

Efecto antioxidante de polifenoles presentes en la cascarilla de café (*coffea arabica*) en aceites de fritura oxidados

Antioxidant effect of polyphenols present in coffee husks (*coffea arabica*) on oxidized frying oils

***¹Vega contreras Nelson Alfonso; **²Galvis Serrano Néstor Fabián**

¹Universidad de Pamplona, Facultad de Ingenierías y Arquitectura, Programa Ingeniería De Alimentos sede Villa del rosario. Grupo de Investigación GIBA – 3112434500, Villa del rosario –Norte de Santander Colombia. *✉ Correo electrónico: nelsoncontreras@unipamplona.edu.co,  <https://orcid.org/0000-0002-5013-2146>

²Universidad francisco de paula Santander, Facultad de Ciencias Básicas Grupo de Investigación en MAJUMBA –, 3224034213, Cúcuta –Norte de Santander Colombia. ✉ Correo electrónico: nestorfabiangs@ufps.edu.co,  <https://orcid.org/0000-0002-0026-4829>

Recibido: diciembre 12 de 2024; Aceptado: marzo 30 de 2025; Publicado: junio 28 de 2025

RESUMEN

El estudio se enfocó en la evaluación del impacto de la cascarilla de café (*Coffea arabica*) como antioxidante en la estabilidad oxidativa de aceites de fritura, comúnmente utilizados en restaurantes y hogares. **Materiales y métodos.** La metodología de la investigación se realizó en 4 fases que fueron, recolección de materia prima (aceite de fritura y *Coffea arabica*, la segunda la extracción de compuestos fenólicos presentes en la cascarilla de café mediante el método de Soxhlet, la tercera consistió en la identificación de los polifenoles presentes en la cascarilla, y por último el análisis de espectrofotometría de los diferentes tratamientos aplicados en el aceite y variabilidad de estos. Resultados revelaron que el aceite extraído actuó como agente antioxidante, mostrando una eficacia significativa frente

aceites oxidados de 10 restaurantes. Las mediciones de absorbancia indicaron disminución progresiva, permitiendo evaluar la actividad antioxidante, se destacó la muestra R7 con una actividad del 99% en los primeros 60 minutos y del 84% al finalizar los 180 minutos. Las muestras R1, R3 y R7 presentaron índices de acidez más altos, mientras que las muestras R1, R10 y R7 exhibieron los mayores índices de peróxidos, asociados a la exposición a altas temperaturas. Todas las muestras presentaron un pH inferior a 2, revelando una naturaleza ácida atribuida a la formación de ácidos grasos libres durante el recalentamiento del aceite. **Conclusión:** estos hallazgos subrayan la viabilidad del uso de la cascarilla de café como fuente natural de antioxidantes para los aceites de fritura en entornos culinarios.

*Autor a quien debe dirigirse la correspondencia Nelson vega E-mail: Nealvec6@gmail.com



Palabras clave: aceite, antioxidante, cascarilla, polifenoles, recalentamiento

ABSTRACT

Abstract: Objective: The study focused on the evaluation of the impact of coffee husk (*Coffea arabica*) as an antioxidant on the oxidative stability of frying oils, commonly used in restaurants and homes. Materials and methods. The methodology of the research was carried out in four phases: collection of raw material (frying oil and *Coffea arabica*), extraction of phenolic compounds present in the coffee husk by the Soxhlet method, identification of the polyphenols present in the husk, and finally the spectrophotometric analysis of the different treatments applied to the oil and their variability. Results revealed that the extracted oil acted as an antioxidant agent, showing a significant efficacy against oxidized oils from 10 restaurants. The absorbance

measurements showed a progressive decrease, allowing the evaluation of the antioxidant activity, with sample R7 standing out with an activity of 99% in the first 60 minutes and 84% at the end of 180 minutes. Samples R1, R3 and R7 presented higher acidity indices, while samples R1, R10 and R7 exhibited the highest peroxide indices, associated with exposure to high temperatures. All samples presented a pH below 2, revealing an acidic nature attributed to the formation of free fatty acids during reheating of the oil. Conclusion These findings underscore the feasibility of using coffee husks as a natural source of antioxidants for frying oils in culinary environments.

Key words: oil, antioxidant, husk, polyphenols, polyphenols, superheating.

INTRODUCCIÓN

Los aceites de fritura, ampliamente empleados en la preparación culinaria tanto en restaurantes como en hogares, constituyen un elemento fundamental en la elaboración de diversos alimentos. La técnica de fritura implica sumergir los alimentos en aceite comestible, ya sea de origen vegetal o animal, con el propósito de cocinarlos. En este proceso, el aceite desempeña la función de transmisor de calor, generando un calentamiento eficiente y uniforme del producto (Saavedra & Gómez, 2023). Esta inmersión en aceite no solo confiere texturas y sabores característicos a los alimentos, sino que

también permite una cocción rápida que resalta las cualidades organolépticas de las preparaciones culinarias.

Es de mencionar que la versatilidad de los aceites de fritura los convierte en elementos fundamentales en la gastronomía, facilitando la creación de una amplia variedad de platos con características sensoriales distintivas (Calsada Uribe et al., 2022; Montes et al., 2016). De acuerdo con Suatena (2009), la diversidad de aceites utilizados en la actualidad para la elaboración de alimentos destinados a la fritura es notable, en la que se destacan aceites como los de palma, soya, canola,

oliva, maíz y girasol. Estos aceites, cada uno con sus características específicas, aportan variedad de sabores y propiedades culinarias a las preparaciones fritas, influyendo directamente en la calidad final de los platillos. La elección del aceite adecuado también se vincula con consideraciones nutricionales y de salud, siendo un aspecto relevante en la actualidad dada la creciente conciencia sobre la importancia de una alimentación balanceada. La reutilización frecuente de aceites de fritura, es muy común en la cocina, la cual con lleva a cambios significativos en su composición química el cual puede desencadenar la formación de sustancias tóxicas como resultado de la degradación de los aceites usados (ACU), Bejarano Roncancio, J. J., & Suárez Latorre, L. M. (2015), en el caso de los aldehídos que Mosquera et al., (2021), establecen que la presencia de estos compuestos en aceites usados representa una preocupación sustancial, ya que, al ser reutilizados, estos compuestos tienen la capacidad de transferirse al alimento durante el proceso de cocción, además la absorción de aldehídos por los alimentos puede tener implicaciones negativas para la salud, ya que algunos de estos compuestos han sido asociados con efectos adversos para el organismo. La atención a la calidad

y la frescura de los aceites de fritura, así como la limitación de su reutilización, se convierten en medidas cruciales para mitigar los riesgos asociados con la ingestión de aldehídos y otras sustancias nocivas. Este aspecto adquiere especial relevancia en el contexto de las prácticas culinarias modernas, donde la conciencia sobre la seguridad alimentaria y la salud está en constante aumento Marchesino, López, Guerberooff & Olmedo, (2020). Los aceites vegetales constituyen una mezcla de lípidos, predominantemente triacilglicerolos que contienen diversas ramificaciones de ácidos grasos. Entre los ácidos grasos más comunes presentes en estos aceites se encuentran el caprílico, caproico, láurico, mirístico, palmítico, palmitoleico y esteárico, entre otros. Aceites vegetales como los de girasol, palma, soya y oliva desempeñan un papel crucial en la industria alimentaria debido a su alta demanda. Una proporción significativa de la producción de estos aceites se destina a su uso en la fritura, especialmente en el contexto de la creciente popularidad de la comida rápida Baca & Melva, (2019). La cascarilla de café se presenta como una valiosa alternativa para la reutilización de aceites, siendo un subproducto en la cadena de producción del café que, en muchos casos, carece de un uso

significativo. Fonseca et al. (2014) señala que la cascarilla de café contiene polifenoles con potencial antioxidante, lo cual la convierte en un recurso aprovechable. es por ello que el objetivo de la investigación fue evaluar el impacto del extracto de cascarilla de café en aceites vegetales que han experimentado procesos de oxidación, con la finalidad de estabilizar estos aceites ya usados (ACU).

La estabilización busca no solo prolongar la vida útil de los aceites, sino también ofrecer una opción que no implique riesgos para la salud humana, promoviendo así una adecuada gestión y disposición de los mismos. Es importante destacar que los aceites vegetales, mayormente compuestos por fluidos hidrofóbicos, son obtenidos a temperatura ambiente mediante la extracción de granos macerados de diversas plantas Borrelli, R.C. et al., (2004). Estudios previos, como los llevados a cabo por Duangjai et al. (2016), Heeger et al. (2017), y Gemechu (2020), han confirmado la presencia de compuestos fenólicos en residuos como la cáscara de café., que Según Puertas et al. (2013), la presencia y cantidad de estos componentes están influenciadas por factores como la especie del café, lugar de origen, grado de tostado, fermentación y molienda. Se ha sugerido

que estos compuestos fenólicos pueden tener propiedades anticancerígenas, anti carcinogénicas y anti mutagénicas Serna et al., (2018). En este contexto, el objetivo del presente proyecto de investigación es evaluar el efecto del extracto de la cascarilla de café (*Coffea arabica*) como un antioxidante natural para mejorar la estabilidad oxidativa de los aceites de fritura, con lo cual se busca contribuir a su estabilidad oxidativa, potencialmente mejorando la calidad y seguridad de estos aceites utilizados en la cocina.

MATERIALES Y MÉTODOS

El desarrollo de la investigación se dio en cuatro etapas importantes, la primera etapa comprendió la recolección de materia prima (aceite de fritura y *Coffea arabica*), como segunda etapa se llevó a cabo la extracción de compuestos fenólicos presentes en la cascarilla de café *Coffea arábica*, la tercera etapa se realizó la determinación de los compuestos fenólicos mediante análisis por cromatografía, como cuarta etapa se realizó la evaluación de la actividad antioxidante.

Recolección dela materia prima

Se recolectaron 3 kilogramos de cascarilla de café (*Coffea arabica*), pertenecientes de la finca “La Herradura” ubicada en el corregimiento la Victoria Norte de Santander, la obtención de los aceites oxidados se realizó en 10 restaurantes reconocidos de la ciudad

Extracción de compuestos fenólicos

Para la extracción de los compuestos se siguió la metodología propuesta por Vega, N. A et al.,2024 con algunas modificaciones en la cual se empleó 22,4 gramos de cascarilla de café molido para el proceso de extracción. La extracción se llevó a cabo mediante el método Soxhlet, en el cual se

utilizó 2 litros de etanol al 96%, a una temperatura máxima de 300°C y un tiempo de extracción de 8 horas.

La determinación de los compuestos fenólicos por análisis por cromatografía

La identificación de los compuestos fenólicos presentes en el extracto de cascarilla de *Coffea arabica* se realizó mediante análisis por cromatografía, La preparación de las muestras analizadas se llevó a cabo disolviendo la muestra en una mezcla de metanol: agua (1:1 v/v) con ácido fórmico al 0.2% v/v. A continuación, se realizó un proceso de vórtex durante 5 minutos seguido de sonicación durante 5 minutos, antes de la inyección de la muestra en el equipo cromatográfico. Como estándares de referencia se utilizaron las xantinas: cafeína (Part N° C8960-250G, Sigma-Aldrich), teobromina (Part N° T4500-25G, Sigma-Aldrich) y teofilina (Part N° T1633-25G, Sigma- Aldrich); las catequinas: (±)-catequina (C) (Part N° C1788-500MG, Sigma-Aldrich), (-)-epigallocatequina galato (EGCG) (Part N° E4143-50MG, Sigma-Aldrich), (-)-epicatequina (EC) Part N° E1753-1G, Sigma-Aldrich), (-)-epicatequina galato (ECG) (Part N° E3893-10MG, Sigma-Aldrich), (-)-epigallocatequina (EGC) (Part N°

E3768-5MG, Sigma-Aldrich); los flavonoides: ácidocaféico (Part N° C0625, Sigma-Aldrich), ácido p-cumárico (Part N° C9008, Sigma-Aldrich), ácidorosmarínico (Part N° 536954-5G, Sigma-Aldrich), quercetina (Part N° Q4951-10G, Sigma-Aldrich), naringenina (Part N° N5893-1G, Sigma-Aldrich), luteolina (Part N° L9283-10MG, Sigma-Aldrich), kaempferol (Part N° K0133-50MG, Sigma-Aldrich), pinocembrina (Part N° P5239, Sigma-Aldrich), apigenina (Part N° A3145-25MG, Sigma-Aldrich); las antocianinas: cianidina 3-rutinosido (Part N° G36428, Sigma-Aldrich), pelargonidina 3-glucósido (Part N° 53489, Sigma-Aldrich). Se utilizó un cromatógrafo líquido de ultra-alta eficiencia (UHPLC), específicamente el Dionex Ultimate 3000 de Thermo Scientific, con sede en Sunnyvale, CA, EE. UU.

Este cromatógrafo está equipado con una bomba binaria de gradiente (HP G3400RS), un inyector automático de muestras (WPS 300TRS) y una unidad termostada para la columna (TCC 3000). La interfaz utilizada en el LC-MS fue la electronebulización (ESI), mientras que el espectrómetro de masas fue de alta resolución con un sistema de detección de corrientes de iones Orbitrap. El equipo operó en modo positivo con un voltaje de capilar de 3,5 kV. Se empleó una

columna Hypersil GOLD Aq (Thermo Scientific, Sunnyvale, CA, EE.UU.; 100 x 2.1 mm, 1.9 μ m de tamaño de partícula), manteniendo una temperatura de 30 °C. La fase móvil fue A: una solución de ácido fórmico 0,2% v/v en agua, y B: ácido fórmico 0,2% v/v en acetonitrilo. La condición inicial de gradiente fue de 100% A, cambiando linealmente hasta 100% B (8 min); se mantuvo durante 4 min; el retorno a las condiciones iniciales en 1 min; el tiempo total de corrida fue de 13 min, con 3 min para post-corrida.

La identificación de los compuestos se realizó usando el modo de adquisición full scan y la extracción de corrientes iónicas (EIC) correspondientes a los $[M+H]^+$ de compuestos de interés, medición de masas con exactitud y precisión de Δ ppm < 1 y usando una solución-mix estándar de los compuestos (material de referencia certificado), para la cuantificación de los analitos de interés se usó el método de estandarización externa.

La preparación de las muestras analizadas se llevó a cabo disolviendo la muestra en una mezcla de metanol: agua (1:1 v/v) con ácido fórmico al 0.2% v/v. A continuación, se realizó un proceso de vórtex durante 5 minutos seguido de sonicación durante 5

minutos, antes de la inyección de la muestra en el equipo cromatográfico. Como estándares de referencia se utilizaron las xantinas: cafeína (Part N° C8960-250G, Sigma-Aldrich), teobromina (Part N° T4500-25G, Sigma-Aldrich) y teofilina (Part N° T1633-25G, Sigma-Aldrich); las catequinas: (±)-catequina (C) (Part N° C1788-500MG, Sigma-Aldrich), (-)-epigallocatequina galato (EGCG) (Part N° E4143-50MG, Sigma-Aldrich), (-)-epicatequina (EC) Part N° E1753-1G, Sigma-Aldrich), (-)-epicatequina galato (ECG) (Part N° E3893-10MG, Sigma-Aldrich), (-)-epigallocatequina (EGC) (Part N° E3768-5MG, Sigma-Aldrich); los flavonoides: ácidocaféico (Part N° C0625, Sigma-Aldrich), ácido p-cumárico (Part N° C9008, Sigma-Aldrich), ácidorosmarínico (Part N° 536954-5G, Sigma-Aldrich), quercetina (Part N° Q4951-10G, Sigma-Aldrich), naringenina (Part N° N5893-1G, Sigma-Aldrich), luteolina (Part N° L9283-10MG, Sigma-Aldrich), kaempferol (Part N° K0133-50MG, Sigma-Aldrich), pinocembrina (Part N° P5239, Sigma-Aldrich), apigenina (Part N° A3145-25MG, Sigma-Aldrich); las antocianinas: cianidina 3-rutinosido (Part N° G36428, Sigma-Aldrich), pelargonidina 3-glucósido (Part N° 53489, Sigma-Aldrich). Se utilizó un cromatógrafo líquido de ultra-alta eficiencia (UHPLC), específicamente el Dionex Ultimate 3000 de

Thermo Scientific, con sede en Sunnyvale, CA, EE. UU. Este cromatógrafo está equipado con una bomba binaria de gradiente (HP G3400RS), un inyector automático de muestras (WPS 300TRS) y una unidad termostada para la columna (TCC 3000). La interfaz utilizada en el LC-MS fue la electronebulización (ESI), mientras que el espectrómetro de masas fue de alta resolución con un sistema de detección de corrientes de iones Orbitrap.

El equipo operó en modo positivo con un voltaje de capilar de 3,5 kV. Se empleó una columna Hypersil GOLD Aq (Thermo Scientific, Sunnyvale, CA, EE.UU.; 100 x 2.1 mm, 1.9 µm de tamaño de partícula), manteniendo una temperatura de 30 °C. La fase móvil fue A: una solución de ácido fórmico 0,2% v/v en agua, y B: ácido fórmico 0,2% v/v en acetonitrilo. La condición inicial de gradiente fue de 100% A, cambiando linealmente hasta 100% B (8 min); se mantuvo durante 4 min; el retornó a las condiciones iniciales en 1 min; el tiempo total de corrida fue de 13 min, con 3 min para post-corrida.

La identificación de los compuestos se realizó usando el modo de adquisición full scan y la extracción de corrientes iónicas (EIC) correspondientes a los [M+H]⁺ de

compuestos de interés, medición de masas con exactitud y precisión de $\Delta\text{ppm} < 1$ y usando una solución-mix estándar de los compuestos (material de referencia certificado), para la cuantificación de los analitos de interés se usó el método de estandarización externa.

Análisis de la actividad antioxidante

La evaluación de la actividad antioxidante de la cascarilla de café *Coffea arabica*, se adoptó de acuerdo a la metodología propuesta por Vega & Torres en 2021. El procedimiento constó de dos partes principales:

En la primera, se tomó 1 mL de una solución de β -caroteno (0.05 g/125 mL en cloroformo) y se distribuyó en 11 tubos de ensayo, permitiendo su evaporación hasta alcanzar la sequedad.

La segunda parte incluyó la adición a cada tubo de 1 mL del aceite oxidado recolectado de cada restaurante, 20 μL de ácido

linoleico, 200 μL de Tween 20, y 200 μL de extractos de cascarilla de café *Coffea arabica*. La mezcla se agitó mediante vortex y se añadieron 20 mL de agua oxigenada al 5%. Después de completar estos pasos, se determinó la absorbancia a 470 nm. Posteriormente, las muestras se sometieron a autooxidación térmica en un baño a 50 °C durante 5 minutos, seguido de la lectura de absorbancia cada 60 minutos durante 3 horas. Se prepararon estándares con ácido ascórbico, controles con metanol al 80%, y blancos con agua destilada. Cabe destacar que, a diferencia del protocolo original de 10 minutos, en este proyecto se optó por medir la absorbancia cada 60 minutos, ya que no se observó un cambio significativo en periodos más cortos. Para calcular la actividad antioxidante (AA), se empleó la ecuación 1.

$$AA = \frac{((R_{\text{control}} - R_{\text{muestral}}))}{\text{Control}} * 100 \quad (1)$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se recolectaron 3 kilogramos de cascarilla de café (*Coffea arabica*), a la cual se le realizó la molienda de la cascarilla de café empleando un molino de granos, para poder obtener una harina fina y manejable,

optimizando así la eficacia del proceso Pascual & Tarquino, (2020), facilitando una homogeneidad superior en la muestra, asegurando una extracción uniforme en todo el conjunto, este enfoque se traduce

en un rendimiento de extracción más eficiente Rivera, (2023). se empleó una cantidad total de 22,4 gramos de cascarilla de café molido para el proceso de extracción. La extracción se llevó a cabo mediante el método Soxhlet, utilizando 2 litros de etanol al 96%, manteniendo una temperatura máxima de 300°C y un tiempo de extracción de 8 horas.

La preparación de las muestras analizadas se llevó a cabo disolviendo la muestra en una mezcla de metanol: agua (1:1 v/v) con ácido fórmico al 0.2% v/v, este análisis reveló la presencia de 28 compuestos fenólicos observados en la tabla 1. se logró evidenciar que la cascarilla de café empleada en este estudio, presenta en mayor proporción teobromina, teofilina, cafeína y ácido gálico con concentraciones de 62 mg kg⁻¹, 31 mg kg⁻¹, 19385 mg kg⁻¹ y 8,0 mg kg⁻¹, respectivamente.

Así mismo se observa la figura 10 el Fragmentograma de masas obtenido por UHPLC-ESI+-Orbitrap-HRMS del compuesto de referencia. En el caso de la teobromina, un compuesto con propiedades antagonistas de los receptores de adenosina, ha sido utilizado en estudios para investigar su función en la restauración de receptores A1 y en mejoras de la

capacidad cognitiva Martínez, (2020), así como, su papel en la disminución del colesterol LDL y el tratamiento de litiasis úrica Hernández (2022).

En adición, al igual que la teobromina, la teofilina pertenece a la familia de metilxantinas, esta molécula ha sido empleada en tratamientos dirigidos contra la fibrosis quística Guerra, (2020).

Tabla 1. Resultados de la determinación de compuestos presentes en la cascarilla de café

Compuesto	tR, min	NMC*, mg Kg-1	Concentración en las muestras, mg kg-1
			993315-01-EB
			Muestra de extracto de corona de piña Coffea arabica
Teobromina	2,4	0,1	62
Teofilina	2,5	0,1	31
Epigallocatequina (EGC)	2,6	0,1	<0,1
Catequina (C)	2,7	0,1	0,4
Epicatequina (EC)	2,9	0,1	4,4
Ácido p-hidroxibenzoico	2,9	0,1	6,8
Cafeína	2,8	0,1	19365
Ácido cafeico	3,7	0,1	0,5
Ácido vanílico	2,9	0,1	72
Epigallocatequina galato (EGCG)	3,0	0,1	<0,1
Ácido p-cumárico	3,3	0,1	3,3
Epicatequina galato (ECG)	3,3	0,1	<0,1
Ácido ferúlico	3,4	0,1	6,9
Quercetina	3,2	0,1	4
Ácido rosmarínico	3,7	2,0	< 2,0
Cianidina	3,5	0,1	2,5
Luteolina	4,2	0,1	0,2
Kaempferol	4,6	0,1	0,2
Ácido trans-cinámico	4,8	0,4	3,2
Naringenina	4,6	0,1	0,4
Apigenina	4,5	0,1	0,1
Pinocembrina	5,5	0,1	0,5
Ácido ursólico	8,4	0,1	<0,1
Cianidina 3-rutinosido	2,6	0,1	< 0,1
Pelargonidinagg 3-glucósido	3,5	0,1	4
Kaempferol 3-glucósido	3,5	0,1	1,6
Rutina	3,2	0,1	15
Ácido gálico	1,9	0,1	8,0

El ácido gálico, un compuesto químico orgánico que forma parte de la familia de los

ácidos fenólicos, ha despertado considerable interés en la investigación debido a sus propiedades antioxidantes Se ha sugerido

Restaurante	mg KOH/g de muestra
R1	1,093
R2	0,89
R3	1,00
R4	0,81
R5	0,85
R6	0,83
R7	1,03
R8	0,94
R9	0,81
R10	1,07

que el ácido gálico puede poseer beneficios para la salud, incluyendo propiedades antiinflamatorias, y antimicrobianas (Tian Qi Ming et al., 2022).

Fase 4. Recolección de muestras de aceites. Se recolectaron 10 muestras de aceite provenientes de diversos restaurantes ubicados en la zona gastronómica de la ciudad de Cúcuta con una cantidad de un litro.

Fase 5. Pruebas físico-químicas a los aceites recolectados. Prueba de Acidez.

Después de completar el proceso de titulación con cada una de las muestras, se llevaron a cabo los cálculos correspondientes para determinar los grados e índice de acidez. Después de completar el proceso de titulación con cada una de las muestras, se llevaron a cabo los cálculos correspondientes para determinar los grados e índice de acidez. La tabla 2

revela que las muestras R1, R3 y R7 exhiben un índice de acidez más elevado en comparación con las demás muestras, siendo de 1.09, 1.00, 1.03, respectivamente.

Tabla 2. Resultados análisis de acidez.

Es importante destacar que los valores registrados para el resto de los restaurantes son similares y cercanos a 0.8. Conforme a la Norma NTC 218, este valor se considera como el promedio para el aceite de palma. La evolución del índice de acidez a lo largo del tiempo revela un aumento, que puede atribuirse a reacciones hidrolíticas, durante las cuales se generan ácidos grasos, generalmente poliinsaturados. Dichas reacciones son consecuencia directa de prácticas como la reutilización y el recalentamiento del aceite López, (2022). un alto índice de acidez en el aceite sugiere la utilización de materia prima de baja calidad, así como prácticas deficientes en su manejo y almacenamiento. En este contexto, se desaconseja encarecidamente el consumo de dicho aceite. La elevada acidez no solo afecta negativamente el sabor y la calidad organoléptica del producto, sino que también puede indicar la presencia de ácidos grasos libres en niveles perjudiciales para la salud Rodríguez & Hernández, (2021).

Prueba de Peróxidos

A continuación, en la tabla 3, se presentan los índices de peróxidos obtenidos en las diez muestras de aceite recolectadas. Se observa que las muestras R1, R10 y R7 exhiben los mayores índices de peróxidos, siendo 15.4, 14.17 y, 13.18, respectivamente; mientras que la muestra R4 registra el valor más bajo, siendo 8.16; es importante señalar que el índice de peróxidos de todas las muestras supera el máximo establecido por la norma NTC 236/98.

Tabla 3. Índices de peróxidos muestras de aceite.

MUESTRA	Meq O2 Libre/Kg de aceite
R1	15,4
R2	9,25
R3	11,2
R4	8,16
R5	8,97
R6	8,53
R7	13,18
R8	10,41
R9	8,17
R10	14,17

Para garantizar un proceso de transesterificación eficiente y de calidad, es esencial mantener niveles bajos de peróxidos. Estos niveles reducidos indican una menor presencia de compuestos peroxidados, lo que contribuye a preservar la integridad de la materia prima y favorece un rendimiento óptimo en la producción de

biodiesel u otros derivados Fuentes & Fuentes, (2023). Es así como en la investigación llevada a cabo por Gómez et al. (2023), se establece una relación directa entre el valor del índice de peróxidos y la calidad del aceite. Según sus hallazgos, un aceite de menor calidad tiende a presentar un índice de peróxidos más elevado. La base de su estudio se centra en la observación de cambios en el aceite a lo largo de 12 ciclos de frituras. Los resultados muestran un incremento en el índice de peróxidos conforme se realizan más ciclos de fritura. Este fenómeno se atribuye al mayor tiempo de exposición del aceite a altas temperaturas durante cada ciclo, lo que conlleva a una mayor absorción de oxígeno y, por ende, a un aumento en el índice de peróxidos Montenegro et al., (2023). El índice de peróxidos emerge como una herramienta fundamental en la caracterización de aceites vegetales y grasas, ya que la presencia de peróxidos puede impactar adversamente las propiedades organolépticas del compuesto, generando rancidez. De acuerdo con Rodríguez & Hernández (2021), el aumento en los valores de las variables del índice de acidez y peróxidos indica que dichos compuestos son afectados por procesos de degradación hidrolíticos y oxidativos. Este fenómeno se atribuye a la práctica de

mantener el aceite a altas temperaturas durante periodos prolongados, lo que contribuye significativamente a la degradación del producto. Estos hallazgos subrayan la importancia de monitorear y controlar los índices de acidez y peróxidos para preservar la calidad y la estabilidad de los aceites y grasas en aplicaciones que involucren altas temperaturas y tiempos de exposición prolongados.

Prueba de pH. Los resultados del pH obtenido se registran en la tabla 4 cabe resaltar que, este análisis es esencial para comprender la calidad y la idoneidad del aceite recolectado para diversos fines alimenticios o industriales.

Se presentaron valores de pH inferiores a 2, indicando una naturaleza ácida en todas las muestras.

Tabla 4. Resultados de pH de las muestras recolectadas.

Restaurante	pH obtenido
R1	1,15
R2	1,02
R3	1,05
R4	1,00
R5	1,02
R6	1,01
R7	1,11
R8	1,04
R9	1,00
R10	1,12

Es importante señalar que los resultados revelan una homogeneidad en la acidez de las muestras analizadas. Entre las muestras, se destaca que los valores más bajos de pH se obtuvieron en las muestras R4 y R9, alcanzando ambos un valor de 1,00. Lo que de acuerdo con (Fajardo & García, 2021), esta medida proporciona información clave sobre su naturaleza química y su capacidad para interactuar con otras sustancias en distintos contextos. Un pH inferior a 2 en un aceite recalentado puede atribuirse a la formación de ácidos grasos libres durante el proceso de calentamiento. En este proceso, los enlaces éster de los triglicéridos se rompen, liberando ácidos grasos libres y glicerol. Estos ácidos grasos libres pueden reaccionar con el agua presente en el aceite o en el entorno, dando lugar a la formación de ácidos más fuertes y, como consecuencia, disminuyendo el pH del aceite. Este fenómeno puede indicar que el aceite ha alcanzado un estado rancio o deteriorado, lo cual puede afectar negativamente su sabor, aroma y calidad nutricional. Además, aumenta el riesgo de oxidación y la formación de compuestos Villasmil et.,al (2020). Según Bonilla, Pérez & Millán, (2021), es fundamental considerar que el expendio de alimentos fritos y la

reutilización de aceites recalentados representan fuentes potenciales de grasas trans en la dieta, así como de otras sustancias perjudiciales para la salud, como los aldehídos. Es por ello que la presencia de malonaldehído en aceites recalentados utilizados en la preparación de alimentos puede dar lugar a la generación de sustancias tóxicas, con impactos adversos en la salud de las personas.

Fase 6. Medición oxidativa en absorbancia a los aceites recalentados.

Los resultados de la absorbancia a 470 nm y el porcentaje de actividad antioxidante de las 10 muestras recolectadas y evaluadas en los tiempos de 0, 60, 120 y 180 minutos se han registrado en la tabla 5.

Tabla 5. Resultados de absorbancia y actividad antioxidante de las 10 muestras evaluadas

		0 (min)	60 (min)	120 (min)	180 (min)
R1	Absorbancia 470 nm	0,493	0,463	0,458	0,435
	%AA		70,232%	68,411%	9,026%
R2	Absorbancia 470 nm	0,463	0,406	0,398	0,381
	%AA		37,537%	42,101%	22,923%
R3	Absorbancia 470 nm	1,077	1,021	0,995	0,945
	%AA		74,682%	24,953%	8,965%
R4	Absorbancia 470 nm	0,834	0,767	0,746	0,707
	%AA		60,292%	19,233%	5,191%
R5	Absorbancia 470 nm	2,035	1,92	1,873	1,789
	%AA		72,419%	27,895%	19,982%
R6	Absorbancia 470 nm	2,21	2,173	2,122	2,012
	%AA		91,995%	30,904%	6,012%
R7	Absorbancia 470 nm	2,435	2,431	2,426	2,405
	%AA		99,220%	94,010%	84,649%
R8	Absorbancia 470 nm	0,388	0,355	0,348	0,334
	%AA		57,854%	92,059%	27,498%
R9	Absorbancia 470 nm	3,051	2,953	2,916	2,848
	%AA		84,520%	63,317%	58,337%
R10	Absorbancia 470 nm	2,615	2,522	2,456	2,326
	%AA		82,830%	22,849%	3,975%
Control	Absorbancia 470 nm	1,005	0,8139	0,7864	0,7431

Esta recopilación de datos proporciona una visión detallada de la evolución de la absorbancia y la actividad antioxidante a lo largo del tiempo para cada muestra. Se empleó una longitud de onda a 470 nm, debió a la capacidad de ciertos compuestos antioxidantes para absorber la luz en esa longitud de onda, en función de sus características químicas. Cabe destacar que la disminución de la absorbancia a 470 nm indica la capacidad de la muestra para neutralizar los radicales libres, siendo un indicador directo de su actividad antioxidante.

Este enfoque permite cuantificar y comparar la eficacia antioxidante de distintas muestras, ofreciendo información valiosa en estudios relacionados con la protección contra la oxidación.

Esta capacidad de medición resulta crucial en la determinación precisa de

concentraciones de sustancias, el monitoreo de reacciones químicas y la caracterización

de diversas muestras en múltiples ámbitos científicos. La determinación de la capacidad antioxidante a través de la absorbancia medida 470 nm se fundamenta en la absorción de luz por compuestos particulares presentes en la muestra.

En diversos métodos para evaluar la capacidad antioxidante, se emplean sustancias como el β -caroteno, que es sensible a la oxidación y genera radicales libres. La interacción de estos radicales con antioxidantes presentes en la muestra resulta en una disminución en la velocidad de oxidación del β -caroteno, lo cual se manifiesta en una reducción de la absorbancia a 470 nm Jiménez Del Pino, Wright & Micheli, (2020); Maldonado & Cardona, (2021).

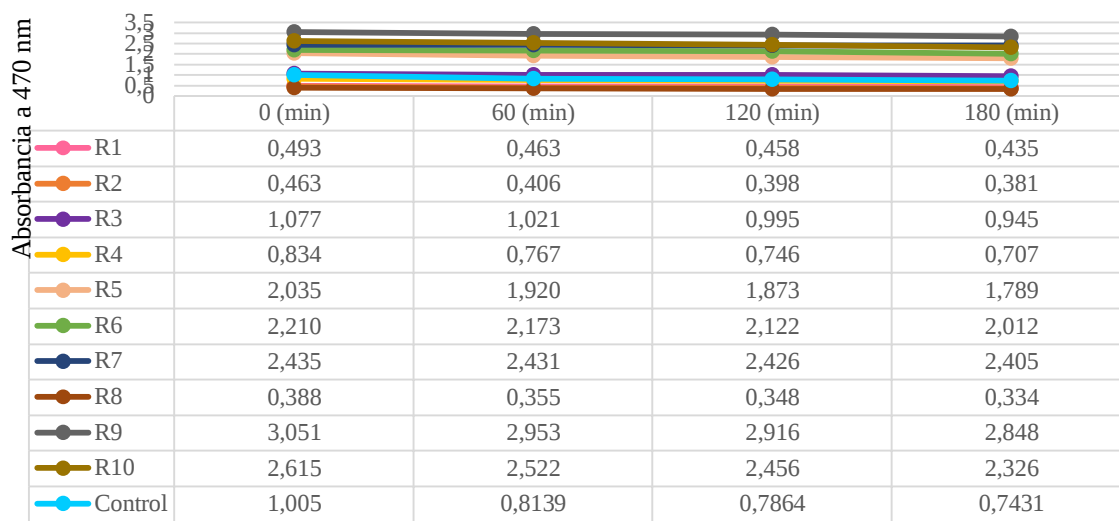


Figura 1. Comparativa de las absorbancias a 470nm de las 10 muestras evaluadas

La figura 1 se ilustra de manera visual los resultados obtenidos al medir la absorbancia de las 10 muestras de aceite evaluadas. En dicho gráfico, se destaca que la muestra R9, representada por una línea de color gris, exhibió las mediciones más altas en los tres tiempos evaluados, mientras que los valores más bajos se registraron en la muestra R8. Se observó, además, que cinco muestras, incluyendo el

control, presentaron mediciones inferiores a 1, O.D 470nm, mientras que las otras cinco muestras mostraron mediciones superiores a este valor. En la figura 2 se representa el análisis gráfico que proporciona una representación visual clara de las variaciones en la absorbancia entre las muestras, permitiendo una fácil interpretación de los resultados en función de los tiempos de evaluación

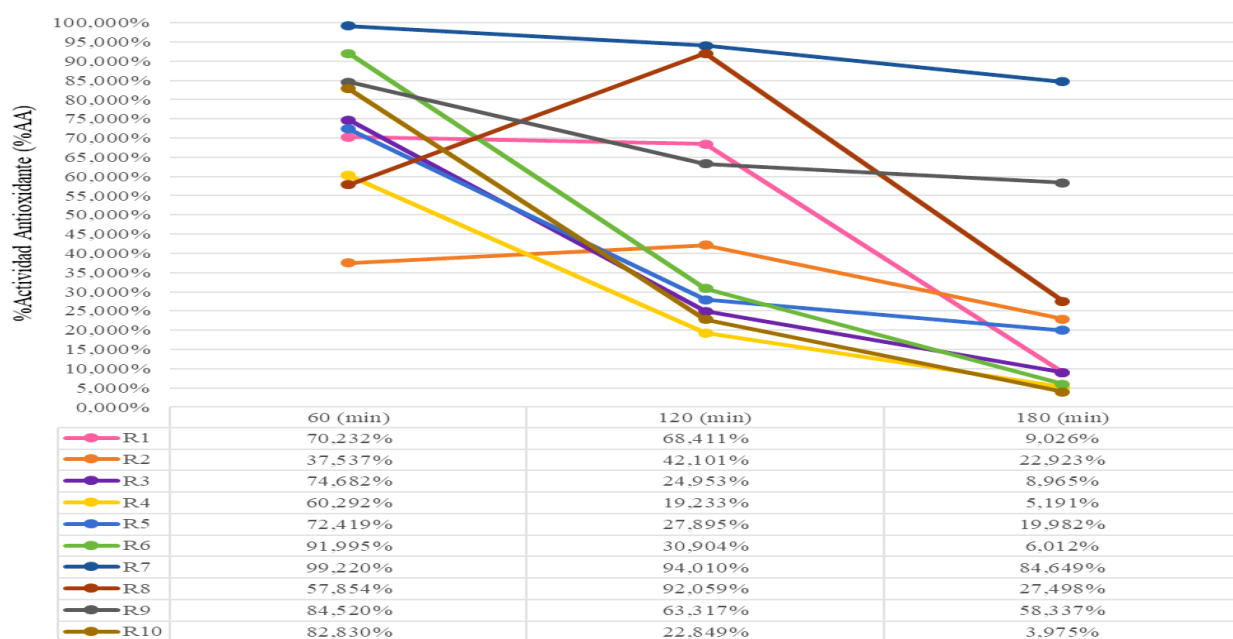


Figura 2. Comparativa de las actividades antioxidantes de las muestras evaluadas

exhibe los resultados de la actividad antioxidante presente en las 10 muestras de aceite evaluadas tras la adición de cascarilla de café. En particular, destaca que la muestra R7 logró alcanzar una

notable actividad antioxidante del 99% durante los primeros 60 minutos, registrando una O.D. 470nm de 2,431 en este mismo intervalo de tiempo. Es relevante subrayar que la muestra R7

demonstró la mejor capacidad antioxidante a lo largo del experimento, manteniendo un porcentaje del 84% al finalizar los 180 minutos. Contrastando, la muestra R2 exhibió el menor porcentaje de actividad antioxidante a los 60 minutos de iniciado el experimento, con un valor de 37,537%. Por otro lado, la muestra R10 evidenció la menor estabilidad en la actividad antioxidante, alcanzando el mejor porcentaje (3,975%) a los 180 minutos. La actividad antioxidante se refiere a la capacidad de ciertas sustancias para neutralizar o inhibir la oxidación de otras

moléculas en el cuerpo. La oxidación es un proceso químico en el cual las moléculas pierden electrones, lo que puede causar daño celular y contribuir al desarrollo de enfermedades crónicas como enfermedades cardíacas, cáncer y enfermedades neurodegenerativas. A pesar de que el perfil y las concentraciones de compuestos fenólicos se han estudiado en detalle en las semillas y la infusión de café, el conocimiento sobre su presencia en los subproductos del café, como la cáscara y la pulpa, es más limitado Cruzalegui, Güivin, Fernández-Jeri, Cruz, (2021).

CONCLUSIONES

Finalmente se logró determinar que el extracto obtenido de la cascarilla de *Coffea arabica* evidencio una disminución del proceso de oxidación de los aceites de fritura, demostrando la eficacia y potencial aplicabilidad del aceite de cascarilla de café

como una fuente natural de antioxidantes para la preservación de los aceites de fritura en entornos culinarios.

REFERENCIAS

BIBLIOGRÁFICAS

Baca Ruiz, A. M. (2019). Determinación de las características fisicoquímicas del aceite residual de frituras de los establecimientos de comida del mercado municipal de Huamachuco. <https://hdl.handle.net/20.500.14414/13350>

Bejarano Roncancio, J. J., & Suárez Latorre, L. M. (2015). Algunos peligros químicos y nutricionales del consumo de los alimentos de venta en espacios públicos. *Revista de la Universidad Industrial de Santander. Salud*, 47(3), 349-360.

<http://dx.doi.org/10.18273/revsal.v47n3-2015011>

Bonilla, N., Pérez, M., & Millán, J. (2021). El uso inadecuado de aceites de frituras genera malonaldehído, sustancia tóxica para la salud. DIXI 33, enero-junio 2021, 1-35. DOI: <https://doi.org/10.16925/2357-5891.2021.01.01>

Borrelli, R. C., Esposito, F., Napolitano, A., Ritieni, A., & Fogliano, V. (2004). Characterization of a new potential functional ingredient: coffee silverskin. *Journal of agricultural and food chemistry*, 52(5), 1338-1343. <https://doi.org/10.1021/jf034974x>

Calsada Uribe Nataly Jullyet.; Caballero Pérez Luz Alba; Soto Tolosa Erika Paola. (2022). Elaboración de una barra proteica con recubrimiento de un gel energético a base de café. Revista @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria. ISSN Impreso 1692-7125 ISSN Electrónico 2711-3035. Volumen 20 N° 2. Pp: 5 - 23. DOI: <https://doi.org/10.24054/limentech.v20i2.282>.

Castañeda, M. O. G., Sanchez, L. M. N., Bravo, J. V., Muñoz, M. D., & Gáfar, D. E. (2023). Evaluación fisicoquímica del aceite obtenido de la borra de café (*Coffea*

arabica) empleando diferentes métodos de extracción para su potencial uso en la producción de biodiesel. *CITECSA*, 15(25), 21-27. <https://unipaz.edu.co/revistas/revcitecsa/article/view/345>

Cruzalegui, R. J., Güivin, O., Fernández-Jeri, A. B., & Cruz, R. (2021). Caracterización de compuestos fenólicos y actividad antioxidante de pulpa de café (*Coffea arabica* L.) deshidratada de tres fincas cafeteras de la región Amazonas (Perú). *Información tecnológica*, 32(5), 157-166. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642021000500157>

Duangjai, A., Suphrom, N., Wungrath, J., Ontawong, A., Nuengchamnon, N. y Yosboonruang, A. (2016). Comparación de las actividades antioxidantes y antimicrobianas y los perfiles químicos de tres extractos acuosos de pulpa de café (*Coffea arabica* L.). *Investigación en medicina integrativa*, 5 (4), 324-331. <https://doi.org/10.1016/j.imr.2016.09.001>

Fonseca-García, L., Calderón-Jaimes, L. S., & Rivera, M. E. (2014). Capacidad antioxidante y contenido de fenoles totales en café y subproductos del café producido y comercializado en Norte de Santander (Colombia). *Vitae*, 21(3), 228-236.

http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0121-40042014000300008&script=sci_arttext

Fuentes, A.; Fuentes, C. (2023). Determinación del índice de peróxidos en grasas comestibles. Universitat Politècnica de València.
<http://hdl.handle.net/10251/194295>

Gemechu, FG (2020). Aprovechamiento de las cualidades nutricionales, las actividades biológicas y las propiedades tecnológicas de los subproductos del café en la formulación de alimentos funcionales. *Tendencias en ciencia y tecnología de los alimentos*, 104, 235-261.
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.08.005>

Guerra, L. (2020). Diseño de sistemas nanoparticulares lipídicos para co-administración de teofilina y ciprofloxacino en el tratamiento de la fibrosis quística. Dialnet.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=282521>

Heeger, A., Kosińska-Cagnazzo, A., Cantergiani, E. y Andlauer, W. (2017). Bioactivos de la pulpa de la cereza de café y su utilización para la producción de bebida de cáscara. *Química de*

alimentos, 221, 969-975.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.11.067>

Jiménez Del Pino, A., Wright, V., & Micheli, C. (2020). Comparación de la actividad antioxidante de los productos de la Reacción de Maillard en papas sometidas a distintos procesos de cocción.
<https://repositorio.umaza.edu.ar/handle/00261/1576>

López Cruz, O. I. (2022). Propuesta técnica para la producción de biodiésel a pequeña escala a partir de aceite desechado de frituras de los locales de comida de la ciudad de Chiclayo.
<https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20500.12893/10777>

Maldonado, L., & Cardona, J (2021). Evaluación de la calidad fisicoquímica del aceite de fritura en dos centros de servicios alimentarios en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano.
<https://bdigital.zamorano.edu/items/e8cbb1b7-de65-4543-91bd-7e5e6a8a8bf7>

Marchesino, M. A., López, P. L., Guerberoff Enemark, G. K., & Olmedo, R. H. (2020). Los procesos de fritura y su relación con los valores nutricionales y la inocuidad: una visión integral desde la seguridad

alimentaria.

<https://revistas.unc.edu.ar/index.php/nexoa-gro/article/view/28927>

Martínez, C. (2020). Estudio de la estabilidad y la toxicidad de una solución de teobromina con efecto neuroprotector para Alzheimer en un modelo murino. <https://ri-ng.uaq.mx/handle/123456789/1880>

Martínez, Y. H. (2022). *Estudio clínico de un nuevo tratamiento de la litiasis úrica con Teobromina y un basificante urinario* (Doctoral dissertation, Universitat de les Illes Balears). <https://dspace.uib.es/xmlui/handle/11201/159820>

Montenegro-Bonilla, D. M., Flores-Flores, N. L., Rodríguez-Lira, B. M., Arriaga-Montiel, N. I., Yáñez-Chávez, D. I., & Ramírez-Moreno, E. (2023). Análisis de los aceites vegetales y su estabilidad en la fritura. *Educación y Salud Boletín Científico Instituto de Ciencias de la Salud Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*, 11(22), 58-66. <https://doi.org/10.29057/icsa.v11i22.10217>

Montes, N., Millar, I., Provoste, R., Martínez, N., Fernández, D., Morales, G., & Valenzuela, R. (2016). Absorción de

aceite en alimentos fritos. *Revista chilena de nutrición*, 43(1), 87-91. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182016000100013>

Mosquera, N. B., Garzón, M. F. P., & Estupiñán, J. C. M. (2021). El uso inadecuado de aceites de frituras genera malonaldehído, sustancia tóxica para la salud. *Dixi*, 23(1), 35. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8301378>

Pascual, C., & Tarquino, C. (2020). Evaluación de las características físico químicas del aceite de café arábigo (*Coffea arabica* L) y su aplicación en la agroindustria. <https://repositorio.uea.edu.ec/handle/123456789/879>

Puertas-Mejía, M. A., Villegas-Guzmán, P., & Alberto Rojano, B. (2013). Borra de café colombiano (*Coffea arabica*) como fuente potencial de sustancias con capacidad antirradicales libres in vitro. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 18(3), 469-478. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1028-47962013000300013&script=sci_arttext

Rivera, S. C. T. (2023). Residuos del procesamiento del fruto de café como

fuente natural de antioxidantes para la industria cárnica. Dialnet.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8912182>

Rodríguez, A., & Hernández, M. (2021). Caracterización físico-química y obtención de emulsiones a partir del aceite de semilla de sachá inchi. Dialnet.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8742763>

Saavedra Torres, J. D., & Gómez Arboleda, J. S. (2023). Monitorización ultrasónica de las propiedades viscoelásticas de aceites de fritura.

<https://red.uao.edu.co/entities/publication/d695d1c6-4a57-4ba8-bfad-0f3bee798fdc>

Serna-Jiménez, J. A., Torres-Valenzuela, L. S., Martínez-Cortínez, K., & Hernández-Sandoval, M. C. (2018). Aprovechamiento de la pulpa de café como alternativa de valorización de subproductos. Revista Ion, 31(1), 37-42.

<https://doi.org/10.18273/revion.v31n1-2018006>

Suaterna Hurtado, A. C. (2009). La fritura de los alimentos: el aceite de fritura. Perspectivas en nutrición humana, 11(1), 39-53.

http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0124-41082009000100004&script=sci_arttext

Tian, Q., Wei, S., Su, H., Zheng, S., Xu, S., Liu, M., ... y Li, J. (2022). Actividad bactericida del ácido gálico contra *Escherichia coli* resistente a múltiples fármacos. *Patogénesis Microbiana*, 173, 105824.

<https://doi.org/10.1016/j.micpath.2022.105824>

Vega, A., & Torres, L. (2021). Evaluación De Compuestos Fenolicos De (Citrus sinensis) Y Su Capacidad Antioxidante. *Ciencia En Desarrollo*, 12(2).

<https://doi.org/10.19053/01217488.v12.n2.2021.11635>

Vega, N. A., Villada Castillo, D. C., & Becerra Moreno, D. (2024). Antimicrobial effect of polyphenolic extracts present in ananas comosus. *Ingeniería y competitividad*, 26(2).

<https://doi.org/10.25100/iyv.v26i2.14003>

Villasmil, N. R., Montilla, J. M., Henríquez, A. B., Ramírez, A. F., & Villasmil, E. R. (2020). Efectos Metabólicos de La Reutilización de Aceites Comestibles Recalentados y Oxidados. *Avances en Biomedicina*, 9(2), 58-69.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8467564>