....	32
11. Datos de género (A) y edad (B) para la prueba afectiva hedónica	33

1. INTRODUCCIÓN

El freído por inmersión es una de las técnicas más utilizadas por la industria procesadora de alimentos (Aydar *et al.* 2016). El desempeño de freído de un aceite se determina midiendo su estabilidad o velocidad de degradación y evaluando las propiedades sensoriales que aporta al alimento. Aceites con alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados son más inestables, se degradan más rápido y tienden a producir sabores rancios en los alimentos (Warner y Mounts 1993; Mounts *et al.* 1994). Las frituras gustan bastante a los consumidores debido a su sabor y aroma agradables, textura crujiente por fuera y suave por dentro, y color pardo característico (Rossell 2001). El bajo costo de producción, la conveniencia, los cambios en los estilos de vida de la población y la proliferación de cadenas de comida rápida han favorecido al aumento del consumo de alimentos fritos en las últimas décadas (Paeratakul *et al.* 2003; Gadiraju *et al.* 2015). Una de las principales consecuencias del incremento en el consumo de alimentos fritos fue el simultáneo aumento de la obesidad y la prevalencia de enfermedades crónicas (Thompson *et al.* 1999; Hu y Willett 2002; Pereira *et al.* 2005; Astrup *et al.* 2008). Como consecuencia, la industria está buscando alternativas tecnológicas y mejores prácticas para reducir el contenido final de aceite en los productos fritos, pero sin afectar las propiedades sensoriales de los alimentos.

El freído es un proceso complejo de transferencias simultáneas de masa y energía en el que se producen cambios en las propiedades físicas y químicas del aceite y del alimento. El aceite es el medio para transferir energía desde una fuente de calor. Antes de ser usado, el aceite posee de 98 a 99% de triglicéridos puros que se descomponen en cientos de compuestos durante el freído (Rossell 2001). Las principales reacciones químicas que degradan el aceite son hidrólisis, oxidación y polimerización (Blumenthal y Stier 1991).

Las propiedades físicas como calor específico, constante dieléctrica, gravedad específica, tensión superficial y viscosidad cambian con el aumento de los compuestos de degradación (Paul y Mittal 1996). La costra o corteza se forma en la superficie del alimento casi de manera inmediata cuando el alimento es sumergido en aceite caliente debido a la rápida deshidratación. En el centro del alimento se retiene la mayor parte de la humedad y los compuestos hidrosolubles (Pinthus *et al.* 1995). Otras reacciones químicas que ocurren son la gelatinización de almidones, desnaturalización de proteínas y reacción de Maillard (Farkas *et al.* 1996). En términos de calidad un producto frito óptimo debe tener la corteza seca y crujiente y el centro suave y húmedo (Erickson 2015).

La disminución en la calidad del aceite a lo largo del freído es irreversible y tiene efectos directos en las propiedades organolépticas finales de los alimentos fritos (Gertz 2004; Stier 2004). La prueba más confiable y aceptada en la actualidad para la evaluación de la calidad de un aceite es la cuantificación de compuestos polares totales (Total Polar Materials o TPM, por sus siglas en inglés). TPM se definen como todos los compuestos con cargas

polares que se forman durante el deterioro por oxidación, hidrólisis y polimerización en grasas y aceites para freír. De acuerdo al 3^{er} Simposio Internacional sobre Freído por Inmersión, el límite máximo de los TPM es 24% debido a sus posibles efectos negativos en la salud y en las propiedades sensoriales del alimento. La evaluación sensorial de alimentos fritos sigue siendo el principal criterio de la industria para evaluar la calidad de los aceites (Donner y Richter 2000).

La viscosidad es un factor físico clave vinculado a la calidad y a la absorción de aceite en el alimento. El aceite se comporta como un fluido newtoniano ya que a medida que aumenta la temperatura disminuye su viscosidad. Debido a las altas temperaturas, el aceite se degrada en infinidad de compuestos, entre ellos agentes tensoactivos que tienden a aumentar la viscosidad del aceite y favorecen la formación de espuma. Aceites más viscosos elevan el contenido final de lípidos en los alimentos fritos debido su drenaje más lento (Noureddini *et al.* 1992; Fasina y Colley 2008; Rao 2014; Aydar *et al.* 2016). También a mayor contenido de humedad inicial, mayor será la absorción de aceite por parte del alimento (Bouchon 2009). Igualmente, a mayor área de contacto y menor tamaño de los poros, mayor la absorción de aceite del alimento (Gamble y Rice 1988; Moreira *et al.* 1997). La mayoría de los autores están de acuerdo en que a más altas la temperatura de freído, menor será la absorción de aceite debido a la cocción más rápida y a la rápida formación de la corteza como barrera (Pinthus *et al.* 1995; Dana y Saguy 2006). La deshidratación previa al freído y los revestimientos también han tenido resultados positivos en la reducción del contenido final de aceite (Gamble *et al.* 1987; Alimi *et al.* 2013).

El freído sigue siendo uno de los métodos de cocción menos entendidos por la ciencia de alimentos y el mecanismo de absorción de aceite no está del todo claro (Rossell 2001). La investigación moderna debe visualizar este proceso como un sistema integral en el que cada variable debe ser analizada en detalle para optimizar procesos y obtener productos fritos de alta calidad. Diversos parámetros deben ser estudiados para mejorar la comprensión del mecanismo de absorción de aceite dado que el futuro de la industria del freído depende de su capacidad para producir alimentos de mejor calidad.

Los objetivos de este estudio fueron:

- Determinar los cambios en la viscosidad de aceite de canola y aceite de soya alto en ácido oleico entre 40 y 140 °C durante 13 días.
- Caracterizar la dinámica de degradación de aceite de canola y aceite de soya alto en ácido oleico mediante la cuantificación rápida de compuestos polares totales durante 13 días.
- Determinar los cambios de color en aceite de canola y aceite de soya alto en ácido oleico durante los 13 días de uso.
- Realizar pruebas sensoriales de aceptación y preferencia de papas freídas en aceite de canola o aceite de soya alto en ácido oleico.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación. La investigación se realizó en el Comedor Universitario Hillenbrand y en el Laboratorio de Análisis Químicos del Departamento de Ciencias de Alimentos de la Universidad de Purdue.

Materiales para freído. El aceite de canola era de la marca canadiense BUNGE® y tenía antioxidantes y antiespumantes agregados. El aceite de soya alto en ácido oleico provenía de una nueva variedad caracterizada por su alto contenido de ácido oleico y sin estabilizadores agregados fue proveído por la empresa QUALISOY®. Las papas empleadas para el análisis sensorial fueron de la marca Crusader Potatoes®, y venían prefritas, precortadas y congeladas de fábrica. Se utilizó una freidora comercial de acero inoxidable marca Onebigoutlet®, con dos tanques separados de 20 litros cada uno, con sus resistencias, canastas, tapas, temporizadores automáticos, sistema de drenaje por goteo en malla y termómetro.

Diseño experimental. Se aplicó un diseño completamente al azar (DCA) con medidas repetidas en el tiempo durante 13 días consecutivos y tres repeticiones, tomando como tratamientos los tipos de aceites. Debido a que este estudio pretendió evaluar calidades comerciales de aceite, se estableció se aplicaron las mismas condiciones de degradación a ambos aceites (temperaturas de calentamiento y enfriamiento, tiempos de freído, tipo y cantidad de material) a lo largo de 13 días. Para el análisis de los TPM se tomó en cuenta el tipo de aceite (soya alto en ácido oleico y canola) y tiempo (0 - 13 días). En el estudio de color se evaluó el tipo de aceite (soya alto en ácido oleico y canola) y tiempo (días 1, 3, 5, 7, 9, 11 y 13). Para el contenido final de humedad y de grasa se tomaron en cuenta los tipos de aceite (soya alto en ácido oleico y canola) y tiempo (días 0, 1, 4, 8, 10 y 13). Para viscosidad se analizaron los tipos de aceite (soya alto en ácido oleico y canola), tiempo (días 0, 1, 4, 7, 10 y 13) y temperaturas (40, 60, 80, 100, 120, 130 y 140 °C). Para el análisis sensorial se utilizaron dos métodos afectivos, uno de preferencia y otro de aceptación, encuestando a 100 panelistas para cada prueba.

Las hipótesis establecidas fueron:

- **Ho:** El aceite de canola y el aceite de soya alto en ácido oleico tienen el mismo desempeño de freído.
- **Ha:** El aceite de canola y el aceite de soya alto en ácido oleico tienen diferentes desempeños de freído.

Proceso de freído. La freidora se llenó con 20 litros de aceite de soya alto en ácido oleico en el lado izquierdo y 20 litros de aceite de canola en el lado derecho. Ambos aceites se sometieron a las mismas condiciones de degradación en dos tiempos separados de comida durante los 13 días que duró el estudio. Para el almuerzo, los aceites eran calentados desde las 9:00 am hasta las 2:00 pm y para la cena de las 5:00 pm a las 8:00 pm. Durante las 8 horas de uso diario, ambos aceites se mantuvieron ininterrumpidamente a temperaturas de 185 ± 5 °C. Los aceites se enfriaban al ambiente en el intervalo entre comidas y durante la noche. A lo largo de 13 días, en cada aceite se frieron alrededor de 1560 libras de distintos productos como pollo empanizado, alitas de pollo empanizadas, lomo de cerdo, pescado empanizado y papas fritas. Todos los días al finalizar la última tanda de freído de la cena, cada aceite era drenado y filtrado por separado con papel y luego era devuelto a la freidora para reutilizarse al día siguiente. Debido a que existieron mermas de aceite por absorción de los alimentos o durante el filtrado, antes de iniciar el día cada lado se rellenaba con aceite puro para que la freidora opere a sus niveles óptimos.

Muestreo. Todos los días al finalizar el proceso de filtrado, 100 ml de cada aceite se colectaban en botes de vidrio ámbar hasta el tope para minimizar la exposición a oxígeno y las muestras se congelaban para futuros análisis. Cada 3 días, las papas era freídas durante 4 minutos en cada aceite y luego eran drenadas y enfriadas a temperatura ambiente durante 5 minutos. Posteriormente se almacenaban en bolsas Ziploc® dobles y se congelaban para futuros análisis. En total se colectaron 28 muestras de aceite (2 tipos de aceite en 14 tiempos de degradación) y 12 muestras de papas fritas (2 tipos de aceite en 6 tiempos).

Compuestos polares totales (TPM). Los TPM en aceites se cuantificaron con el equipo de medición rápida Testo Analyzer 270® (Testo Limited Co., Alton, Hampshire, Reino Unido). El margen de error del medidor Testo es $\pm 2.0\%$ en condiciones adecuadas de manipulación. Se midieron TPM en 28 muestras colectadas de la freidora, 14 para cada tipo de aceite a lo largo de 13 días. Cada muestra se midió por triplicado en el laboratorio tras calentarlas de 40 – 50 °C en botes de vidrio ámbar ya que la temperatura mínima de operación del equipo es 40 °C.

Viscosidad. Las viscosidades se midieron usando un viscosímetro digital modelo LVTDV-II con termocelda programable para el control de temperatura y adaptador pequeño de muestras (Brookfield Engineering Laboratories Inc., Middleboro, MA, EE.UU.). Se utilizó el spindle 18, siendo el más adecuado para medir bajas viscosidades. Para cada serie de mediciones se utilizaron 8.5 ml de muestra de aceite y 60 revoluciones por minuto (rpm). El controlador de temperatura se programó para iniciar a 40 °C y se calentó hasta 140 °C con rampas de 20 °C, sosteniendo cada temperatura durante 2 minutos. Las lecturas fueron tomadas una vez que la temperatura estuvo constante durante por lo menos 15 segundos. Se determinaron las viscosidades para las muestras control y los días 1, 4, 7, 10 y 13. Se leyeron 84 viscosidades en base a los 2 tipos de aceite, 7 temperaturas y 6 tiempos de degradación medidos por triplicado.

Color. El color se analizó en las muestras de aceite usando un espectrofotómetro LabScan® XE, con celda de vidrio LSXE-SC-ASSY y el programa EasyMatch® QC (Hunter Associates Laboratory, Inc., Reston, VA). Se determinaron los valores L*, a*, b* y el cambio en color (ΔE) en las muestras control y de los días 1 al 13 en días de por medio para cada aceite. El programa informático determinó el cambio en color basado en la siguiente ecuación:

$$\Delta E_{ab} = \sqrt{(L_2 - L_1)^2 + (a_2 - a_1)^2 + (b_2 - b_1)^2} \quad [1]$$

Humedad total. Las muestras de papas se picaron en pedazos de 1 cm² usando un procesador de alimentos y se determinó el contenido total de humedad (%) por horno de convección aplicando en método AOAC 925.10 (Nielsen 2010). Se pesaron por triplicado 5 g. de las muestras control en panas de aluminio, se secaron durante 24 horas a 105 °C y se determinó la humedad por diferencia de peso. Se analizaron las muestras control y de los días 1, 4, 8, 10 y 13 para ambos aceites, totalizando 12 corridas por triplicado.

Grasa total. Se secaron muestras de papas fritas y se determinó el contenido graso en base seca (%) aplicando el método AOAC 920.39 (Nielsen 2010). Se pesaron alrededor de 5 g. de papas fritas secas por dedal y se colocaron 3 dedales por cada extractor. Se usó éter de petróleo como solvente y se dejó correr el Soxhlet por 6 horas a una tasa de 5-6 gotas por segundo. El contenido graso se determinó para las muestras control y los días 1, 4, 8, 10 y 13 en papas freídas con ambos tipos de aceite, totalizando 12 corridas por triplicado.

Análisis sensorial. Se evaluaron sensorialmente papas fritas en bastones al día 5 del estudio en las instalaciones del comedor universitario Hillenbrand. Los bastones de papas eran prefritos de fábrica y se terminaron de cocinar en freído por inmersión durante 4 minutos en cada tipo de aceite. Luego se salaron y pusieron en una pana para retener la temperatura el mayor tiempo posible y fueron evaluadas sensorialmente. Se realizó la prueba de Preferencia Pareada No Forzada a 100 panelistas, comparando papas freídas en aceite de canola o aceite de soya alto en ácido oleico. Si los panelistas no tenían preferencia por una de las muestras tenían la opción de marcar no preferencia. Con otros 100 panelistas se realizó la prueba de aceptación con escala hedónica de 9 puntos, evaluando apariencia, sabor, textura y aceptación general de papas fritas preparadas con aceite de canola o aceite de soya alto en ácido oleico.

Análisis estadístico. El análisis de los datos se realizó con el programa SAS® 9.4, a través de un análisis de varianza (ANDEVA) con un nivel de significancia del 5% y una comparación de medias con la prueba Tukey.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Compuestos polares totales (TPM). El rango de TPM para el aceite de canola fue de 6.0 a 22.5% y para aceite de soya alto en ácido oleico de 3.5 a 22.3% (Cuadro 1). Las lecturas más bajas para cada aceite se obtuvieron en las muestras puras sin degradar (control al día 0) y las más altas al día 13 (Figura 1). Estos compuestos incrementaron con los días de freído y se aproximaron al máximo recomendado (24%) al día 13, indicando que los aceites ya estaban deteriorados y debían ser reemplazados por cuestiones de calidad de los alimentos y de riesgos potenciales para la salud. No se continuó el estudio hasta superar 24% debido a que equipo de medición tiene un margen de error de $\pm 2\%$ y cabe la posibilidad de que alguno de los aceites ya estuviera por encima de lo permitido por la regulación. El tipo de aceite, el día y la interacción entre el aceite y el día fueron los factores significativos que influyeron en la cantidad de TPM ($P < 0.05$). La tasa de degradación inicial del aceite de canola fue más alta debido a la mayor cantidad de ácidos grasos poliinsaturados que tiene. Los ácidos grasos poliinsaturados son más propensos a formar cargas polares ya que sus enlaces dobles y triples se rompen fácilmente a altas temperaturas e interactúan con otros compuestos.

Los niveles de TPM aumentaron a través de los días ($P < 0.05$). El contenido de TPM en las muestras puras fue significativamente menor antes de comenzar el estudio en el aceite de soya alto en ácido oleico, indicando que estaba menos degradado que el aceite de canola ($P < 0.05$). Esta tendencia se mantuvo hasta el día 3, puesto que los niveles de TPM se equipararon a partir del día 4 y la tasa de incremento fue similar para casi todos los días que siguieron. La demanda de productos fritos en el día 7 fue muy baja por lo que solo se utilizó el lado de la freidora que contenía aceite de soya alto en ácido oleico. En el día 7, los TPM disminuyeron en ambos aceites por efecto de dilución ya que antes de iniciar con el freído ambos lados de la freidora se rellenaron. Solo se utilizó el aceite de soya alto en ácido oleico para freír 20 libras de papas fritas, lo cual representó un estrés mucho más bajo comparado con días anteriores (Anexo 3). El aceite de canola fue el que más disminuyó sus niveles de TPM debido a que no fue usado para freír este día.

Al finalizar el freído del día 8, los aceites igualaron nuevamente sus TPM y se degradaron a tasas similares hasta el día final del estudio sin mostrar diferencias significativas entre sí ($P > 0.05$). Los niveles de TPM fueron estadísticamente iguales entre muestras de aceites del día 8 al 13, exceptuando el día 12 en donde el aceite de canola fue mayor ($P < 0.05$). Para el día 13 el aceite de canola presentó $22.5 \pm 0.0\%$ de TPM y el de soya alto en ácido oleico $22.3 \pm 0.3\%$, sin que haya diferencia estadística entre ellos ($P > 0.05$). Ambos aceites superaron 22% de TPM al día 13 tras soportar las mismas condiciones de freído. De acuerdo a Warner y Gupta (2005), los aceites altos en ácido oleico y bajos en ácidos grasos poliinsaturados fueron diseñados para ser más estables durante el freído a altas

temperaturas. A pesar de esto, el aceite de soya alto en ácido oleico tuvo conteos de TPM similares al aceite de canola para la mayoría de los días. Esta similitud en la cantidad de TPM coincide con los resultados reportados por Przybylski *et al.* (2013). A diferencia del aceite de canola, el aceite de soya alto en ácido oleico no tenía antioxidantes ni antiespumantes agregados y su desempeño se debió probablemente a su perfil de ácidos grasos. El perfil de ácidos grasos mejorados del aceite de soya alto en ácido oleico y los antioxidantes del aceite de canola influyeron en que ambos tengan tasas de degradación similares.

Debido a los resultados obtenidos en este estudio, el comedor Hillenbrand acortó su período de descarte de aceite de tres semanas a solamente dos semanas. Con esta medida se contribuyó a preservar las buenas prácticas de freído, a cumplir con las regulaciones establecidas, a mantener la calidad de la comida y a evitar peligros potenciales para la salud de sus clientes.

Cuadro 1. Porcentaje de compuestos polares totales para los aceites a lo largo de 13 días.

Días	Aceite de soya alto en ácido oleico	Aceite de canola
	Media±DE	Media±DE
Control	3.5±0.0 b Z	6.0±0.0 a Z
1	5.7±0.3 b Y	10.5±0.0 a Y
2	9.3±0.3 b X	11.0±0.0 a X
3	10.5±0.0 b W	11.5±0.0 a W
4	13.8±0.3 a V	13.5±0.0 a U
5	14.0±0.0 a UV	14.0±0.0 a T
6	15.5±0.0 a T	15.2±0.3 a S
7	14.5±0.0 a U	13.0±0.0 b V
8	15.7±0.3 a T	15.3±0.3 a S
9	17.3±0.3 a S	18.0±0.0 a R
10	19.0±0.0 a R	19.0±0.0 a Q
11	19.5±0.0 b R	20.5±0.0 a P
12	20.5±0.0 a Q	20.8±0.3 a P
13	22.3±0.3 a P	22.5±0.0 a O
R²	0.99	0.99
% CV	1.04	1.04

DE: desviación estándar.

a-b: diferentes letras minúsculas en la misma fila indican diferencias significativas (P<0.05).

O-P: diferentes letras mayúsculas en la misma columna indican diferencias significativas (P<0.05).

R2: ajuste del modelo.

% CV: coeficiente de variación.

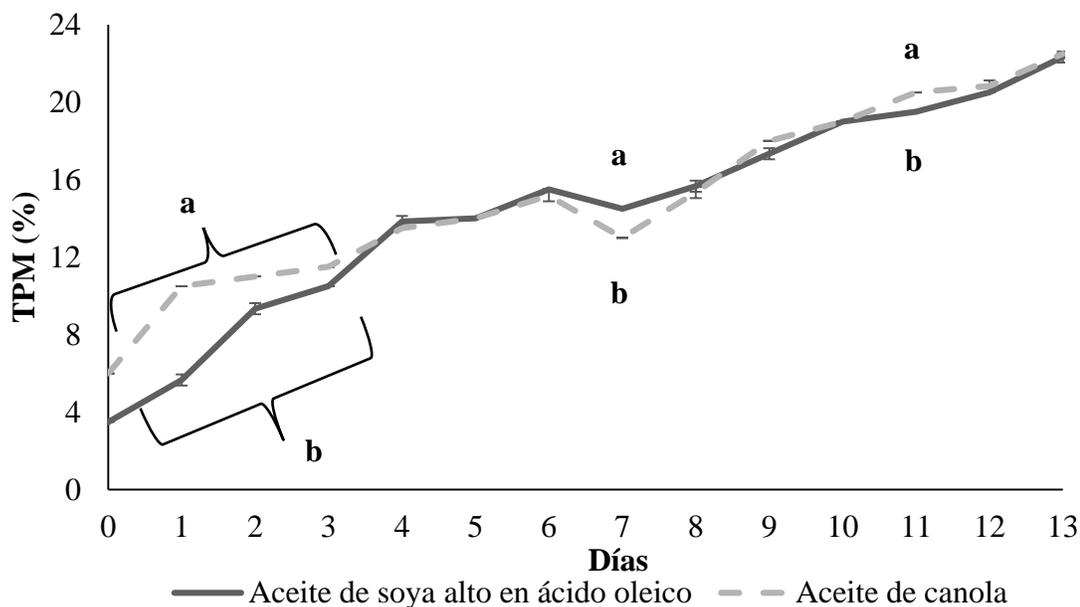


Figura 1. Compuestos polares totales en aceites a través de los días de freído.
a-b: diferentes letras minúsculas indican diferencias significativas entre aceites ($P < 0.05$).

Viscosidad. El tipo de aceite, el día, la temperatura y la interacción aceite-día-temperatura resultaron significativos ($P < 0.05$). La viscosidad promedio del aceite de soya alto en ácido fue mayor entre los 40 y 80 °C ($P < 0.05$). Por encima de 80 °C, no se observaron diferencias significativas entre aceites ($P > 0.05$). Esto se debió principalmente a que los aceites tuvieron diferentes perfiles de ácidos grasos. La viscosidad disminuyó exponencialmente en ambos tipos de aceite con cada aumento de temperatura (Figura 2). A medida que aumenta la temperatura, menores eran los cambios para cada intervalo (Cuadro 2). Esta tendencia coincide con los resultados reportados por Santos *et al.* (2005) y Fasina y Colley (2008), quienes estudiaron la viscosidad de distintos tipos de aceite puros a diferentes rangos de temperatura.

Miller *et al.* (1994), Tyagi y Vasishtha (1996) y Abdulkarim *et al.* (2007) han reportado que la viscosidad incrementa con la degradación debido a la formación de compuestos polimerizados de alto peso molecular y a la acumulación de partículas de comida en el aceite. Sin embargo, los resultados de este estudio muestran ese comportamiento solo para la temperatura de 40 °C en ambos tipos de aceite (Cuadros 3 y 4). La viscosidad para el aceite de soya alto en ácido oleico no muestra una tendencia clara entre 60 y 80 °C pero tiende a disminuir a través de los días entre 100 y 140 °C. En el aceite de canola no se observó ninguna tendencia para las temperaturas arriba de 40 °C. Esta evidencia sugiere que existieron otro tipo de interacciones relacionadas probablemente a los tipos de alimento preparados en el aceite de canola. Otro factor determinante fue que las condiciones de este estudio fueron diferentes a las de los autores mencionados, quienes estudiaron la viscosidad de aceites degradados, pero friendo un solo tipo de alimento y en laboratorio. Este estudio buscó imitar las condiciones reales de uso de los aceites en una cocina industrial. Los ajustes de modelo (R^2) de 0.99 se deben a que existieron interacciones de otro tipo como cuadráticas o cúbicas que no fueron incluidas en el modelo.

Cuadro 2. Viscosidad media de los aceites expresada en mPa.s a distintas temperaturas.

Temp. (°C)	Aceite de soya alto en ácido oleico	Aceite de canola
	Media±DE	Media±DE
40	38.7±0.8 a	36.0±1.2 b
60	20.6±0.4 a	20.0±0.5 b
80	12.3±0.2 a	12.0±0.3 b
100	8.4±0.3 a	8.2±0.2 a
120	6.2±0.4 a	6.3±0.2 a
130	5.6±0.5 a	5.6±0.3 a
140	5.1±0.4 a	5.0±0.3 a
R²	0.99	0.99
% CV	3.61	3.61

Temp.: Temperatura en °C.

DE: desviación estándar.

a-b: diferentes letras minúsculas en la misma fila indican diferencias significativas (P<0.05).

R2: ajuste del modelo.

% CV: coeficiente de variación.

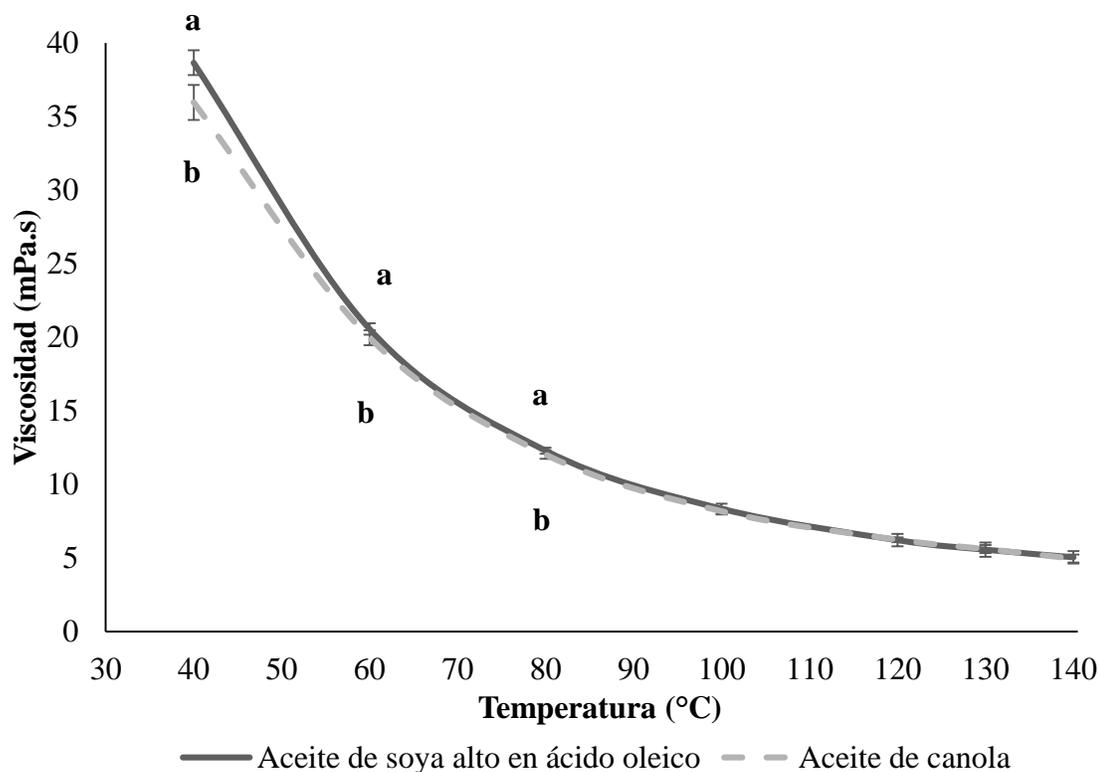


Figura 2. Viscosidad media de los aceites estudiados a distintas temperaturas.

a-b: diferentes letras minúsculas indican diferencias significativas entre aceites (P<0.05).

Cuadro 3. Viscosidad del aceite de soya alto en ácido oleico expresada en mPa.s a diferentes temperaturas durante 13 días.

Temp. (°C)	Control	Día 1	Día 4	Día 7	Día 10	Día 13
	Media±DE	Media±DE	Media±DE	Media±DE	Media±DE	Media±DE
40	37.4±0.2 a Z	37.9±0.7 a Y	39.3±0.5 a W	38.3±0.3 a X	39.6±0.6 a W	39.5±0.4 a W
60	19.8±0.2 b Y	20.6±0.2 b X	21.1±0.2 b W	20.7±0.2 b X	20.5±0.2 b X	20.7±0.2 b X
80	12.1±0.2 c W	12.4±0.3 c W	12.7±0.2 c W	12.3±0.3 c WX	12.2±0.2 c X	12.1±0.1 c X
100	8.2±0.2 d WY	8.6±0.3 d X	9.0±0.7 d W	8.2±0.3 d X	8.1±0.1 d Y	8.0±0.1 d Y
120	6.0±0.1 e WY	6.5±0.5 e X	7.0±0.9 e W	6.2±0.1 e X	5.9±0.1 e Y	5.7±0.0 e Y
130	5.4±0.1 f WY	5.9±0.5 f X	6.4±1.1 f W	5.6±0.2 f X	5.2±0.0 f Y	4.9±0.1 f YZ
140	4.9±0.1 g W	5.4±0.5 g W	5.7±0.9 g W	5.1±0.2 g WX	4.8±0.0 g X	4.4±0.1 g Y
R²	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
% CV	1.92	1.92	1.92	1.92	1.92	1.92

Temp.: Temperatura en °C.

DE: desviación estándar.

a-g: diferentes letras minúsculas en la misma columna indican diferencias significativas (P<0.05).

W-Z: diferentes letras mayúsculas en la misma fila indican diferencias significativas (P<0.05).

R²: ajuste del modelo.

% CV: coeficiente de variación.

Cuadro 4. Viscosidad del aceite de canola expresada en mPa.s a diferentes temperaturas durante 13 días.

Temp. (°C)	Control	Día 1	Día 4	Día 7	Día 10	Día 13
	Media±DE	Media±DE	Media±DE	Media±DE	Media±DE	Media±DE
40	34.1±0.5 a Z	34.6±0.3 a Y	36.6±0.5 a W	36.3±0.3 a X	37.4±0.3 a V	36.8±0.3 a W
60	18.9±0.3 b Y	20.0±0.3 b WX	20.1±0.3 b W	20.0±0.2 b W	20.4±0.2 b V	20.4±0.2 b V
80	11.5±0.2 c X	11.9±0.2 c W	12.0±0.1 c W	12.1±0.3 c VW	12.4±0.2 c V	12.3±0.2 c V
100	7.9±0.1 d W	8.0±0.1 d W	8.0±0.1 d W	8.3±0.5 d V	8.5±0.1 d V	8.4±0.1 d V
120	6.1±0.1 e W	6.3±0.1 e W	6.0±0.1 e WX	6.3±0.5 e VW	6.5±0.2 e V	6.3±0.1 e V
130	5.3±0.1 f X	6.0±0.1 f V	5.3±0.0 f X	5.5±0.6 f W	5.9±0.3 f V	5.7±0.1 f W
140	4.8±0.1 g W	4.7±0.1 g X	4.7±0.0 g WX	5.0±0.6 g VW	5.4±0.2 g V	5.2±0.1 g V
R²	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
% CV	1.92	1.92	1.92	1.92	1.92	1.92

Temp.: Temperatura en °C.

DE: desviación estándar.

a-g: diferentes letras minúsculas en la misma columna indican diferencias significativas (P<0.05).

V-Z: diferentes letras mayúsculas en la misma fila indican diferencias significativas (P<0.05).

R²: ajuste del modelo.

% CV: coeficiente de variación.

Color. El cambio en color se observó a simple vista desde la primera tanda de freído y ambos aceites se volvieron más oscuros a través de los días de uso. Los tipos de aceites y los días fueron factores significativos y determinaron el cambio en el valor L^* ($P < 0.05$). El valor L^* decreció con el tiempo y ambos aceites se volvieron más oscuros a través de los días (Figura 3). Las lecturas más altas del valor L^* (más claras) se obtuvieron en las muestras de control y las más bajas (más oscuras) en los días 11 y 13 para el aceite de canola y al día 13 para el aceite de soya alto en ácido oleico (Cuadros 5 y 6). El valor L^* fue más alto para el aceite de canola hasta el día 5. Luego la tendencia se invirtió y el aceite de soya alto en ácido oleico tuvo valores L^* más altos para el resto del día, excepto el día 13 donde el valor L^* del aceite de canola volvió a ser mayor (Figura 5). Ambos aceites disminuyeron su valor L^* (se oscurecieron) a tasas parecidas y aunque existieron diferencias estadísticas entre ellos, a simple vista la diferencia fue imperceptible. El aumento en la intensidad del color y el oscurecimiento están relacionados con la acumulación de compuestos de degradación no volátiles, como triglicéridos oxidados, ácidos grasos libres y compuestos polimerizados. Además, reacciones de Maillard y la caramelización de las partículas en suspensión desprendidas de los alimentos durante el freído contribuyeron al oscurecimiento de los aceites. El oscurecimiento de los aceites fue proporcional al tiempo de freído pero la tasa de disminución del valor L^* fue más alta en los primeros días y disminuyó en los últimos días de estudio. Este comportamiento del valor L^* coincide con los resultados de Abdulkarim *et al.* (2007), quienes estudiaron dicha variable para distintos tipos de aceite.

El cambio en color (ΔE) para ambos aceites incrementó con los días de freído como consecuencia del deterioro (Cuadros 5 y 6). El tipo de aceite, el día y la interacción aceite-día fueron significativos para el ΔE ($P < 0.05$). Al igual que el valor L^* , el ΔE también fue proporcional al tiempo de uso de los aceites y presentó tasas de cambio mayores en los primeros días (Figura 4). En el día 7, se frieron papas solo en el aceite de soya alto en ácido oleico porque la demanda de frituras fue muy baja a comparación de los días anteriores y no era eficiente utilizar ambos lados de la freidora. Por eso en el día 7 se observó una disminución en ΔE , contraria a la tendencia incremental. Al igual que para los TPM, esto se debió al efecto de dilución y al filtrado del aceite de soya alto en ácido oleico luego de finalizar el proceso. El aceite de canola no fue filtrado ya que no fue utilizado al día 7. El ΔE fue mayor para el aceite de soya alto en ácido oleico durante los primeros días, mientras del día 4 al 11 el aceite de canola presentó un mayor ΔE ($P < 0.05$). El último día no se encontraron diferencias estadísticas entre aceites para el ΔE ($P > 0.05$).

El valor del ángulo Hue se vio afectado significativamente por el cambio de los valores L^* , a^* , b^* . Ambos tipos de aceite disminuyeron su ángulo Hue a través del tiempo ($P < 0.05$). El aceite de soya alto en ácido oleico sin degradar tuvo un ángulo Hue de 102.1 ± 0.1 y al día 13 decreció hasta 45.1 ± 0.1 , mientras que el aceite de canola alto inició con un ángulo Hue de 102.5 ± 0.2 y disminuyó hasta 47.0 ± 0.2 (Cuadros 5 y 6). Esto se debe a que el aceite va perdiendo la pureza de su color original a lo largo del proceso de freído. En vez del 99% de triglicéridos presentes en muestras puras, en los aceites degradados existen partículas en suspensión y cientos de compuestos de características químicas y colorimétricas diferentes. Comparando entre aceites, las muestras control tuvieron ángulos Hue similares ($P > 0.05$). El aceite de soya alto en ácido oleico presentó ángulos Hue mayores que el aceite de canola para el resto de los días, a excepción del día 13 donde la tendencia se invirtió y el aceite de canola tuvo un ángulo Hue mayor ($P < 0.05$) (Cuadro 7).

Cuadro 5. Variables de color para el aceite de soya alto en ácido oleico durante 13 días.

Días	L*	Ángulo Hue	ΔE
	Media±DE	Media±DE	Media±DE
Control	77.3±0.0 T	102.1±0.1 T	-
1	52.7±0.1 U	77.2±0.1 U	31.9±0.1 X
3	23.6±0.2 W	56.8±0.2 W	55.3±0.1 V
5	21.4±0.1 W	55.3±0.1 X	56.1±0.0 V
7	30.2±2.0 V	61.6±2.1 V	51.4±1.3 W
9	17.0±0.1 X	49.1±0.2 Y	59.4±0.1 U
11	15.6±0.6 X	49.6±0.1 Y	59.7±0.2 U
13	12.3±0.1 Y	45.1±0.1 Z	61.6±0.0 T
R²	0.99	0.99	0.99
% CV	1.72	1.00	0.67

ΔE: cambio en color.

DE: desviación estándar.

T-Z: diferentes letras en la misma columna indican diferencias significativas (P<0.05).

R²: ajuste del modelo.

% CV: coeficiente de variación.

Cuadro 6. Variables de color para el aceite de canola durante 13 días.

Días	L*	Ángulo Hue	ΔE
	Media±DE	Media±DE	Media±DE
Control	77.9±0.0 S	102.5±0.2 S	-
1	59.3±0.2 T	80.6±0.1 T	28.5±0.1 W
3	27.3±0.2 U	59.6±0.1 U	53.8±0.1 V
5	22.7±0.4 W	53.7±0.5 V	57.1±0.3 U
7	23.5±0.3 V	54.2±0.2 V	56.8±0.1 U
9	15.9±0.3 X	47.5±0.6 W	60.6±0.3 T
11	12.5±0.1 Z	46.5±0.2 X	62.2±0.0 R
13	13.9±0.1 Y	47.0±0.2 W	61.5±0.0 S
R²	0.99	0.99	0.99
% CV	1.72	1.00	0.67

ΔE: cambio en color.

DE: desviación estándar.

R-Z: diferentes letras en la misma columna indican diferencias significativas (P<0.05).

R²: ajuste del modelo.

% CV: coeficiente de variación.

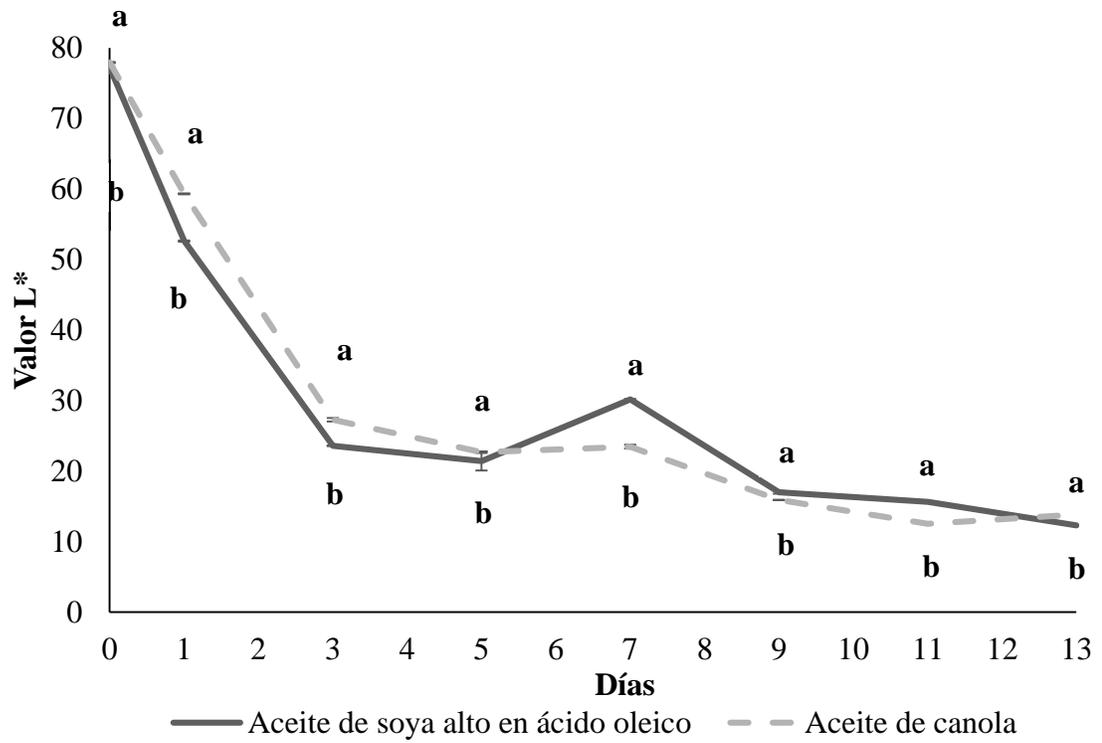


Figura 3. Valor L* de los aceites durante los 13 días de estudio.
a-b: diferentes letras minúsculas indican diferencias significativas entre aceites (P<0.05).

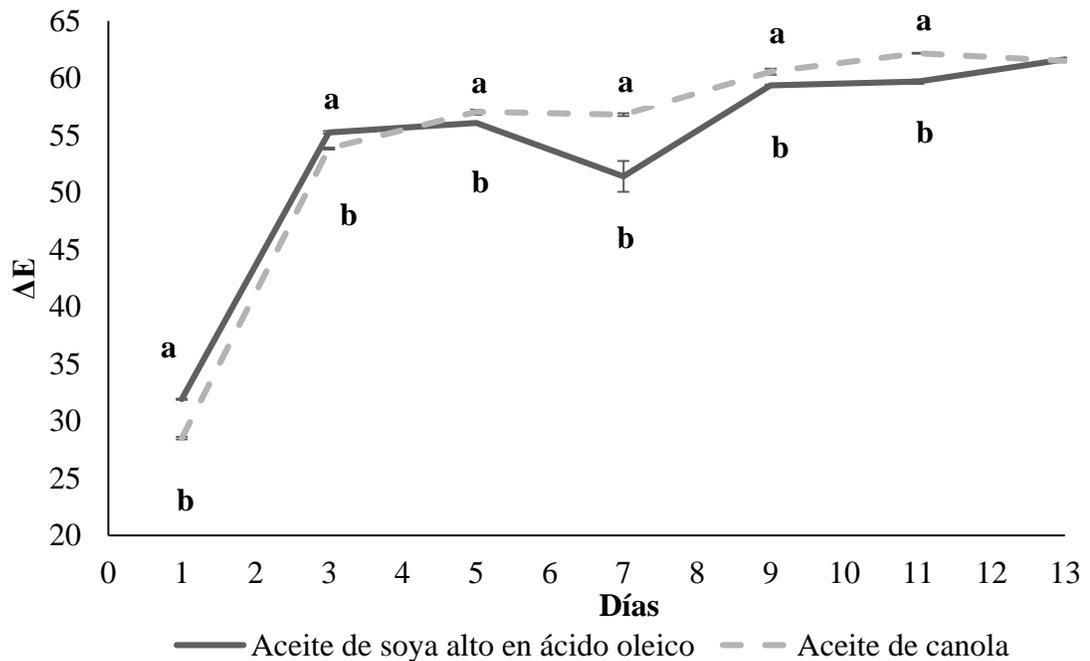


Figura 4. Cambio de color (ΔE) en aceites durante los 13 días de estudio.
a-b: diferentes letras minúsculas indican diferencias significativas entre aceites (P<0.05).

Cuadro 7. Ángulo Hue expresado en grados para los aceites estudiados durante 13 días.

Días	Aceite de soya alto en ácido oleico	Aceite de canola
	Media±DE	Media±DE
Control	102.5±0.2 a	102.1±0.1 a
1	80.6±0.1 a	77.2±0.1 b
3	59.6±0.1 a	56.8±0.2 b
5	53.7±0.5 a	55.3±0.1 b
7	54.2±0.2 a	61.6±2.1 b
9	47.5±0.6 a	49.1±0.2 b
11	46.5±0.2 a	49.6±0.1 b
13	47.0±0.2 b	45.1±0.1 a
R²	0.99	0.99
% CV	1.00	1.00

DE: desviación estándar.

a-b: diferentes letras en la misma fila indican diferencias significativas ($P < 0.05$).

R²: ajuste del modelo.

% CV: coeficiente de variación.

Humedad total. El contenido final de humedad en las papas fritas disminuyó con los días a medida que el aceite se degradaba ($P < 0.05$) (Figura 5). Tanto el tipo de aceite como los días fueron estadísticamente significativos para la variable humedad ($P < 0.05$). La humedad más alta se obtuvo en las papas crudas (muestras control) y estuvo en de $66.7 \pm 0.6\%$. En los días 1 y 4, el contenido de humedad fue estadísticamente similar para las papas fritas preparadas tanto en aceite de soya alto en ácido oleico como en aceite de canola ($P > 0.05$). Para los días 8, 10 y 13, la humedad final de las papas fritas disminuyó en 4 - 5% ($P < 0.05$). Este fenómeno ocurrió tanto en las papas preparadas con aceite de soya alto en ácido oleico como en las papas freídas en aceite de canola (Cuadro 8). Blumenthal (1991) relacionó la disminución de la humedad con la reducción de la tensión interfacial entre el aceite y el alimento debido al aumento de compuestos surfactantes en aceites degradados. El aumento en la interacción alimento-aceite causó que el calor se transmitiera de mejor manera al alimento, facilitando la deshidratación e incrementando también la absorción del aceite a través de los días.

Estos resultados difieren con los hallados por Dobarganes *et al.* (2000), quienes compararon el contenido de humedad de papas fritas preparadas en aceites con baja y alta fracción polar. Los autores reportaron un incremento de alrededor de 1% de humedad en las papas cocinadas en el aceite más degradado pero los resultados fueron estadísticamente iguales a la humedad final de papas fritas preparadas en el aceite puro. Esto pudo deberse a las distintas fuentes de aceite que se utilizaron para estos estudios. Sin embargo, la mayoría de los autores coinciden en que a medida que un aceite se degrada, los alimentos preparados en él tienden a disminuir su contenido de humedad e incrementar la absorción de aceite. Comparando el efecto de los tipos de aceite, la humedad de las papas fritas fue similar para todos los días excepto para el día 10 donde se encontró que las papas fritas preparadas con

aceite de canola tuvieron una humedad más alta ($P<0.05$) (Figura 7). Sin embargo, debido al escaso margen de diferencia (menor al 1%) se pudo tratarse de error estadístico, ya que fue el único día en el que se encontraron diferencias significativas.

Cuadro 8. Porcentaje de humedad de papas fritas preparadas en los aceites durante 13 días.

Días	Aceite de soya alto en ácido oleico	Aceite de canola
	Media±DE	Media±DE
Control	66.7±0.6 X	66.7±0.6 X
1	46.2±0.4 Y	47.2±0.6 Y
4	46.2±0.5 Y	46.9±0.8 Y
8	42.1±0.8 Z	42.6±0.7 Z
10	41.5±0.5 Z	42.3±0.5 Z
13	42.2±0.5 Z	43.1±0.4 Z
R²	0.99	0.99
% CV	1.28	1.28

DE: desviación estándar.

X-Z: diferentes letras mayúsculas en la misma columna indican diferencias significativas ($P<0.05$).

R²: ajuste del modelo.

% CV: coeficiente de variación.

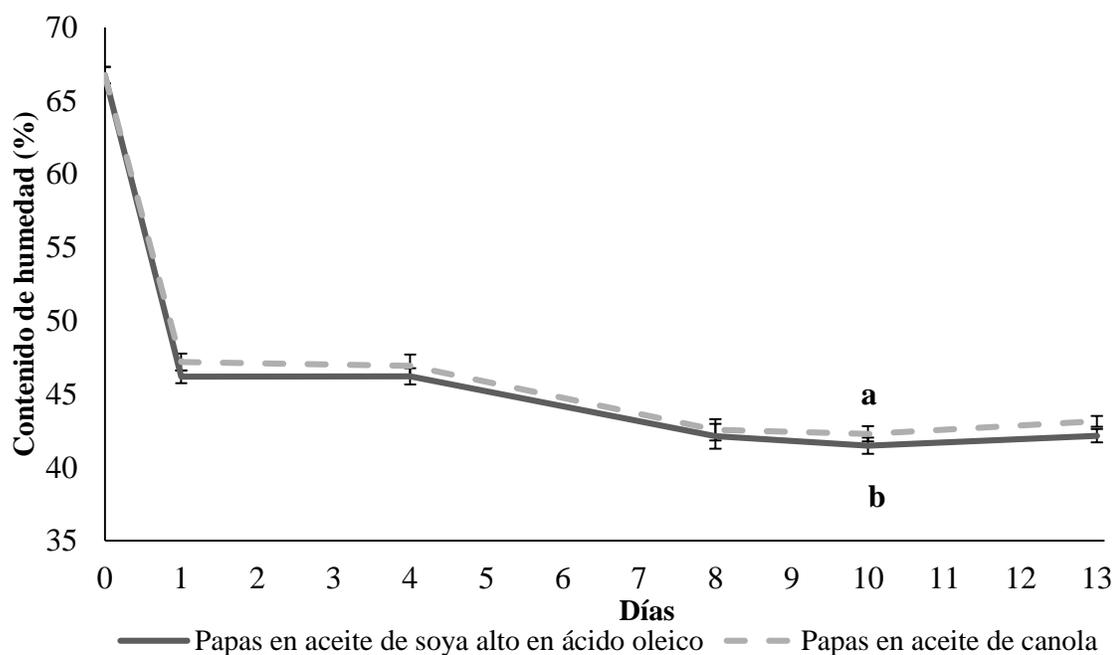


Figura 5. Humedad de papas fritas preparadas en los aceites estudiados durante 13 días. a-b: diferentes letras minúsculas indican diferencias significativas entre tratamientos ($P<0.05$).

Grasa total. Los tipos de aceite y los días fueron las variables que afectaron el contenido final de grasa en las papas fritas ($P < 0.05$). El contenido de grasa (% en base seca) tendió a incrementar a través de los días tanto para las papas fritas preparadas con el aceite de soya alto en ácido oleico como con el aceite de canola (Cuadro 9). La grasa inicial de las papas fue de $10.1 \pm 0.5\%$ e incrementó por encima del 20% en todas las muestras luego del freído. En el día 1, el contenido de grasa de las papas fritas preparadas en el aceite de soya alto en ácido oleico fue de $21.3 \pm 0.4\%$ y en las papas freídas con aceite de canola fue de $20.6 \pm 0.5\%$. A partir del día 4, el contenido de grasa incrementó en todas las muestras de papas fritas ($P < 0.05$). Entre los días 4 y 13, el contenido final de grasa fue estadísticamente similar para cada tratamiento ($P > 0.05$).

Los resultados para el primer día de freído coinciden con los reportados por Dobarganes *et al.* (2000), quienes no observaron incrementos estadísticamente significativos del contenido graso final de distintos tipos de alimentos preparados en aceites poco degradados. Los resultados de los últimos días coinciden con los de Kita y Lisińska (2005), quienes reportaron tendencias en el aumento del contenido graso final de papas a medida que éstas se freían en aceites cada vez más degradados. El aumento en el contenido de grasa final del alimento coincidió con la disminución simultánea de su contenido de humedad, pues el aceite ocupó los espacios porosos dejados por el agua a medida que se evaporaba. Sin embargo, estas variaciones están dentro de un rango de 1 – 3%, no implican diferencias importantes a escala industrial y no son fácilmente percibidas por los consumidores finales.

Comparando los tipos de aceite, se encontraron diferencias estadísticas en el contenido graso final de las papas fritas solamente para los días 8 y 13 (Figura 6). El día 8, el porcentaje de grasa fue mayor para las papas fritas preparadas con aceite de soya alto en ácido oleico, mientras que en el día 13 las papas fritas en aceite de canola tuvieron un contenido graso más alto ($P < 0.05$). El resto de los días no se encontraron diferencias estadísticas entre tratamientos ($P > 0.05$). Esta falta de diferencia estadística para la mayoría de los días concuerda con los reportes de Dobarganes *et al.* (2000), quienes afirmaron que la absorción de aceite depende más de la composición proximal del alimento, especialmente del contenido de humedad inicial, que del tipo de aceite o la fracción polar del mismo. Dado que tanto en el aceite de soya alto en ácido oleico como en el aceite de canola se usó el mismo tipo de papas, se justifica que la absorción de aceite haya sido similar para la mayoría de los días.

Cuadro 9. Contenido graso final (% base seca) de papas fritas preparadas con los aceites estudiados durante 13 días.

Días	Aceite de soya alto en ácido oleico	Aceite de canola
	Media±DE	Media±DE
Control	10.1±0.5 Z	10.1±0.5 Z
1	21.3±0.4 Y	20.6±0.5 Y
4	23.2±0.1 X	23.0±0.2 X
8	22.9±0.2 X	22.2±0.4 X
10	23.0±0.3 X	22.9±0.5 X
13	22.6±0.3 X	23.6±0.3 X
R²	0.99	0.99
% CV	1.86	1.86

DE: desviación estándar.

X-Z: diferentes letras mayúsculas en la misma columna indican diferencias significativas (P<0.05)

R²: ajuste del modelo

% CV: coeficiente de variación.

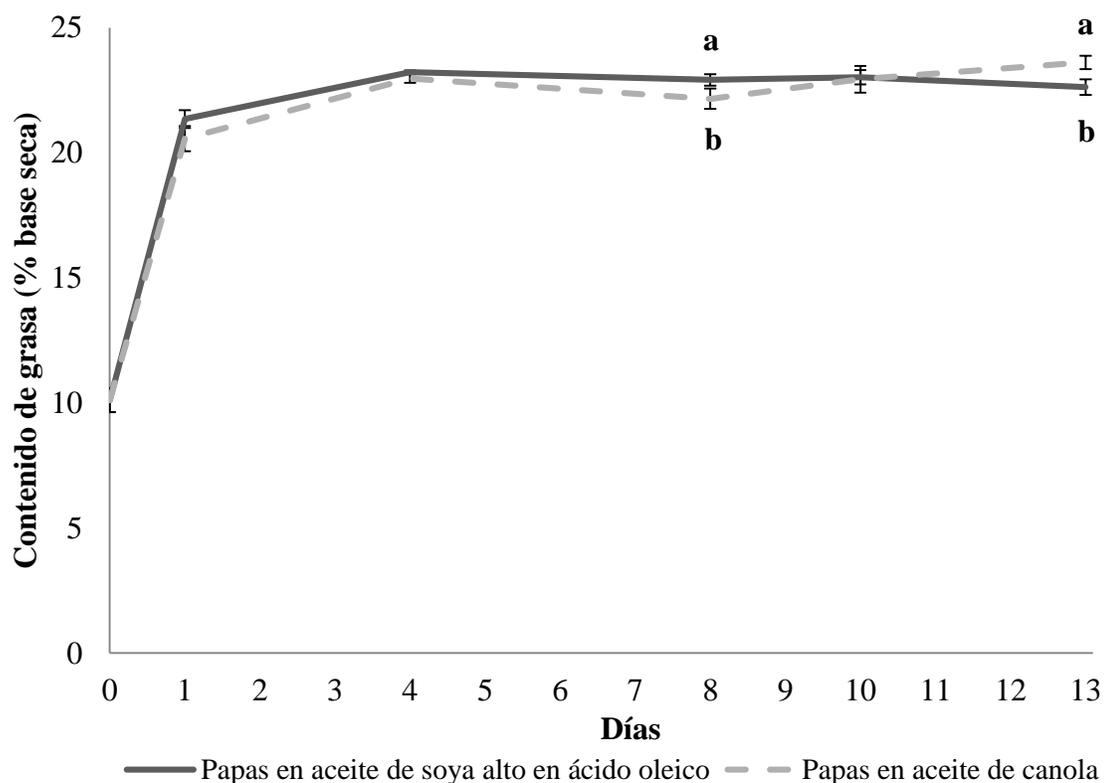


Figura 6. Contenido de grasa expresado en base seca de papas fritas preparadas en los aceites estudiados durante 13 días.

a-b: diferentes letras minúsculas indican diferencias significativas entre tratamientos (P<0.05).

Análisis sensorial. Los panelistas no encontraron diferencias significativas entre las papas fritas para ninguno de los estudios realizados al día 5 ($P>0.05$). De los 100 encuestados en la prueba de Preferencia Pareada No Forzada, 44 prefirieron las papas fritas preparadas con aceite de soya alto en ácido oleico, mientras que 42 optaron por las papas freídas con aceite de canola. Los panelistas que no tuvieron preferencia entre las muestras totalizaron 14 (Figura 7). La literatura establece que al menos 61 de los 100 panelistas debieron haber elegido una de las muestras para que haya preferencia de una sobre la otra, por lo que no hubo preferencia estadística entre las papas fritas para la prueba de preferencia pareada. Incluso si los datos de no preferencia se dividen equitativamente para los datos de aceite de canola y aceite de soya alto en ácido oleico, el 61% requerido para establecer diferencias significativas no se alcanza en ningún grupo.

En la prueba de grado de aceptación con escala hedónica de 9 puntos, los panelistas no prefirieron una muestra sobre otra para ninguno de los descriptores utilizados (Cuadro 10). No hubo diferencia estadística para las variables apariencia, sabor, textura y aceptación general entre las muestras de papas fritas ($P>0.05$).

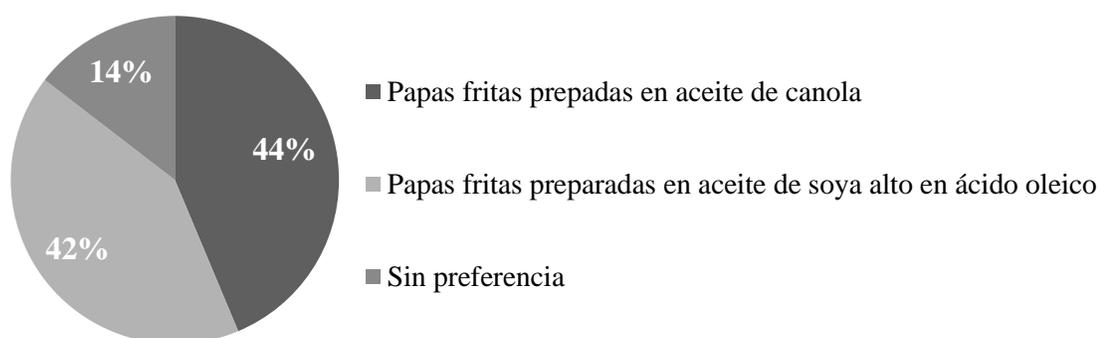


Figura 7. Preferencia de los panelistas en la prueba de preferencia pareada.

Cuadro 10. Evaluación hedónica de descriptores para papas fritas preparadas en los aceites estudiados.

Muestra	Apariencia	Sabor	Textura	Aceptación general
	Media \pm DE	Media \pm DE	Media \pm DE	Media \pm DE
Canola	6.72 \pm 1.54 a	6.57 \pm 1.46 a	6.49 \pm 1.69 a	6.55 \pm 1.40 a
Soya alto en ácido oleico	6.98 \pm 1.44 a	6.61 \pm 1.73 a	6.67 \pm 1.77 a	6.79 \pm 1.51 a

DE: desviación estándar.

a: letras iguales en la misma columna indican similitud entre tratamientos ($P>0.05$)

4. CONCLUSIONES

- El tiempo de recambio de aceite en el comedor universitario Hillenbrand se redujo de 3 tres semanas a dos semanas, para cumplir con la regulación legal (<24% de compuestos polares totales).
- En el comedor universitario Hillenbrand se comenzó a usar el aceite de soya alto en ácido oleico en vez del aceite de canola debido a la similitud en el desempeño de freído entre ambos aceites. El aceite de soya alto en ácido oleico es más barato y es producido en el estado de Indiana, a diferencia del aceite de canola que es importado de Canadá.
- No se encontraron diferencias significativas en la dinámica de degradación de los aceites estudiados.
- La viscosidad de ambos aceites decreció exponencialmente con cada incremento en temperatura, sin que hubiera una tendencia clara a través del tiempo.
- La absorción de aceite de las papas fritas incrementó a través de los días como consecuencia del aumento de compuestos de degradación presentes en los aceites.
- Los panelistas no tuvieron preferencia entre papas fritas preparadas en aceite de soya alto en ácido oleico o en aceite de canola.

5. RECOMENDACIONES

- Monitorear la temperatura de los aceites durante el freído de modo que todos los alimentos reciban el mismo tratamiento térmico.
- Realizar pruebas de perfiles de ácidos grasos para obtener más detalles sobre la composición y degradación de aceites.
- Corroborar la fiabilidad del equipo de medición rápida de compuestos polares Testo® mediante las pruebas oficiales estipuladas por la AOAC por medio de HPSEC-MS.
- Realizar análisis sensoriales para cada día a modo de detectar si el perfil sensorial de los alimentos cambia con la degradación de los aceites.

6. LITERATURA CITADA

Abdulkarim SM, Long K, Lai OM, Muhammad SKS, Ghazali HM. 2007. Frying quality and stability of high-oleic *Moringa oleifera* seed oil in comparison with other vegetable oils. *Food Chem.* 105:1382–1389.

Alimi B, Shittu T, Sanni L, Arowolo T. 2013. Effect of pre-drying and hydrocolloid type on colour and textural properties of coated fried yam chips. *Niger. Food J.* 31:97–102.

Astrup A, Dyerberg J, Selleck M, Stender S. 2008. Nutrition transition and its relationship to the development of obesity and related chronic diseases. *Obes. Rev.* 9:48–52.

Aydar A, Rodriguez-Martinez V, Farkas B. 2016. Determination and modeling of contact angle of Canola oil and olive oil on a PTFE surface at elevated temperatures using air or steam as surrounding media. *LWT - Food Sci. Technol.* 65:304–310.

Blumenthal MM, Stier RF. 1991. Optimization of deep-fat frying operations. *Trends Food Sci. Technol.* 2:144–148.

Bouchon P. 2009. Understanding oil absorption during deep-fat frying. *Adv. Food Nutr. Res.* 57:209–234.

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.* 128–130:267–272.

Dobarganes C, Márquez-Ruiz G, Velasco J. 2000. Interactions between fat and food during deep-frying. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 102:521–528.

Donner MG, Richter WO. 2000. 3rd International symposium on deep-fat frying - optimal operation. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 102:306–308.

Erickson MD. 2015. *Deep frying: Chemistry, nutrition, and practical applications.* Elsevier.

Farkas BE, Singh RP, Rumsey TR. 1996. Modeling heat and mass transfer in immersion frying I, model development. *J. Food Eng.* 29:211–226.

Fasina OO, Colley Z. 2008. Viscosity and specific heat of vegetable oils as a function of temperature: 35°C to 180°C. *Int. J. Food Prop.* 11:738–746.

Gadiraju T, Patel Y, Gaziano JM, Djoussé L. 2015. Fried food consumption and cardiovascular health: A review of current evidence.

- Gamble MH, Rice P. 1988. The effect of slice thickness on potato crisp yield and composition. *J. Food Eng.* 8:31–46.
- Gamble MH, Rice P, Selman JD. 1987. Relationship between oil uptake and moisture loss during frying of potato slices from c.v. Record U.K. tubers. *Int. J. Food Sci. Technol.* 22:233–241.
- Gertz C. 2004. Optimising the baking and frying process using oil-improving agents. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 106:736–745.
- Hu, Willett. 2002. Optimal diets for prevention of coronary heart disease. *JAMA* 288:2569–2578.
- Kita A, Lisińska G. 2005. The influence of oil type and frying temperatures on the texture and oil content of French fries. *J. Sci. Food Agric.* 85:2600–2604.
- Moreira RG, Sun X, Chen Y. 1997. Factors affecting oil uptake in tortilla chips in deep-fat frying. *J. Food Eng.* 31:485–498.
- Mounts T, Warner K, List G, Neff W, Wilson R. 1994. Low-linolenic acid soybean oil—Alternatives to frying oils. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 71:495–499.
- Nielsen S. 2010. Food analysis. 4th Edition. West Lafayette (USA). Springer editorial. 586 p.
- Noureddini H, Teoh BC, Clements LD. 1992. Viscosities of vegetable oils and fatty acids. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 69:1189–1191.
- Paeratakul S, Ferdinand DP, Champagne CM, Ryan DH, Bray GA. 2003. Fast-food consumption among US adults and children: Dietary and nutrient intake profile. *J. Am. Diet. Assoc.* 103:1332–1338.
- Paul S, Mittal G. 1996. Dynamics of fat/oil degradation during frying based on physical properties. *J. Food Process Eng.* 19:201–221.
- Pereira MA, Kartashov AI, Ebbeling CB, Van Horn L, Slattery ML, Jacobs Jr DR, Ludwig DS. 2005. Fast-food habits, weight gain, and insulin resistance (the CARDIA study): 15-year prospective analysis. *Lancet* 365:36–42.
- Pinthus E, Weinberg P, Saguy I. 1995. Oil uptake in deep fat drying as affected by porosity. *J. Food Sci.* 60:767–769.
- Przybylski R, Gruczynska E, Aladedunye F. 2013. Performance of Regular and Modified Canola and Soybean Oils in Rotational Frying. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 90:1271–1280.
- Rao MA. 2014. Rheology of fluid, semisolid, and solid foods. Boston, MA: Springer US (Food Engineering Series). [accessed 2016 Feb 24]. <http://link.springer.com/10.1007/978-1-4614-9230-6>

Rossell JB. 2001. *Frying: Improving quality*. Woodhead Publishing. Santos JCO, Santos IMG, Souza AG. 2005. Effect of heating and cooling on rheological parameters of edible vegetable oils. *J. Food Eng.* 67:401–405.

Stier RF. 2004. Frying as a science – An introduction. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 106:715–721.

Thompson, Edelsberg J, Colditz GA, Bird AP, Oster G. 1999. Lifetime health and economic consequences of obesity. *Arch. Intern. Med.* 159:2177–2183.

Warner K, Mounts T. 1993. Frying stability of soybean and canola oils with modified fatty acid compositions. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 70:983–988.

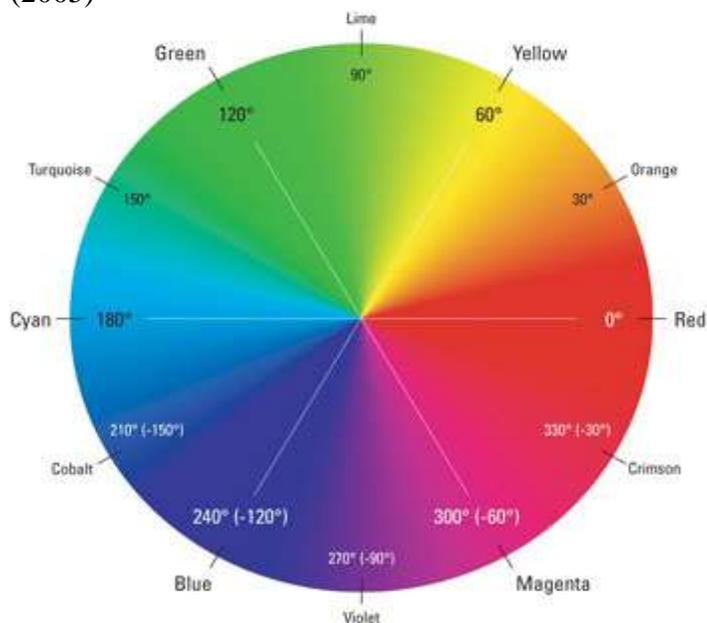
Warner K, Gupta M. 2005. Potato Chip Quality and Frying Oil Stability of High Oleic Acid Soybean Oil. *J. Food Sci.* 70:s395–s400.

7. ANEXOS

Anexo 1. Perfil de ácidos grasos para los aceites estudiados. Adaptado de Warner y Gupta (2005) y Abdulkarim *et al.* (2007).

Ácido graso	Aceite de canola	Aceite de soya alto en ácido oleico
C14:0	0.1	0.0
C16:0	8.9	7.3
C16:1	0.2	0.0
C18:0	2.2	3.4
C18:1	57.4	85.1
C18:2	22.8	1.3
C18:3	6.8	2.0
C20:0	0.6	0.4
C20:1	1.0	0.0
C22:0	-	0.4

Anexo 2. Relación entre el color y el ángulo Hue. Tomado de: McClelland and Fuller (2005)



Anexo 3. Libras de comida freída en aceite de soya alto en ácido oleico en los 13 días de estudio.

Día	Tiempo	Papas fritas	Alitas	Pescado empanizado	Lomo de cerdo	Deditos de pollo	TOTAL
1	Almuerzo	1	90				91
	Cena	3			24		27
2	Almuerzo		108				108
	Cena		96				96
3	Almuerzo		84				84
	Cena			20			20
4	Almuerzo	1	108				109
	Cena		78			45	123
5	Almuerzo	25	78				103
	Cena						0
6	Almuerzo					77.5	77.5
	Cena						0
7	Almuerzo	20					20
	Cena						0
8	Almuerzo	1	108				109
	Cena						0
9	Almuerzo		108				108
	Cena			20			20
10	Almuerzo		102				102
	Cena	1					1
11	Almuerzo		96				96
	Cena						0
12	Almuerzo		96 -				96
	Cena						0
13	Almuerzo	1		25		145	171
	Cena						0
TOTAL		53	1152	65	24	267.5	1561.5

Anexo 4. Libras de comida freída en aceite de canola en los 13 días de estudio.

Día	Tiempo	Papas fritas	Alitas	Pescado empanizado	Lomo de cerdo	Deditos de pollo	TOTAL
1	Almuerzo	1	90				91
	Cena				24		24
2	Almuerzo		114				114
	Cena		96				96
3	Almuerzo		90				90
	Cena			20			20
4	Almuerzo	1	102				103
	Cena		72			45	117
5	Almuerzo	25	78				103
	Cena						0
6	Almuerzo					75	75
	Cena						0
7	Almuerzo						0
	Cena						0
8	Almuerzo	1	108				109
	Cena						0
9	Almuerzo		108				108
	Cena			20			20
10	Almuerzo		102				102
	Cena	1					1
11	Almuerzo		108				108
	Cena						0
12	Almuerzo		108				108
	Cena						0
13	Almuerzo	1		25		145	171
	Cena						0
TOTAL		30	1176	65	24	265	1560

Anexo 5. Temperatura de los aceites durante el freído en los 13 días de estudio.

Días	Tiempo	Aceite de soya				Aceite de canola			
		Inicio	Medio	Final	Media \pm DE	Inicio	Medio	Final	Media \pm DE
1	Almuerzo	186.0	182.0	181.5	183.2 \pm 2.5	190.5	187.5	185.0	187.7 \pm 2.8
	Cena	184.0	179.5	183.0	182.2 \pm 2.4	186.5	181.5	186.5	184.8 \pm 2.9
2	Almuerzo	185.5	183.5	185.5	184.8 \pm 1.2	185.5	182.5	183.5	183.8 \pm 1.5
	Cena	182.5	183.5	185.5	183.8 \pm 1.5	180.5	181.5	182.5	181.5 \pm 1.0
3	Almuerzo	182.5	184.5	183.0	183.3 \pm 1.0	183.5	184.0	179.0	182.2 \pm 2.8
	Cena	184.5	185.5	184.5	184.8 \pm 0.6	183.5	179.5	186.5	183.2 \pm 3.5
4	Almuerzo	183.5	185.5	184.5	184.5 \pm 1.0	185.5	181.5	183.5	183.5 \pm 2.0
	Cena	182.0	182.5	184.0	182.8 \pm 1.0	180.5	182.5	176.0	179.7 \pm 3.3
5	Almuerzo	185.0	181.0	182.0	182.7 \pm 2.1	187.0	179.5	179.5	182.0 \pm 4.3
	Cena								
6	Almuerzo	181.5	181.5	177.5	180.2 \pm 2.3	179.0	179.0	178.5	178.8 \pm 0.3
	Cena								
7	Almuerzo	180.5	185.5	186.0	184.0 \pm 3.0				
	Cena								
8	Almuerzo	186.0	181.5	182.5	183.3 \pm 2.4	185.5	181.5	179.0	182.0 \pm 3.3
	Cena								
9	Almuerzo	177.0	179.5	180.0	178.8 \pm 1.6	179.0	179.5	181.0	179.8 \pm 1.0
	Cena	184.0	186.5	185.5	185.3 \pm 1.3	178.5	182.5	182.5	181.2 \pm 2.3
10	Almuerzo	181.0	180.0	182.0	181.0 \pm 1.0	179.5	184.5	184.5	182.8 \pm 2.9
	Cena	182.0	183.5	179.0	181.5 \pm 2.3	179.0	182.0	179.5	180.2 \pm 1.6
11	Almuerzo	184.0	183.0	183.0	183.3 \pm 0.6	181.0	181.0	180.0	180.7 \pm 0.6
	Cena	188.5	190.0	187.5	188.7 \pm 1.3	191.5	191.0	188.5	190.3 \pm 1.6
12	Almuerzo	192.0	187.5	188.0	189.2 \pm 2.5	193.0	190.0	188.5	190.5 \pm 2.3
	Cena								
13	Almuerzo	184.5	186.0	189.5	186.7 \pm 2.6	187.5	189.5	186.0	187.7 \pm 1.8
	Cena								

Anexo 6. Libras de aceite agregado en cada tanque para rellenar la freidora a su punto óptimo durante los 13 días de estudio.

		Días													
Aceite	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Total	
Canola	20.0	1.8	2.2	1.0	2.2	1.0	1.0	0.0	1.4	1.0	1.5	1.0	2.0	36.1	
Soya	20.0	1.8	2.2	1.0	2.2	1.0	1.0	0.0	1.4	1.0	1.5	1.0	2.0	36.1	

Anexo 7. Boleta para evaluación sensorial de preferencia pareada.

Pair preference test (2)
French fries

Age: _____ Gender: _____ Date: 04/08/16

Please rinse your mouth with water before starting

Please taste the two samples in the order presented, from left to right. You may eat all the French fries provided, but you must eat at least one from each sample.

Please indicate your preference by **CIRCLING** one of the following three answers:

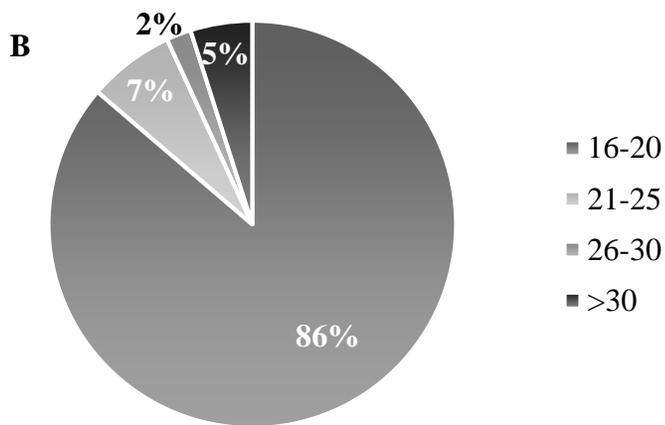
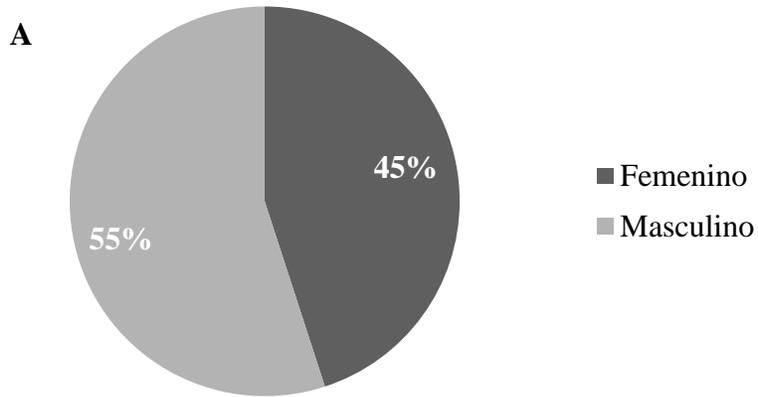
894 614 No Preference

Thank you for your participation.
Please return your ballot after you are done.

Anexo 8. Boleta para la evaluación sensorial de aceptación con escala hedónica

<p style="text-align: center;">Acceptability Test (2) French fries (Front)</p> <p>Age: _____ Gender: _____ Date: <u>04/09/16</u></p> <p>Please rinse your mouth with water before starting. You can rinse at any time during the test if you need to.</p> <p>Please taste the samples according to the number on each page. <u>Do NOT go back and re-taste the samples once you have turned the page.</u> If you have any questions, please ask the server now.</p> <p style="text-align: center;">Check one phrase to indicate your opinion about:</p> <p style="text-align: center;">Sample # 562</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th style="text-align: center;">Appearance</th> <th style="text-align: center;">Flavor</th> <th style="text-align: center;">Texture</th> <th style="text-align: center;">Overall liking</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Like Extremely</td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Like very much</td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Like moderately</td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Like slightly</td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Neither like nor dislike</td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Dislike slightly</td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Dislike moderately</td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Dislike very much</td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Dislike extremely</td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td></tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">PLEASE CONTINUE ON THE BACK OF THIS PAGE.</p>		Appearance	Flavor	Texture	Overall liking	Like Extremely	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Like very much	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Like moderately	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Like slightly	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Neither like nor dislike	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Dislike slightly	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Dislike moderately	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Dislike very much	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Dislike extremely	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<p style="text-align: center;">Acceptability Test (2) French fries (Back)</p> <p>Please rinse your mouth with water before starting. You can rinse at any time during the test if you need to.</p> <p>Please taste the samples according to the number on each page. <u>Do NOT go back and re-taste the samples once you have turned the page.</u></p> <p style="text-align: center;">Check one phrase to indicate your opinion about the following attributes of</p> <p style="text-align: center;">Sample # 926</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th style="text-align: center;">Appearance</th> <th style="text-align: center;">Flavor</th> <th style="text-align: center;">Texture</th> <th style="text-align: center;">Overall liking</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Like Extremely</td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Like very much</td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Like moderately</td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Like slightly</td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Neither like nor dislike</td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Dislike slightly</td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Dislike moderately</td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Dislike very much</td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Dislike extremely</td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td></tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">Thank you for your participation. Please return your ballot after you are done.</p>		Appearance	Flavor	Texture	Overall liking	Like Extremely	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Like very much	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Like moderately	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Like slightly	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Neither like nor dislike	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Dislike slightly	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Dislike moderately	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Dislike very much	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Dislike extremely	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Appearance	Flavor	Texture	Overall liking																																																																																																	
Like Extremely	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																	
Like very much	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																	
Like moderately	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																	
Like slightly	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																	
Neither like nor dislike	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																	
Dislike slightly	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																	
Dislike moderately	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																	
Dislike very much	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																	
Dislike extremely	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																	
	Appearance	Flavor	Texture	Overall liking																																																																																																	
Like Extremely	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																	
Like very much	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																	
Like moderately	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																	
Like slightly	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																	
Neither like nor dislike	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																	
Dislike slightly	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																	
Dislike moderately	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																	
Dislike very much	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																	
Dislike extremely	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																	

Anexo 9. Datos de género (A) y edad (B) para la prueba de preferencia pareada.



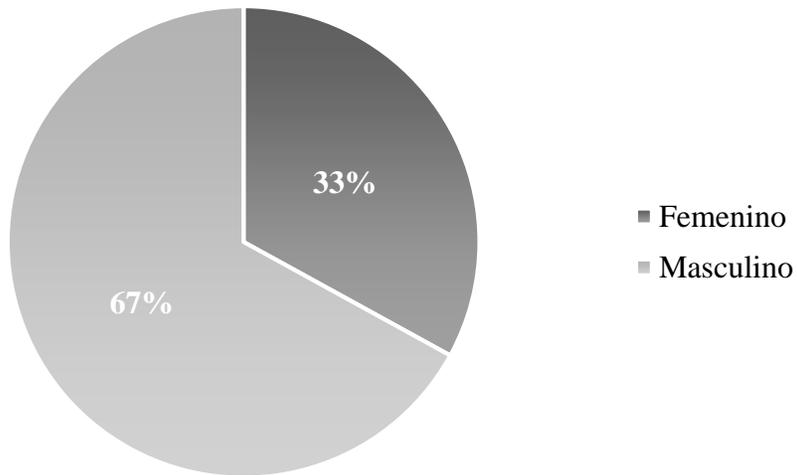
Anexo 10. Número mínimo de acuerdos de panelistas necesarios para establecer diferencias significativas a diferentes niveles de probabilidad para la prueba de preferencia pareada (dos colas, $p = 1/2$)^a. Tomado de: Roessler *et al.* (1978).

No. of trials (n)	Probability levels						
	0.05	0.04	0.03	0.02	0.01	0.005	0.001
7	7	7	7	7	8		
8	8	8	8	8	9		
9	8	8	9	9	9	9	
10	9	9	9	10	10	10	
11	10	10	10	10	11	11	11
12	10	10	11	11	11	12	12
13	11	11	11	12	12	12	13
14	12	12	12	12	13	13	14
15	12	12	13	13	13	14	14
16	13	13	13	14	14	14	15
17	13	14	14	14	15	15	16
18	14	14	15	15	15	16	17
19	15	15	15	15	16	16	17
20	15	16	16	16	17	17	18
21	16	16	16	17	17	18	19
22	17	17	17	17	18	18	19
23	17	17	18	18	19	19	20
24	18	18	18	19	19	20	21
25	18	19	19	19	20	20	21
26	19	19	19	20	20	21	22
27	20	20	20	20	21	22	23
28	20	20	21	21	22	22	23
29	21	21	21	22	22	23	24
30	21	22	22	22	23	24	25
31	22	22	22	23	24	24	25
32	23	23	23	23	24	25	26
33	23	23	24	24	25	25	27
34	24	24	24	25	25	26	27
35	24	25	25	25	26	27	28
36	25	25	25	26	27	27	29
37	25	26	26	26	27	28	29
38	26	26	27	27	28	29	30
39	27	27	27	28	28	29	31
40	27	27	28	28	29	30	31
41	28	28	28	29	30	30	32
42	28	29	29	29	30	31	32
43	29	29	30	30	31	32	33
44	29	30	30	30	31	32	34
45	30	30	31	31	32	33	34
46	31	31	31	32	33	33	35
47	31	31	32	32	33	34	36
48	32	32	32	33	34	35	36
49	32	33	33	34	34	35	37
50	33	33	34	34	35	36	37
60	39	39	39	40	41	42	44
70	44	45	45	46	47	48	50
80	50	50	51	51	52	53	56
90	55	56	56	57	58	59	61
100	61	61	62	63	64	65	67

^a Values (X) not appearing in table may be derived from:
 $X = (z \sqrt{n} + n + 1)/2$. See text.

Anexo 11. Datos de género (A) y edad (B) para la prueba de afectiva hedónica.

A



B

