

ESTANDARIZACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE AGUACATE MEJORA DE CALIDAD Y RENDIMIENTO: CASO ATlixco

STANDARDIZATION AND OPTIMIZATION OF THE AVOCADO OIL EXTRACTION PROCESS QUALITY AND YIELD IMPROVEMENT: ATlixco CASE

Torrentera-Luna G.^{1*}

¹Estudiante del Programa de Maestría en Ingeniería, Instituto Tecnológico Superior de Atlixco.
C. Heliotropo 1201, Vista Hermosa, 74210 Atlixco, Pue.
Teléfono: (244) 44 62212

*Autor de correspondencia: torrenterlupita@gmail.com

Recibido: 22/octubre/2024

Aceptado: 16/diciembre/2024

RESUMEN

La extracción de aceite de aguacate ha ganado relevancia por sus beneficios nutracéuticos y cosméticos. En Atlixco, donde la producción de aguacate es significativa, es esencial optimizar los procesos de extracción para mejorar la calidad y el rendimiento del aceite. Este estudio tuvo como objetivo estandarizar el proceso de extracción, identificando las variables críticas que influyen en la calidad del producto final. Se desarrolló una metodología experimental en tres etapas: selección de aguacates adecuados para las pruebas, comparación de tres métodos de extracción (prensado en frío, prensado hidráulico y extracción con disolventes) y control de variables como temperatura, tiempo de extracción y calidad de la materia prima. Se realizaron análisis fisicoquímicos para evaluar la composición de ácidos grasos utilizando cromatografía de gases acoplada a un detector de ionización de llama. Las muestras fueron esterificadas previo al análisis cromatográfico, para su identificación y cuantificación. Los ácidos grasos detectados incluyeron ácido oleico (C18:1), ácido linoleico (C18:2) y ácido palmítico (C16:0), consistentes con perfiles reportados en la

literatura científica. Se observó que, el prensado en frío preserva mejor los compuestos bioactivos, alcanzando niveles significativamente más altos de vitamina E y características organolépticas óptimas. Aunque la extracción con disolventes proporcionó un mayor rendimiento, se identificó un deterioro en la calidad del aceite, reflejado en un aumento del índice de peróxidos y una reducción en el contenido de vitamina E. Se concluyó que el prensado en frío es el método más adecuado para conservar las propiedades nutricionales y organolépticas del aceite, recomendándose su implementación para promover el aprovechamiento de este producto mediante técnicas sustentables.

Palabras clave: Aguacate, Prensado en frío, Vitamina E, Calidad del aceite, Sostenibilidad.

ABSTRACT

The extraction of avocado oil has gained significance in recent years due to its numerous nutraceutical and cosmetic benefits. In Atlixco and surrounding areas, where avocado production is substantial, optimizing the extraction process is crucial to improve both the quality and yield of the oil. This study aims to standardize the avocado oil extraction process by identifying the critical variables that influence the quality of the final product. An experimental methodology was implemented, comparing three extraction methods: cold pressing, hydraulic pressing, and solvent extraction. The avocados used were selected from local farms, variables such as temperature, extraction time, and quality of the raw material were controlled. To evaluate the results, physicochemical and chromatographic analyses were conducted, allowing for the determination of fatty acid composition and organoleptic characteristics of the oil. Results indicated that cold pressing preserved bioactive compounds better, achieving a significantly higher vitamin E content compared to other methods. Although solvent extraction provided a higher yield, it compromised oil quality, evidenced by an increase in the peroxide index and a decrease in vitamin E content. The conclusions of the research emphasize the need to balance quality and yield in avocado oil extraction. The adoption of the cold pressing method is recommended as the most suitable for preserving the nutritional properties of the oil, benefiting local producers, and fostering sustainable development in the region.

Key words: Avocado oil extraction, Cold pressing, Fatty acid composition, Oil quality, Sustainable development.

INTRODUCCIÓN

El aguacate (*Persea americana*) es un cultivo esencial en México, donde se concentra aproximadamente el 30 % de la producción mundial, siendo la variedad *Hass* la más exportada. Esta fruta es valorada no solo por su sabor y versatilidad culinaria, sino también por sus propiedades nutricionales, que incluyen altos niveles de ácidos grasos monoinsaturados, antioxidantes y vitaminas, en especial la vitamina E, que contribuyen a la salud cardiovascular y a la reducción del riesgo de enfermedades crónicas (González *et al.*, 2020; Martínez *et al.*, 2021).

La extracción de aceite de aguacate ha emergido como una actividad industrial significativa, aprovechando no solo su aplicación en la gastronomía, sino también en la industria cosmética y farmacéutica, donde se busca su inclusión en productos por sus propiedades hidratantes y regenerativas (Maldonado *et al.*, 2022). Sin embargo, a pesar de la creciente demanda y el valor del aceite de aguacate en el mercado, se ha observado que muchas de las prácticas de extracción utilizadas en las regiones productoras, como Atlixco y sus alrededores, son inconsistentes y carecen de estandarización. Esto puede resultar en variaciones significativas en la calidad del producto final, lo cual afecta su competitividad en el mercado global (Sánchez *et al.*, 2021).

Investigaciones recientes reportan que, el método de extracción y las condiciones operativas, como la temperatura y el tiempo de extracción, juegan un papel crucial en la conservación de los compuestos bioactivos del aceite. El uso de métodos como el prensado en frío se ha asociado con una mayor preservación de la calidad y propiedades organolépticas del aceite, en comparación con métodos que implican temperaturas más altas o el uso de disolventes (Arana *et al.*, 2022; Pérez *et al.*, 2023).

La falta de estandarización en el proceso de extracción también se traduce en la pérdida de potenciales beneficios económicos para los productores, quienes pueden no maximizar el valor de su producto (Ramírez *et al.*, 2023).

Este estudio tiene como objetivo estandarizar el proceso de extracción de aceite de aguacate en Atlixco, identificando las variables críticas que influyen en la calidad del aceite y proponiendo un método que garantice tanto el rendimiento como la calidad del producto final. A través de un

análisis comparativo de diferentes métodos de extracción, se busca establecer recomendaciones que no solo beneficien a los productores locales, sino que también promuevan prácticas sostenibles.

MATERIALES Y MÉTODOS

Estrategia Metodológica: los comerciantes interesados adoptaron un enfoque metodológico mixto, adaptado a sus limitaciones presupuestarias, para evaluar el proceso de extracción de aceite de aguacate en Atlixco y sus alrededores. Este enfoque combinó observaciones cualitativas con análisis cuantitativos básicos que no requieren equipamiento altamente especializado.

Análisis de calidad organoléptica: se evaluaron características como el sabor, el aroma y el color del aceite mediante paneles de degustación compuestos por los mismos productores y consumidores locales, utilizando escalas sencillas de aceptación.

Determinación del rendimiento: se pesaron tanto los aguacates procesados como el aceite extraído con básculas estándar, calculando el porcentaje de rendimiento obtenido en cada método de extracción.

Medición de acidez: se utilizó una valoración ácido-base para estimar la cantidad de ácidos grasos libres, un indicador básico de calidad del aceite. Este método es económico y sencillo de implementar (Consiste en agregar una solución estándar de NaOH a la muestra de aceite mientras se mide el pH con un potenciómetro hasta alcanzar el punto de equivalencia, que indica la neutralización de los ácidos grasos libres presentes en la muestra.)

Pruebas de estabilidad al almacenamiento: se observó el aceite en almacenamiento por periodos de tiempo de 3 y 6 meses para evaluar cambios visuales, como separación de fases o turbidez, que puedan afectar su calidad.

La combinación de estos métodos permitió identificar factores críticos que influyen en la calidad del aceite, como la temperatura y el tiempo de extracción, sin incurrir en altos costos. Estos resultados proporcionaron a los comerciantes herramientas prácticas para optimizar sus procesos de producción y mejorar la calidad del aceite extraído.

Diseño experimental: se realizaron experimentos controlados utilizando tres métodos de extracción: prensado en frío, prensado hidráulico y extracción con disolventes. Los ensayos se llevaron a cabo en el laboratorio de Bioquímica del Instituto Tecnológico Superior de Atlixco.

Proceso de extracción

Primera etapa: selección y preparación de la materia prima

Se seleccionaron aguacates de calidad comercial estándar, descartando frutos dañados o con alto grado de madurez. Se registró el peso inicial para cada lote procesado, asegurando uniformidad en las muestras.

Segunda etapa: métodos de extracción

Cada método de extracción se implementó en condiciones controladas, diferenciándose por las características que se mencionan en el cuadro 1.

Cuadro 1. Evaluación comparativa de métodos de extracción de aceite de aguacate

Método Evaluado	Condiciones Operativas	Parámetros Clave	Observaciones
Método 1: Extracción Mecánica	Uso de prensa hidráulica para extraer el aceite	Temperatura: 50-60°C	Requiere control de temperatura para evitar la degradación del aceite.
Método 2: Extracción por Solvente	Extracción con hexano a temperatura ambiente	Solvente: Hexano, Tiempo: 4 horas	Necesita cuidado en la recuperación del solvente para minimizar residuos.
Método 3: Centrifugación	Separación de aceite por fuerza centrífuga	Velocidad: 3000 rpm	Requiere mantenimiento frecuente de la maquinaria.
Método 4: Extracción en frío	Proceso a baja temperatura sin aditivos	Temperatura: 25-30°C	Produce aceite de alta calidad, pero con menor rendimiento.
Método 5: Extracción en caliente	Proceso con calentamiento previo de la pulpa	Temperatura: 70-80°C	Mayor rendimiento de aceite, pero con posible pérdida de compuestos bioactivos.

Fuente: elaboración propia

Medición de acidez: se utilizó una valoración ácido-base mediante titulación potenciométrica con solución de hidróxido de sodio (NaOH) 0,1 N para estimar la cantidad de ácidos grasos libres, un indicador básico de calidad del aceite. Este método es económico, sencillo de implementar y adecuado para laboratorios de instituciones como el Instituto Tecnológico Superior de Atlixco.

Extracción de lípidos: Para la extracción de los ácidos grasos, se empleó la técnica de Soxhlet utilizando hexano como disolvente, debido a su eficacia y bajo costo. Se procesaron 50 g de muestra de pulpa de aguacate en cada ciclo, con un volumen de 250 mL de hexano por extracción. El proceso se repitió tres veces para asegurar una extracción completa de los lípidos presentes en la muestra.

Se realizaron observaciones cada 15 minutos para registrar el rendimiento y evaluar cambios visibles en el aceite.

En el cuadro 2 se resume de manera clara y organizada las diferentes condiciones operativas de cada método evaluado.

Cuadro 2. Parámetros operativos en métodos de extracción de aceite de aguacate

Prensado en frío	Prensado hidráulico	Extracción con disolventes
Temperatura mantenida a 25 °C. Tiempo de extracción: 60 minutos. Sin uso de aditivos o químicos	Temperatura mantenida a 60 °C. Tiempo de extracción: 60 minutos. Presión aplicada mediante un equipo hidráulico básico.	Temperatura de 60 °C y tiempo de 120 minutos. Uso de disolventes económicos y de bajo riesgo. Se realizaron observaciones cada 15 minutos para registrar el rendimiento y evaluar cambios visibles en el aceite.

Fuente. Elaboración propia

Tercera etapa: evaluación de calidad

Se emplearon métodos accesibles para evaluar los resultados:

Rendimiento de extracción: medido como litros de aceite obtenidos por kilogramo de aguacate.

Calidad básica del aceite: incluyó la valoración de acidez mediante titulación, una técnica económica para determinar la cantidad de ácidos grasos libres (ácido-base, un método económico y ampliamente utilizado para cuantificar los ácidos grasos libres presentes en el aceite. En este procedimiento, se utiliza una disolución de aceite en un solvente (generalmente etanol o éter) y luego se titula con una solución estándar de hidróxido de sodio (NaOH) hasta alcanzar el punto de neutralización. La acidez se expresa generalmente en unidades de ácido oleico o como porcentaje de ácidos grasos libres. En este apartado no menciona la determinación de peróxidos y en sus resultados si los incluye, debe mencionar la técnica que utilizó para la medición del índice de peróxidos.

El contenido de vitamina E en el aceite fue medido mediante espectrometría UV-Vis, una técnica sensible para cuantificar los antioxidantes como los tocoferoles (vitamina E). Para este análisis, se

utilizó una longitud de onda de 292 nm, que es la longitud de absorción máxima para los tocoferoles en el rango ultravioleta.

Para su determinación, se utilizó la técnica de titulación yodométrica, en la cual los peróxidos reaccionan con una solución de yodo, liberando el yodo en forma de ion libre. El exceso de yodo se titula con una solución de tiosulfato de sodio, y la concentración de peróxidos se calcula en base a la cantidad de yodo consumido durante la reacción. Evaluación organoléptica: un panel de catadores locales evaluó el sabor, el aroma y el color del aceite utilizando escalas simples de aceptación.

Este enfoque práctico permitió identificar diferencias en el rendimiento y la calidad del aceite entre los métodos, recomendando el prensado en frío como la mejor opción por sus resultados favorables y costos accesibles.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos del análisis de los tres métodos de extracción de aceite de aguacate se presentan a continuación:

Rendimiento de Extracción:

Prensado en frío: se obtuvo un rendimiento promedio de 12.5 litros de aceite por cada 100 kg de aguacate.

Prensado hidráulico: el rendimiento fue de 15.8 litros por cada 100 kg de aguacate.

Extracción con disolventes: este método proporcionó el mayor rendimiento, con 18.5 litros por cada 100 kg de aguacate.

Análisis Fisicoquímicos:

Índice de peróxidos: los valores fueron más bajos en el aceite obtenido por prensado en frío (10.5 meq O₂/kg) en comparación con el prensado hidráulico (15.3 meq O₂/kg) y la extracción con disolventes (20.1 meq O₂/kg).

Contenido de vitamina E: el prensado en frío mostró un contenido promedio de 180 mg/100 g, mientras que el prensado hidráulico presentó 120 mg/100 g, y la extracción con disolventes solo alcanzó 90 mg/100 g.

Características organolépticas:

En la evaluación sensorial, el aceite obtenido por prensado en frío fue calificado como el de mejor calidad, destacando en aroma y sabor, mientras que el aceite extraído con disolventes fue considerado inferior en estos aspectos.

El cuadro 3 se muestra una comparación de los parámetros de calidad del aceite. Se destacan tres indicadores principales: valoración de acidez, índice de peróxidos y contenido de vitamina E, contrastados con estudios previos y discutidos en términos de su relevancia para la calidad del aceite.

Cuadro 3. Evaluación de Parámetros

Parámetro	Resultado Obtenido	Comparación con Estudio Previo	Discusión
Valoración de Acidez	0.9% AGL	López <i>et al.</i> (2020) reportaron 1.1% para extracción mecánica.	El valor obtenido está dentro de los límites aceptables para aceites comestibles (<2%), indicando que el proceso de extracción fue eficiente. Un valor bajo de acidez refleja baja oxidación y mejor calidad del aceite.
Índice de Peróxidos	4.3 meq/kg	Martínez <i>et al.</i> (2021) reportaron 9.1 meq/kg para aceite de oliva virgen extra.	El índice de peróxidos está por debajo de los 10 meq/kg recomendados, lo que indica un aceite con baja oxidación. La técnica de titulación yodométrica confirma que el aceite tiene una buena estabilidad y una menor tendencia a la rancidez comparado con otros aceites comestibles.
Contenido de Vitamina E	150 mg/kg	Aceite de oliva (120 mg/kg) y aceite de girasol (100 mg/kg) según Suárez <i>et al.</i> (2023).	El contenido de vitamina E en el aceite de aguacate es alto, lo que refuerza sus propiedades antioxidantes. Estos resultados son consistentes con otros estudios que destacan la riqueza del aguacate en tocoferoles, ofreciendo beneficios para la salud cardiovascular y la prevención del envejecimiento.
Comparación General	Alta calidad de aceite (baja acidez, bajo índice de peróxidos, alto contenido de vitamina E).	Aceite de oliva y otros aceites vegetales tienen características similares, pero con menor cantidad de vitamina E.	El aceite de aguacate muestra excelentes propiedades organolépticas y nutricionales, superando en algunos aspectos a otros aceites comunes como el de oliva y girasol, lo que lo convierte en una excelente opción para consumo. La baja oxidación y el alto contenido de antioxidantes son ventajas clave.

Fuente: elaboración propia.

Los resultados de esta investigación brindan una visión clara del proceso de extracción de aceite de aguacate y su impacto en la calidad del producto. En línea con estudios previos (Sánchez *et al.*, 2021; Arana *et al.*, 2022), encontramos que el prensado en frío no solo ofrece un rendimiento aceptable, sino que también preserva mejor los compuestos bioactivos, como la vitamina E. Este antioxidante, clave para la salud cardiovascular y la prevención de enfermedades crónicas (González *et al.*, 2020), se mantiene en niveles óptimos en el aceite extraído por este método.

Adicionalmente, el prensado en frío mostró un índice de peróxidos significativamente más bajo que los otros métodos. Un índice elevado de peróxidos es indicativo de una mayor oxidación, lo que compromete la estabilidad y la vida útil del aceite (Maldonado *et al.*, 2022). Este hallazgo subraya la importancia de utilizar métodos de extracción que garanticen la calidad del aceite, especialmente en un mercado cada vez más consciente de la demanda por productos naturales y saludables.

Aunque la extracción con disolventes ofreció el mayor rendimiento, con 18.5 litros por cada 100 kg de aguacate, nuestros resultados indican que la calidad del aceite se ve afectada negativamente por este método. Se observó una disminución en el contenido de vitamina E y una reducción en las características organolépticas, lo que puede impactar su aceptación en mercados que priorizan productos de alta calidad (Pérez *et al.*, 2023). Este contraste entre rendimiento y calidad presenta un dilema para los productores que desean maximizar su rentabilidad sin comprometer el valor nutricional del producto.

Por lo tanto, se recomienda que los productores locales en Atlixco adopten el prensado en frío como un método de extracción adecuado para preservar las propiedades funcionales del aceite, ya que no solo garantiza una mejor calidad, sino que también responde a las crecientes exigencias del mercado de aceites saludables y sostenibles.

En resumen, los hallazgos de este estudio resaltan la necesidad de estandarizar las prácticas de extracción de aceite de aguacate para maximizar tanto la calidad del producto como su valor en el mercado. Estas recomendaciones no solo son beneficiosas para los productores locales, sino que también fomentan un desarrollo sostenible en la región.

CONCLUSIONES

La investigación sobre la estandarización del proceso de extracción de aceite de aguacate en Atlixco y sus alrededores concluye que el método de prensado en frío es el más adecuado para preservar la calidad y los compuestos bioactivos, como la vitamina E. Este método no solo proporciona un rendimiento de extracción aceptable, sino que también mantiene un índice de peróxidos significativamente más bajo, lo que refleja una mayor estabilidad del aceite.

Aunque la extracción con disolventes ofrece un mayor rendimiento, este se ve comprometido por una disminución en el contenido de vitamina E y en las características organolépticas del aceite. Esto resalta la importancia de priorizar la calidad sobre la cantidad en el proceso de extracción.

Se recomienda a los productores locales adoptar el prensado en frío como método principal, ya que permite obtener un aceite de alta calidad, alineado con las tendencias del mercado hacia productos más naturales y saludables. Además, un proceso estandarizado y sostenible podría generar beneficios tanto para los productores como para los consumidores.

Este estudio establece una base sólida para futuras investigaciones sobre la producción y comercialización del aceite de aguacate, contribuyendo al desarrollo de prácticas más eficientes y rentables en la industria.

REFERENCIAS

Aguilar, F., & Pérez, R. (2020). Environmental sustainability in avocado production: Challenges and solutions. *Sustainability in Agriculture*, 12(3), 115-130.

Arana, J., Rojas, M., & Torres, C. (2022). Comparative study of extraction methods for avocado oil: Implications for quality and safety. *Journal of Food Science and Technology*, 59(4), 1567-1575.

Castro, R., & Díaz, J. (2019). The avocado industry in Mexico: Challenges and perspectives. *Mexican Journal of Agricultural Sciences*, 8(2), 45-59.

García, L., & Torres, F. (2022). Economic potential of avocado oil: Market trends and future outlook. *Agricultural Marketing*, 10(1), 77-90.

Gobierno de México. (2018). Aceite de aguacate: Informe ejecutivo. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/347608/2_Aceite_de_Aguacate__Ejecutivo_.pdf

- González, F., Torres, L., & Mendoza, R. (2020). Nutritional properties and health benefits of avocado oil: A review. *Journal of Nutritional Science*, 9(3), 157-165.
- López, J., & Martínez, B. (2021). Impact of processing methods on the nutritional profile of avocado oil. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(6), 1-9.
- Maldonado, A., Sánchez, P., & Vega, M. (2022). The role of avocado oil in cosmetics and skin health. *Cosmetics*, 9(1), 23-35.
- Martínez, A., Ortega, C., & López, S. (2021). Nutritional value of avocado: Health benefits and applications. *Food Quality and Safety*, 5(2), 91-101.
- Martínez, S., & Salazar, L. (2023). Health implications of avocado consumption: A meta-analysis. *Nutrition Reviews*, 81(1), 45-58.
- Mendoza, C., & Rivas, M. (2022). Quality control measures in avocado oil production: A case study in Michoacán. *Food Quality Assurance Journal*, 5(2), 99-107.
- Moreno, R., & Cortés, A. (2020). Advances in avocado oil extraction technologies: A review. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 66, 102-115.
- Ortega, S., & Sánchez, J. (2023). Trends in health benefits of avocado oil: A systematic review. *Journal of Health & Nutrition*, 15(2), 123-136.
- Pérez, E., Silva, R., & López, T. (2023). Effects of extraction techniques on the quality of avocado oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 71(7), 2412-2421.
- Pineda, T., & Medina, J. (2020). An overview of avocado oil: Processing and health benefits. *International Journal of Food Science*, 14(2), 78-88.
- Ramírez, A., & Díaz, R. (2021). Consumer preferences for avocado oil: A survey analysis. *Journal of Consumer Studies*, 13(4), 215-230.
- Ramírez, J., Hernández, M., & Vargas, R. (2023). Economic analysis of avocado oil production in Mexico: Challenges and opportunities. *Agricultural Economics*, 54(3), 215-225.
- Sánchez, P., Ramírez, J., & Vega, M. (2021). Standardization of avocado oil extraction: Impact on quality and bioactive compounds. *Food Quality and Safety*, 5(1), 45-53.
- Velasco, J., & Lozano, A. (2019). The role of technology in enhancing the quality of avocado oil production. *Journal of Agricultural Engineering*, 50(1), 45-60.