



Oxidación del aceite de soja durante la fritura de *Ipomoea batatas* fresca y deshidratada

Oxidation of soybean oil during the frying of fresh and dried *Ipomoea batatas*

Rubén Jesús Aro Díaz¹; Edmundo Arturo Venegas Casanova¹;
Maricarmen Jackelyn Jaico Cruz²; Christopher Mark Tolentino Lavado¹

¹ Facultad de Farmacia y Bioquímica, Universidad Nacional de Trujillo, Av. Juan Pablo II s/n-Ciudad Universitaria, Trujillo, Perú.

² Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Católica de Trujillo, Panamericana Norte Km 555, Moche, Perú.

ORCID de los autores:

R. J. Aro Díaz: <https://orcid.org/0000-0001-8383-928X>

M. J. Jaico Cruz: <https://orcid.org/0000-0001-5790-691X>

E. A. Venegas Casanova: <https://orcid.org/0000-0001-9284-9180>

C. M. Tolentino Lavado: <https://orcid.org/0000-0002-5512-2051>

RESUMEN

La fritura es un método ampliamente empleado en la industria alimentaria, aunque la exposición continua del aceite a altas temperaturas promueve su degradación oxidativa. Este estudio evaluó el efecto del camote (*Ipomoea batatas*) fresco y deshidratado, en variedades morada y amarilla, sobre la estabilidad del aceite de soja durante el proceso de fritura. Se emplearon 40 litros de aceite de *Glycine max* divididos en ensayos con y sin fritura, utilizando 500 g de camote por ciclo. Se tomaron muestras cada seis horas durante ocho días y se determinaron los índices de acidez y oxidabilidad mediante valoración con KMnO_4 . Los resultados evidenciaron que el aceite almacenado al ambiente conservó su calidad hasta el tercer día, mientras que el sometido a fritura con camote fresco mostró un deterioro más rápido debido al contenido de agua del vegetal. La presente investigación aporta evidencia técnica sobre la cinética de degradación del aceite de soja, demostrando que la reducción previa de la humedad en el tubérculo mediante la deshidratación es una estrategia eficaz para mitigar la hidrólisis y prolongar la vida útil del medio de fritura, garantizando así la inocuidad alimentaria en procesos de cocción a alta temperatura.

Palabras clave: aceite de soja; antioxidantes naturales; fritura; *Ipomoea batatas*; oxidación lipídica.

ABSTRACT

Frying is a widely used method in the food industry; however, continuous exposure of oils to high temperatures promotes oxidative degradation. This study evaluated the effect of fresh and dehydrated sweet potato (*Ipomoea batatas*), in purple and yellow varieties, on the oxidative stability of soybean oil during frying. Forty liters of *Glycine max* oil were used in tests with and without frying, using 500 g of sweet potato per cycle. Samples were taken every six hours over eight days, and acidity and oxidability indexes were determined through titration with KMnO_4 . Results showed that oil stored at ambient temperature maintained acceptable quality up to the third day, whereas oil subjected to frying with fresh sweet potato deteriorated faster due to its higher moisture content. This study provides technical evidence on the degradation kinetics of soybean oil, demonstrating that reducing the moisture content of the beans through dehydration is an effective strategy for mitigating hydrolysis and extending the shelf life of the frying medium, thereby ensuring food safety during high-temperature cooking processes.

Keywords: *Ipomoea batatas*; frying; lipid oxidation; natural antioxidants; soybean oil.

1. Introducción

La fritura es un método culinario ampliamente utilizado tanto en el ámbito doméstico como en la industria alimentaria para obtener productos de textura crujiente y sabor atractivo. Sin embargo, durante este proceso, los aceites comestibles se someten a elevadas temperaturas (usualmente entre 150 °C y 190 °C), lo que desencadena reacciones químicas complejas, en especial oxidación, hidrólisis y polimerización. Estas transformaciones ocasionan pérdidas de calidad (como rancidez, cambio en sabor y aromas indeseables) y la generación de compuestos tóxicos secundarios (aldehídos, cetonas, peróxidos, polímeros polares) que pueden comprometer la seguridad del alimento y la salud del consumidor (Abrante et al., 2024). Además, la acumulación repetitiva de compuestos de oxidación durante ciclos sucesivos de fritura agrava el deterioro del aceite. Ujong et al. (2023) documentan cómo las propiedades físicas, químicas y la capacidad antioxidante del aceite se degradan tras varios ciclos térmicos.

En el estudio específico de aceites de origen vegetal sometidos a procesos de fritura, se ha constatado que aquellos con un elevado contenido de ácidos grasos insaturados son especialmente vulnerables a la oxidación bajo calor. En particular, el aceite de soja (*Glycine max*) es muy usado en fritura por su disponibilidad y costo, pero su proporción frente a ácidos grasos poliinsaturados lo convierte en un blanco fácil de deterioro térmico (Yi et al., 2025). Hu et al. (2023) en su artículo monitorearon la progresión de la oxidación en aceite de soja durante la fritura continua, observando aumentos persistentes en el valor TOTOX y compuestos polares.

Ante esta problemática, una de las estrategias más investigadas es la adición de antioxidantes naturales derivados de plantas, como alternativa más segura frente a los antioxidantes sintéticos. En los últimos años, estudios han explorado el uso de camote (*Ipomoea batatas*), en forma de polvo o extracto, para mitigar la oxidación del aceite durante la fritura. Por ejemplo, Lee et al. (2022) comprobaron que al incorporar polvo de camote se redujo la formación de peróxidos y otros productos secundarios en aceites reutilizados. En otro caso, Jittrepotch et al. evaluaron extractos de cáscara de camote morado y observaron que podían retardar la oxidación térmica del aceite de palma en condiciones de fritura. No obstante, muchos de esos trabajos se centran en residuos (piel, cáscara) o extractos acuosos/orgánicos, y no contrastan explícitamente la eficacia antioxi-

dante del camote en su forma fresca frente a su versión deshidratada.

El camote (*Ipomoea batatas*) es conocido por su aporte energético, pero lo que resulta muy relevante para este estudio es su capacidad fitoquímica. Sus variedades de pulpa amarilla contienen β -caroteno y compuestos fenólicos con actividad antioxidante; las variedades de pulpa morada destacan por su elevado contenido en antocianinas, pigmentos con probado efecto antioxidante (Laveriano et al., 2022; Rosell et al., 2024). Estas moléculas pueden actuar neutralizando radicales libres o donando electrones, lo cual sugiere su potencial para retardar procesos oxidativos en matrices lipídicas. No obstante, la eficacia real en sistemas de fritura aún no está suficientemente documentada, y menos aún la comparación entre camote fresco y deshidratado como agente estabilizador del aceite (Yilmaz et al., 2023; Gautam et al., 2024).

Así pues, se evidencia un vacío científico: no hay estudios suficientes que comparen directamente el desempeño antioxidante del camote en forma fresca frente al deshidratado como aditivo en aceites durante la fritura, especialmente en aceites de soja. Llenar este vacío tiene importancia teórica (para entender cómo la matriz vegetal y su estado físico afectan la transferencia antioxidante al aceite) y tecnológica (para proponer soluciones prácticas que mejoren la estabilidad del aceite en procesos de fritura, reduciendo los riesgos sanitarios y económicos).

2. Metodología

Material biológico

20 kg de *Ipomoea batata* morado fresco, 10 kg de *Ipomoea batata* morado seco, 20 kg de *Ipomoea batata* amarillo fresco, 10 kg de *Ipomoea batata* amarillo seco y 40 L de aceite de *Glycine max* (soya) del mismo lote.

Procedimiento (Figura 1)

Se emplearon 2 L de aceite de *Glycine max* tanto para las pruebas a temperatura ambiente como para los ensayos de fritura con camote fresco y deshidratado. En todos los casos, se tomó una muestra inicial de 50 mL como referencia y tres muestras adicionales del mismo volumen, recolectadas cada seis horas a lo largo de ocho días. Para la fritura continua se utilizaron 500 g de camote cortado en rodajas, el cual se frió durante cinco minutos por ciclo. Una vez obtenidas las muestras, se procedió de inmediato a determinar su índice de oxidabilidad. (Chabni et al., 2024)

En un vaso pequeño previamente tarado se pesaron entre 20 y 25 g de la muestra en su estado original. El contenido se transfirió a un balón de 500 mL de fondo redondo y cuello largo, correspondiente al equipo de destilación por arrastre de vapor, que contenía 100 mL de agua destilada. Se procedió a destilar hasta obtener aproximadamente 100 mL del destilado. Posteriormente, en un matraz de 250 mL se mezclaron 10 mL del destilado con 50 mL de agua destilada, 10 mL de ácido sulfúrico al 20% y 50 mL de permanganato de potasio 0,01 N. La mezcla se calentó en baño maría con refrigerante de reflujo durante cinco minutos, se dejó enfriar hasta 30 °C y se añadieron 50 mL de ácido oxálico 0,01 N, observándose la decoloración total del líquido. Finalmente, se tituló el exceso de ácido oxálico

con permanganato de potasio 0,01 N hasta obtener una tonalidad rosada tenue, registrando el volumen consumido. Se realizó un ensayo en blanco con 10 mL de agua destilada y se anotó el volumen correspondiente.

El índice de oxidabilidad (IO) se calculó con la siguiente ecuación:

$$IO = (N - n) 80/p$$

Donde N: KMnO₄ (0,01 N) gastados en muestra; n: KMnO₄ (0,01 N) gastados en el blanco; 80: Equivalente de oxígeno en porcentaje; p: Cantidad de muestra en gramos. Se aceptan valores de Índice de Oxidabilidad de 3, pero si este índice es mayor, se estima que se trata de un aceite rancio no apto para el consumo (Martín et al., 2022).

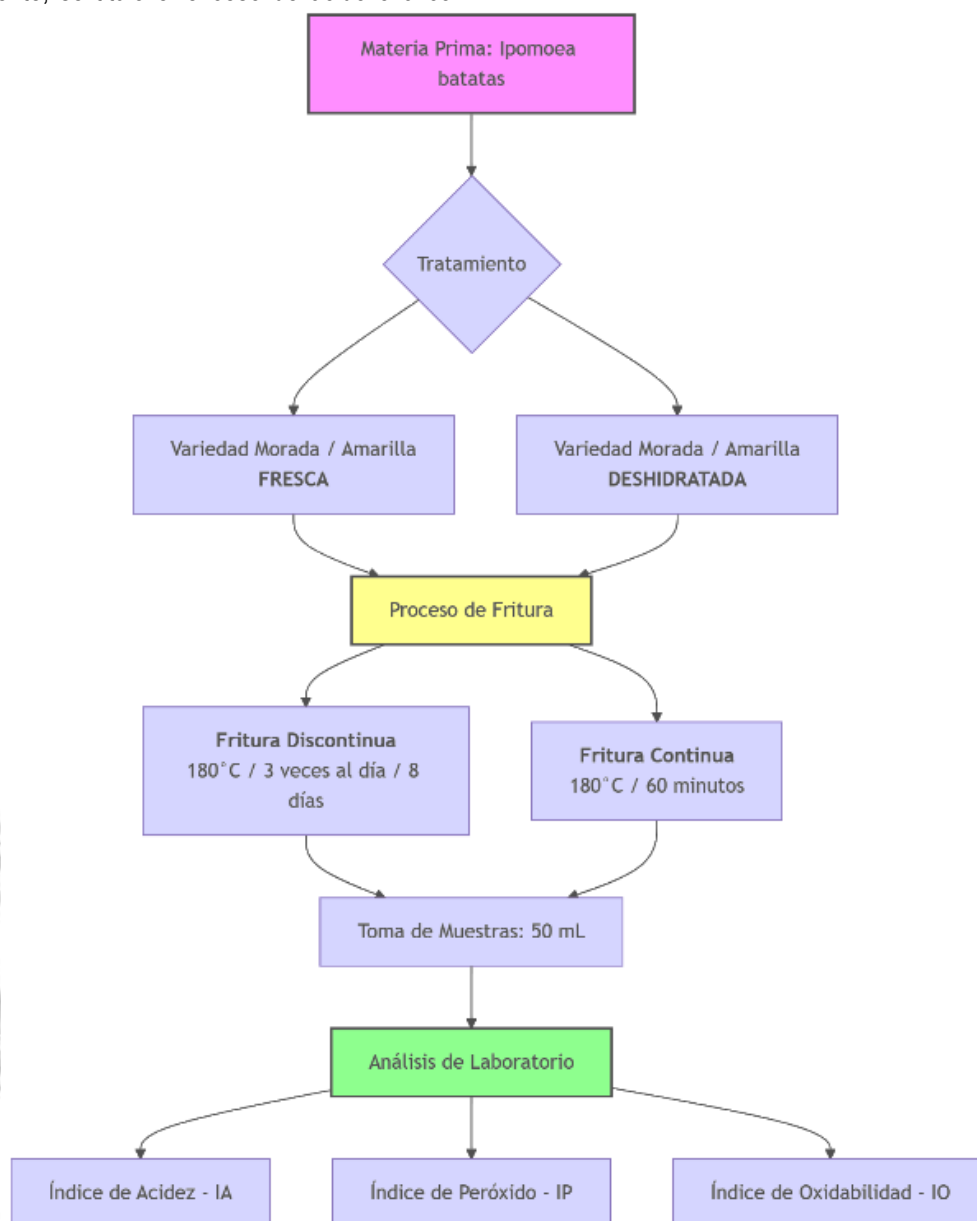


Figura 1. Esquema metodológico del proceso experimental.

3. Resultados y discusión

En la Tabla 1 se muestran los resultados de acidez e índice de oxidabilidad en aceite de *Glycine max* expuesto a factores ambientales. La acidez del aceite de *Glycine max* presentó un incremento leve durante los 8 días. Los valores iniciales se ubicaron entre 0,12% y 0,14% durante el 1er día, mientras que al octavo día alcanzaron valores de hasta 0,20%. Este comportamiento sugiere una hidrólisis gradual de los triacilglicéridos, con liberación progresiva de ácidos grasos libres, aunque la magnitud del cambio fue limitada. La baja variación de la acidez indica que, en condiciones ambientales y sin intervención de fritura, el proceso hidrolítico avanzó de forma lenta, probablemente porque no existió una fuente intensa de humedad ni temperatura elevada que favoreciera la ruptura de enlaces éster. Esta interpretación es coherente con estudios de caracterización de aceites vegetales, donde la estabilidad frente a la hidrólisis puede mantenerse durante cierto tiempo, mientras otros indicadores oxidativos muestran mayor sensibilidad al deterioro inicial (Figueiredo et al., 2022).

A diferencia de la acidez, el índice de oxidabilidad mostró un aumento mucho más marcado. En el 1er día se registraron valores de 1,43, 1,82 y 1,94, mientras que hacia el 8vo día se alcanzaron valores de 9,32, 10,54 y 8,23. Este incremento evidencia que el aceite experimentó un deterioro oxidativo progresivo aun cuando la acidez permaneció baja. La diferencia puede explicarse porque

la acidez refleja principalmente hidrólisis y formación de ácidos grasos libres, mientras que el índice de oxidabilidad responde a la formación de compuestos oxidables derivados de la degradación de ácidos grasos insaturados. Por ello, un aceite puede mantener una acidez relativamente baja y, simultáneamente, presentar aumento de productos de oxidación primaria o secundaria.

Tomando como referencia el valor aceptable de índice de oxidabilidad de 3 indicado en la metodología, el deterioro se hizo evidente desde el tercer día en el turno nocturno, donde el valor alcanzó 3,23, y se volvió más crítico desde el cuarto día, con valores de 4,16, 4,77 y 8,05. Este patrón sugiere que el aceite de soja, por su composición rica en ácidos grasos poliinsaturados, especialmente linoleico y linolénico, es vulnerable a la oxidación incluso durante almacenamiento o exposición ambiental. En aceites vegetales ricos en insaturaciones, la pérdida de estabilidad oxidativa se relaciona con la ruptura de dobles enlaces, formación de hidroperóxidos y generación posterior de aldehídos, cetonas y otros compuestos secundarios (Kandiyil et al., 2023; Nili-Ahmadabadi et al., 2022).

El impacto del proceso de fritura con alimentos de alta humedad se refleja en las Tablas 2 y 3. En la Tabla 2 se presentan los resultados de acidez e índice de oxidabilidad del aceite de *Glycine max* después de la fritura con *Ipomoea batatas* L. morado fresco.

Tabla 1

Porcentaje de Acidez e Índice de Oxidabilidad en aceite de *Glycine max*, expuesta a factores ambientales

Día	Turno	% Acidez (M / T / N)	D.E. Acidez	Índice Oxidabilidad (M / T / N)	D.E. Oxid.
Día 1	M/T/N	0,12 / 0,12 / 0,14	± 0,012	1,43 / 1,82 / 1,94	± 0,266
Día 2	M/T/N	0,13 / 0,14 / 0,13	± 0,006	2,61 / 2,70 / 2,84	± 0,116
Día 3	M/T/N	0,13 / 0,12 / 0,14	± 0,010	2,73 / 2,98 / 3,23	± 0,250
Día 4	M/T/N	0,12 / 0,13 / 0,13	± 0,006	4,16 / 4,77 / 8,05	± 2,075
Día 5	M/T/N	0,14 / 0,15 / 0,13	± 0,010	6,14 / 7,16 / 9,37	± 1,651
Día 6	M/T/N	0,15 / 0,16 / 0,15	± 0,006	8,76 / 9,12 / 9,86	± 0,561
Día 7	M/T/N	0,20 / 0,15 / 0,17	± 0,025	8,23 / 9,90 / 10,50	± 1,175
Día 8	M/T/N	0,20 / 0,16 / 0,20	± 0,023	9,32 / 10,54 / 8,23	± 1,161

Tabla 2

Acidez e índice de oxidabilidad en aceite de *Glycine max* luego de la fritura de *Ipomoea batatas* L. morado fresco

Día	Turno	% Acidez (M / T / N)	D.E. Acidez	Índice Oxidabilidad (M / T / N)	D.E. Oxid.
Día 1	M/T/N	0,12 / 0,12 / 0,14	± 0,012	1,43 / 1,82 / 1,94	± 0,266
Día 2	M/T/N	0,13 / 0,14 / 0,13	± 0,006	2,61 / 2,70 / 2,84	± 0,116
Día 3	M/T/N	0,13 / 0,12 / 0,14	± 0,010	2,73 / 2,98 / 3,23	± 0,250
Día 4	M/T/N	0,12 / 0,13 / 0,13	± 0,006	4,16 / 4,77 / 8,05	± 2,075
Día 5	M/T/N	0,14 / 0,15 / 0,13	± 0,010	6,14 / 7,16 / 9,37	± 1,651
Día 6	M/T/N	0,15 / 0,16 / 0,15	± 0,006	8,76 / 9,12 / 9,86	± 0,561
Día 7	M/T/N	0,20 / 0,15 / 0,17	± 0,025	8,23 / 9,90 / 10,50	± 1,175
Día 8	M/T/N	0,20 / 0,16 / 0,20	± 0,023	9,32 / 10,54 / 8,23	± 1,161

En la Tabla 2 se observa que la acidez del aceite se mantuvo en valores bajos durante los primeros seis días, con registros entre 0,12% y 0,16%, y posteriormente alcanzó valores de hasta 0,20% en los días 7 y 8. Este incremento, aunque moderado, sugiere el inicio de procesos de hidrólisis inducidos por la interacción entre el aceite caliente y la matriz vegetal fresca. En alimentos frescos, la humedad interna puede migrar hacia el medio lipídico durante la fritura, favoreciendo la ruptura de triacilglicéridos y la formación de ácidos grasos libres. No obstante, los valores de acidez no aumentaron de manera tan intensa como en el tratamiento con camote amarillo fresco, lo que sugiere que la hidrólisis fue limitada o que el efecto del alimento fresco no se expresó principalmente en este parámetro.

El índice de oxidabilidad presentó un comportamiento más relevante. Los valores iniciales oscilaron entre 1,43 y 1,94 en el primer día, pero aumentaron progresivamente hasta alcanzar 10,50 en el día 7 y 10,54 en el día 8. Este resultado indica que la fritura con camote morado fresco favoreció la acumulación de compuestos oxidables en el aceite. La combinación de temperatura elevada, oxígeno y humedad del alimento pudo acelerar la formación de radicales libres e hidroperóxidos, los cuales posteriormente se transforman en compuestos secundarios de oxidación. En estudios recientes de fritura continua con aceites ricos en ácidos grasos insaturados, se ha observado que los valores de acidez, peróxidos, p-anisidina, carbonilos y compuestos polares aumentan conforme avanza el tiempo de exposición térmica (Cao et al., 2023). Aunque el camote morado contiene antocianinas y compuestos fenólicos con potencial antioxidante, los datos de la Tabla 2 muestran que este posible efecto no fue suficiente para evitar el deterioro oxidativo del aceite. Esto puede deberse a que los antioxidantes naturales pueden

degradarse, volatilizarse o perder eficacia bajo condiciones de fritura repetida. Además, la presencia de agua en el camote fresco puede contrarrestar parcialmente el beneficio antioxidante al favorecer hidrólisis y transferencia de compuestos polares hacia el aceite. En investigaciones con antioxidantes naturales aplicados a aceites de cocción se ha observado que estos pueden retardar la oxidación, pero no detenerla completamente cuando el aceite se somete a temperaturas elevadas durante periodos prolongados (Soliman, 2023).

En la Tabla 3 se muestran los resultados de acidez e índice de oxidabilidad en aceite de *Glycine max* sometido a fritura con *Ipomoea batatas* L. amarillo fresco. En la Tabla 3 se evidencia un incremento más marcado de la acidez en comparación con el aceite expuesto al ambiente y con el tratamiento de camote morado fresco. En el primer día, la acidez osciló entre 0,19% y 0,22%, mientras que hacia los días 6, 7 y 8 se registraron valores entre 0,42% y 0,51%. Este aumento indica una mayor formación de ácidos grasos libres, probablemente asociada a una hidrólisis térmica más intensa. La fritura de una matriz vegetal fresca favorece la transferencia de agua hacia el aceite, y esta humedad, combinada con alta temperatura, acelera la ruptura de enlaces éster de los triacilglicéridos. En este tratamiento, el comportamiento de la acidez sugiere que el camote amarillo fresco generó condiciones más favorables para el deterioro hidrolítico que el camote morado fresco.

El índice de oxidabilidad también mostró un incremento severo. En el primer día se registraron valores de 2,82, 2,63 y 2,91, cercanos al límite aceptable de referencia; sin embargo, desde el segundo día los valores superaron dicho límite, con registros de 4,24, 4,20 y 4,36. El deterioro se intensificó en los días posteriores, alcanzando valores de 13,08 en el día 6 y 13,28 en el día 7.

Tabla 3

Porcentaje de Acidez e Índice de oxidabilidad en aceite de *Glycine max*, luego de ser sometidas a frituras de *Ipomoea batatas* L. amarillo fresco

Día	Turno	% Acidez (M / T / N)	D.E. Acidez	Índice Oxidabilidad (M / T / N)	D.E. Oxid.
Día 1	M/T/N	0,19 / 0,21 / 0,22	± 0,015	2,82 / 2,63 / 2,91	± 0,142
Día 2	M/T/N	0,26 / 0,25 / 0,28	± 0,015	4,24 / 4,20 / 4,36	± 0,085
Día 3	M/T/N	0,26 / 0,24 / 0,29	± 0,025	6,41 / 5,92 / 8,03	± 1,102
Día 4	M/T/N	0,30 / 0,31 / 0,33	± 0,015	7,12 / 7,56 / 7,72	± 0,314
Día 5	M/T/N	0,40 / 0,43 / 0,46	± 0,030	8,48 / 8,96 / 11,02	± 1,351
Día 6	M/T/N	0,50 / 0,48 / 0,47	± 0,015	13,08 / 11,67 / 11,52	± 0,854
Día 7	M/T/N	0,51 / 0,48 / 0,51	± 0,017	13,28 / 11,17 / 11,50	± 1,135
Día 8	M/T/N	0,42 / 0,49 / 0,51	± 0,047	9,54 / 10,70 / 11,64	± 1,053

Este comportamiento refleja una oxidación acelerada de los ácidos grasos insaturados del aceite de soja, con formación de productos primarios y secundarios de oxidación. Estudios con aceites termoxidados han mostrado que el calentamiento progresivo aumenta la generación de peróxidos, aldehídos reactivos y productos secundarios, los cuales se asocian directamente con la pérdida de calidad del aceite y con posibles efectos adversos sobre la salud (Nili-Ahmadabadi et al., 2022).

En comparación con el camote morado fresco, el camote amarillo fresco produjo un mayor incremento de acidez y un índice de oxidabilidad más alto durante el periodo de evaluación. Esta diferencia podría relacionarse con variaciones en composición, humedad, contenido de sólidos y estabilidad térmica de los compuestos antioxidantes presentes en cada variedad. Aunque el camote amarillo puede aportar carotenoides y compuestos fenólicos, estos compuestos son sensibles al calor, al oxígeno y a la degradación durante fritura. Por tanto, su posible actividad antioxidante no evitó la oxidación del aceite bajo las condiciones experimentales. La evidencia reciente sobre antioxidantes lipofílicos, como derivados de quercetina, muestra que su eficacia depende de su estabilidad térmica y de su capacidad para permanecer activos en la fase oleosa durante la fritura (Soliman, 2023).

Para contrastar el efecto de la humedad, se evaluaron los parámetros en frituras con camote deshidratado, presentados en las Tablas 4 y 5.

En la Tabla 4 se presentan los resultados de acidez e índice de oxidabilidad del aceite de *Glycine max* sometido a fritura con *Ipomoea batatas* L. morado deshidratado. Se observa que la acidez aumentó desde valores iniciales de 0,16%, 0,18% y 0,19% hasta valores máximos cercanos a 0,36% durante los días 6, 7 y 8. Este comportamiento evidencia formación progresiva de ácidos grasos libres; sin embargo, la magnitud del incremento fue menor que la observada con

camote amarillo fresco. Esta diferencia sugiere que la deshidratación previa redujo la cantidad de agua disponible para participar en reacciones de hidrólisis térmica. Al disminuir la humedad de la matriz vegetal, se limita la transferencia de agua hacia el aceite caliente, lo cual puede retardar la ruptura de triacilglicéridos y la acumulación de ácidos grasos libres.

El índice de oxidabilidad aumentó de forma progresiva desde valores cercanos a 2,64 – 2,75 en el primer día hasta un máximo de 10,74 en el sexto día. Este incremento indica que, aunque la deshidratación pudo reducir parcialmente el deterioro hidrolítico, no impidió la oxidación del aceite. La exposición repetida al calor favorece la autooxidación de los ácidos grasos insaturados, especialmente en aceites como el de soja, que presentan dobles enlaces susceptibles al ataque radicalario. En estudios de fritura con aceites insaturados se ha observado que los extractos fenólicos pueden disminuir la formación de peróxidos, compuestos carbonílicos y compuestos polares; sin embargo, su acción protectora depende del tiempo de calentamiento y de la estabilidad térmica de los antioxidantes (Cao et al., 2023).

Un aspecto importante de la Tabla 4 es la disminución del índice de oxidabilidad después del 6to día, pasando de valores cercanos a 10,74 hacia valores de 6,11, 7,07 y 6,65 en el octavo día. Este descenso no debe interpretarse como una recuperación de la calidad del aceite. Más bien, podría explicarse por la descomposición de productos primarios de oxidación en compuestos secundarios volátiles o en sustancias que no son cuantificadas con la misma sensibilidad por el método utilizado. Este comportamiento es consistente con la dinámica de oxidación lipídica, donde los hidroperóxidos pueden aumentar durante etapas iniciales y luego disminuir al transformarse en aldehídos, cetonas, alcoholes, polímeros u otros productos secundarios (Cao et al., 2023; Nili-Ahmadabadi et al., 2022).

Tabla 4

Porcentaje de acidez e Índice de oxidabilidad en aceite de *Glycine max*, luego de ser sometido a frituras de *Ipomoea batatas* L. morado deshidratado

Día	Turno	% Acidez (M / T / N)	D.E. Acidez	Índice Oxidabilidad (M / T / N)	D.E. Oxid.
Día 1	M/T/N	0,16 / 0,18 / 0,19	± 0,015	2,64 / 2,51 / 2,75	± 0,121
Día 2	M/T/N	0,20 / 0,22 / 0,20	± 0,012	3,11 / 3,32 / 3,28	± 0,111
Día 3	M/T/N	0,22 / 0,22 / 0,18	± 0,023	4,26 / 4,32 / 4,12	± 0,103
Día 4	M/T/N	0,23 / 0,24 / 0,25	± 0,010	6,00 / 6,22 / 6,82	± 0,424
Día 5	M/T/N	0,26 / 0,27 / 0,29	± 0,015	7,39 / 6,95 / 7,84	± 0,447
Día 6	M/T/N	0,34 / 0,36 / 0,36	± 0,012	10,03 / 10,56 / 10,74	± 0,372
Día 7	M/T/N	0,36 / 0,34 / 0,35	± 0,010	8,26 / 7,35 / 7,42	± 0,505
Día 8	M/T/N	0,35 / 0,36 / 0,36	± 0,006	6,11 / 7,07 / 6,65	± 0,481

En la Tabla 5 se muestran los resultados de acidez e índice de oxidabilidad del aceite de *Glycine max* sometido a fritura con *Ipomoea batatas* L. amarillo deshidratado. La acidez aumentó desde valores de 0,17%, 0,19% y 0,20% hasta valores cercanos a 0,36% y 0,37% hacia los días 6, 7 y 8. Estos valores son menores que los registrados con camote amarillo fresco, donde la acidez llegó hasta 0,51%. Esta diferencia respalda la interpretación de que la deshidratación del camote redujo parcialmente el deterioro hidrolítico del aceite. La menor disponibilidad de agua en la muestra deshidratada limita la hidrólisis de triacilglicéridos y, por tanto, reduce la velocidad de formación de ácidos grasos libres. Sin embargo, la acidez no permaneció constante, lo cual indica que la exposición térmica repetida siguió promoviendo cambios químicos en el aceite.

El índice de oxidabilidad mostró un aumento progresivo desde valores de 2,51, 2,49 y 2,80 en el primer día hasta valores de 10,21, 11,04 y 10,82 en el 6to día. Esta tendencia confirma que la deshidratación no impidió la oxidación, aunque pudo retrasar parcialmente su avance inicial. A partir del 7mo y 8vo día se observó una reducción del índice de oxidabilidad, con valores de 8,69, 7,27 y 7,35 en el día 7, y 6,31, 7,87 y 6,89 en el día 8. Al igual que en el tratamiento con camote

morado deshidratado, este descenso no debe considerarse una mejora real del aceite, sino una posible transformación de compuestos oxidativos primarios hacia productos secundarios no determinados directamente por el índice aplicado. En comparación con el camote morado deshidratado, el camote amarillo deshidratado presentó un comportamiento similar: menor acidez que las muestras frescas, incremento del índice de oxidabilidad hasta el día 6 y disminución posterior. Esto sugiere que el efecto más importante de la deshidratación fue la reducción de la humedad y no necesariamente una protección antioxidante completa. Aunque el camote amarillo puede contener carotenoides con capacidad antioxidante, estos compuestos pueden degradarse durante la fritura y perder eficacia frente a la oxidación acumulada. Los antioxidantes naturales en aceites de cocción pueden mejorar la estabilidad durante las primeras etapas del calentamiento, pero su efecto disminuye cuando el aceite se somete a ciclos prolongados o repetidos de fritura (Soliman, 2023).

Finalmente, en la Tabla 6 se presenta la evolución del índice de oxidabilidad del aceite de *Glycine max* durante 50 min de fritura continua con *Ipomoea batatas* L. morado fresco, amarillo fresco, morado deshidratado y amarillo deshidratado.

Tabla 5

Porcentaje de acidez Índice de oxidabilidad en aceite de *Glycine max*, luego de ser sometido a frituras de *Ipomoea batatas* L. amarillo deshidratado

Día	Turno	% Acidez (M / T / N)	D.E. Acidez	Índice Oxidabilidad (M / T / N)	D.E. Oxid.
Día 1	M/T/N	0,17 / 0,19 / 0,20	± 0,015	2,51 / 2,49 / 2,80	± 0,174
Día 2	M/T/N	0,21 / 0,18 / 0,20	± 0,015	3,24 / 3,16 / 3,92	± 0,412
Día 3	M/T/N	0,24 / 0,22 / 0,20	± 0,020	4,26 / 5,20 / 5,82	± 0,783
Día 4	M/T/N	0,24 / 0,25 / 0,26	± 0,010	6,04 / 6,13 / 7,09	± 0,582
Día 5	M/T/N	0,29 / 0,28 / 0,30	± 0,010	7,48 / 7,11 / 8,00	± 0,451
Día 6	M/T/N	0,35 / 0,37 / 0,36	± 0,010	10,21 / 11,04 / 10,82	± 0,436
Día 7	M/T/N	0,36 / 0,35 / 0,36	± 0,006	8,69 / 7,27 / 7,35	± 0,795
Día 8	M/T/N	0,36 / 0,35 / 0,37	± 0,010	6,31 / 7,87 / 6,89	± 0,785

Tabla 6

Índice de oxidabilidad en aceite de *Glycine max*, luego de ser sometidas a frituras continuas de *Ipomoea batatas* L. (Morado fresco, Amarillo Fresco, Morado deshidratado y Amarillo deshidratado)

Tiempo (min)	Morado Fresco	Amarillo Fresco	Morado Deshid.	Amarillo Deshid.
Basal	2,15±0,04	2,18±0,04	2,22±0,05	2,20±0,04
5	2,62±0,08	2,54±0,07	2,53±0,07	2,51±0,07
10	2,98±0,11	2,85±0,09	2,78±0,10	2,73±0,09
15	4,31±0,18	4,52±0,22	2,94±0,12	3,00±0,13
20	5,60±0,25	6,00±0,31	4,16±0,18	4,62±0,21
25	6,61±0,30	7,02±0,35	6,38±0,31	6,51±0,28
30	7,04±0,32	7,68±0,38	7,00±0,34	6,89±0,29
35	9,36±0,42	9,24±0,46	9,22±0,45	9,38±0,41
40	11,38±0,51	11,13±0,56	11,02±0,55	10,83±0,48
45	11,96±0,58	11,59±0,54	11,84±0,52	11,42±0,51
50	12,60±0,61	12,38±0,59	12,54±0,63	12,12±0,57

En la Tabla 6 se observa que todos los tratamientos iniciaron con valores basales cercanos: 2,15 para camote morado fresco, 2,18 para amarillo fresco, 2,22 para morado deshidratado y 2,20 para amarillo deshidratado. Estos valores indican que, al inicio del proceso, el aceite se encontraba dentro del rango aceptable de oxidabilidad. Sin embargo, el deterioro se produjo rápidamente durante la fritura continua. A los 10 minutos, los tratamientos con camote morado fresco y amarillo fresco alcanzaron valores de 2,98 y 2,85, mientras que los tratamientos deshidratados registraron 2,78 y 2,73. Aunque estos valores aún se mantuvieron próximos al límite de referencia, evidencian una tendencia ascendente temprana.

A los 15 minutos, los tratamientos frescos superaron claramente el límite aceptable, con valores de 4,31 para camote morado fresco y 4,52 para camote amarillo fresco. En cambio, los tratamientos deshidratados registraron valores de 2,94 y 3,00, lo que sugiere que la deshidratación retrasó ligeramente el deterioro oxidativo inicial. Esta diferencia puede explicarse por la menor transferencia de humedad desde el alimento hacia el aceite, lo cual reduce la hidrólisis y posiblemente disminuye la generación temprana de compuestos polares. No obstante, esta ventaja fue temporal, ya que desde los 20 minutos todos los tratamientos superaron el valor de referencia. El aumento posterior fue intenso y sostenido. A los 35 minutos, todos los tratamientos alcanzaron valores superiores a 9, y a los 50 minutos el índice de oxidabilidad llegó a 12,60 en camote morado fresco, 12,38 en amarillo fresco, 12,54 en morado deshidratado y 12,12 en amarillo deshidratado. La similitud entre los valores finales indica que, bajo condiciones de fritura continua, el tiempo de exposición térmica fue la variable dominante en la degradación del aceite. En este escenario, el posible efecto protector de la deshidratación o de los compuestos antioxidantes del camote fue superado por la intensidad del daño térmico acumulado.

Este comportamiento concuerda con estudios de fritura continua en los que el calentamiento prolongado incrementa los valores de acidez, peróxidos, p-anisidina, carbonilos y compuestos polares, reflejando oxidación primaria y secundaria del aceite (Cao et al., 2023). Asimismo, en modelos de aceites termoxidados, la exposición prolongada al calor favorece la formación de aldehídos reactivos y otros productos de degradación asociados a pérdida de

calidad e inocuidad (Kandiyil et al., 2023; Nili-Ahmadabadi et al., 2022).

4. Conclusiones

Se comprobó que el aceite de *Glycine max* mantiene condiciones adecuadas para su uso hasta aproximadamente el tercer día por la tarde cuando permanece a temperatura ambiente. En cambio, al ser empleado en frituras con *Ipomoea batatas* de pulpa morada y amarilla en estado fresco, su estabilidad disminuye, siendo recomendable su uso solo hasta la noche del primer día. De forma similar, al utilizar camote deshidratado, el aceite mostró una durabilidad comparable, limitándose también a ese mismo periodo.

El índice de oxidabilidad promedio considerado aceptable fue de 2,98 para el aceite expuesto a ambiente, 2,82 y 2,91 para las frituras con camote fresco morado y amarillo, y 2,75 y 2,80 para las versiones deshidratadas, respectivamente. En ensayos de fritura continua, los valores seguros se mantuvieron alrededor de los 10 minutos con índices de 2,98 y 2,85 para el camote fresco, y hasta 15 minutos con 2,94 y 3,00 para el deshidratado, evidenciando que la forma deshidratada del vegetal contribuye ligeramente a una mayor estabilidad oxidativa del aceite.

Se sugiere que futuras investigaciones exploren el uso de recubrimientos comestibles antioxidantes aplicados al camote deshidratado, lo cual podría potenciar la estabilidad del aceite. Asimismo, estos resultados sirven como punto de partida para desarrollar normativas locales más estrictas sobre los tiempos de recambio de aceites vegetales en servicios de alimentación colectiva, fundamentados en el índice de oxidabilidad aquí estudiado.

Referencias bibliográficas

- Abante-Pascual, S., Nieva-Echevarría, B., & Goicoechea-Oses, E. (2024). Vegetable oils and their use for frying: A review of their compositional differences and degradation. *Foods*, 13(24), 4186. <https://doi.org/10.3390/foods13244186>
- Cao, L., Jia, P., Liu, H., Kang, S., Jiang, S., & Pang, M. (2023). Effects of high-canolol phenolic extracts on fragrant rapeseed oil quality and flavor compounds during frying. *Foods*, 12(4), 827. <https://doi.org/10.3390/foods12040827>
- Chabni, A., Bañares, C., & Torres, C. F. (2024). Study of the oxidative stability via Oxitest and Rancimat of phenolic-rich olive oils obtained by a sequential process of dehydration, expeller and supercritical CO₂ extractions. *Frontiers in Nutrition*, 11, 1494091. <https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1494091>
- Figueiredo, P. S., Martins, T. N., Ravaglia, L. M., Alcantara, G. B., Guimarães, R. de C. A., Freitas, K. de C., Nunes, Â. A., de Oliveira, L. C. S., Cortés, M. R., Michels, F. S., Kadri, M. C. T., Bonfá, I. S., Filiú, W. F. de O., Asato, M. A., de Faria, B. B., Nascimento, V. A. do, & Hiane, P. A. (2022). Linseed, Baru, and coconut oils: NMR-based metabolomics, leukocyte infiltration

- potential in vivo, and their oil characterization. Are there still controversies? *Nutrients*, 14(6), 1161. <https://doi.org/10.3390/nu14061161>
- Gautam, N., Karki, A., Khadka, N., & Prakash, O. (2024). Thermal degradation of soybean and palm olein during deep fat frying. *Ecricon.net*.
- Hu, B., Wu, R., Sun, J., Shi, H., Jia, C., Liu, R., & Rong, J. (2023). Monitoring the oxidation process of soybean oil during deep-frying of fish cakes with ¹H nuclear magnetic resonance. *Food Chemistry*, X, 17(100587), 100587. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2023.100587>
- Kandiyl, S. P., Iltam, S. P., & Raghavamenon, A. C. (2023). Normolipidic diet containing deep-fried saturated and unsaturated fatty acids rich edible oils promotes metabolic dysregulation and inflammatory microenvironment in Wistar rats. *Food and Chemical Toxicology*, 180, 114029. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2023.114029>
- Laveriano-Santos, E. P., López-Yerena, A., Jaime-Rodríguez, C., González-Coria, J., Lamuela-Raventós, R. M., Vallverdú-Queralt, A., Romanya, J., & Pérez, M. (2022). Sweet potato is not simply an abundant food crop: A comprehensive review of its phytochemical constituents, biological activities, and the effects of processing. *Antioxidants*, 11(9), 1648. <https://doi.org/10.3390/antiox11091648>
- Lee, J., & Surh, J. (2022). Effects of sweet potato powder selected based on the polar paradox hypothesis on oil oxidation in the preparation of deep-fried croquettes. *Preventive Nutrition and Food Science*, 27(2), 248–256. <https://doi.org/10.3746/pnf.2022.27.2.248>
- Majid, M., Farhan, A., Baig, M. W., Khan, M. T., Kamal, Y., Hassan, S. S. U., Bungau, S., & Haq, I.-U. (2022). Ameliorative effect of structurally divergent oleanane triterpenoid, 3-epifriedelinol from *Ipomoea batatas* against BPA-induced gonadotoxicity by targeting PARP and NF-κB signaling in rats. *Molecules*, 28(1), 290. <https://doi.org/10.3390/molecules28010290>
- Martín-Torres, S., Tello-Jiménez, J. A., López-Blanco, R., González-Casado, A., & Cuadros-Rodríguez, L. (2022). Monitoring the shelf life of refined vegetable oils under market storage conditions-A kinetic chemofoodmetric approach. *Molecules*, 27(19), 6508. <https://doi.org/10.3390/molecules27196508>
- Naresuan University, Jittrepotch, N., Kraboun, K., Rojsuntornkitti, K., Thanasukam, P., Kongbangkerd, T., Uthai, N., & Wattanakul, J. (2025). Influence of sweet potato peel extract on oxidative stability of palm oil during frying. *African Journal of Food Agriculture Nutrition and Development*, 25(05), 26727–26745. <https://doi.org/10.18697/ajfand.142.25660>
- Nili-Ahmadabadi, A., Torabi, K., Mohammadi, M., & Heshmati, A. (2022). Thermally oxidized sunflower oil diet alters leptin/ghrelin balance and lipid profile in rats: Possible role of reactive aldehydes in dyslipidemia. *Journal of Food Biochemistry*, 46(12), e14514. <https://doi.org/10.1111/jfbc.14514>
- Rosell, M. de L. Á., Quizhpe, J., Ayuso, P., Peñalver, R., & Nieto, G. (2024). Proximate composition, health benefits, and food applications in bakery products of purple-fleshed sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) and its by-products: A comprehensive review. *Antioxidants*, 13(8), 954. <https://doi.org/10.3390/antiox13080954>
- Soliman, H. M. (2023). Preparation of a regioselective quercetin-3-palmitate and its using for boosting cooking oil stability. *Journal of Oleo Science*, 72(2), 139–151. <https://doi.org/10.5650/jos.ess22162>
- Ujong, A. E., Emelike, N. J. T., Owuno, F., & Okiyi, P. N. (2023). Effect of frying cycles on the physical, chemical and antioxidant properties of selected plant oils during deep-fat frying of potato chips. *Food Chemistry Advances*, 3(100338), 100338. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100338>
- Xiong, X., Yang, W., Huang, G., & Huang, H. (2023). Ultrasonic-assisted extraction, characteristics and activity of *Ipomoea batatas* polysaccharide. *Ultrasonics Sonochemistry*, 96, 106420. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2023.106420>
- Yi, S., Kong, S., Say, M., & Tan, R. (2025). Thermal stability of blending soybean oil with coconut oil during continuous deep frying of banana chips. The 5th International Electronic Conference on Foods, 33.
- Yılmaz, B., Şahin, T. Ö., & Ağagündüz, D. (2023). Oxidative changes in ten vegetable oils caused by the deep-frying process of potato. *Journal of Food Biochemistry*, 2023, 1–11. <https://doi.org/10.1155/2023/6598528>

