



Evaluación de parámetros para extracción de aceite a partir de pulpa de aguacate (*Persea americana Mill. cv. Hass*) mediante comparación de los métodos de ultrasonido, termo-mecánico y enzimático, 2024.

Juan Pablo Restrepo Arroyave

Artículo de investigación presentado para optar al título de Ingeniero Agropecuario

Asesor

Edwin Alberto Arcila, Magíster (MSc) en Ciencias Farmacéuticas y Alimentarias

Universidad de Antioquia
Facultad de Ciencias Agrarias

Ingeniería Agropecuaria

El Carmen de Viboral, Antioquia, Colombia

2024

Cita

(Restrepo Arroyave, 2024)

Referencia

Estilo APA 7 (2020)

Restrepo Arroyave, J. P. (2024). *Evaluación de parámetros para extracción de aceite a partir de pulpa de aguacate (Persea americana Mill. cv. Hass) mediante comparación de los métodos de ultra sonido, termo-mecánico y enzimático, 2024*[Trabajo de grado profesional]. Universidad de Antioquia, El Carmen de Viboral, Colombia.



Biblioteca Seccional Oriente (El Carmen de Viboral)

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Evaluación de parámetros para extracción de aceite a partir de pulpa de aguacate (*Persea americana Mill. cv. Hass*) mediante comparación de los métodos de ultrasonido, termo mecánico y enzimático.

Presentado por: Juan Pablo Restrepo Arroyave

Asesor: Edwin Alberto Arcila

Universidad de Antioquia -Seccional Oriente Programa de Ingeniería Agropecuaria
El Carmen de Viboral, 09 de Junio de 2024

RESUMEN

Introducción. El aguacate es reconocido por su valor nutricional y versatilidad en la dieta. En Colombia, su cultivo ha crecido notablemente, especialmente en Antioquia. Sin embargo, el sector enfrenta desafíos en la comercialización debido a la dependencia del mercado de fruta fresca. La investigación propone un método termo mecánico con adición de enzimas para obtener aceite de aguacate de alta calidad, comparándolo con una extracción por medio de ultrasonido natural solo aplicando temperatura. **Objetivo** Determinar las mejores condiciones de operación para la obtención de aceite de aguacate mediante integración de procesos termo mecánicos y enzimáticos a partir de la pulpa. **Materiales y métodos:** El estudio se enfocó en extraer aceite de aguacate Hass utilizando la enzima T-Miles Cellulase 2000 de *Aspergillus niger*. Se procesaron aguacates de calidad tercera suministrados por Inversiones JJCE del oriente antioqueño. Dos ensayos se realizaron: el primero implicó homogeneizar pulpa con agua, ajustar el pH y aplicar tratamiento térmico, con y sin la enzima, antes de separar el aceite. En el segundo ensayo, se repitió el proceso con variaciones en las cantidades y en la comparación con un tratamiento con ultrasonido y el proceso enzimático. Se calcularon los rendimientos de extracción de pulpa y aceite mediante ecuaciones específicas y se mencionó una referencia para el rendimiento del aceite basada en un estudio previo. **Resultados:** En el primer ensayo, se obtuvo un rendimiento del 46% de la fruta, con un 13.92% de aceite extraído mediante un método simple y un 17.04% con enzimas. En el segundo ensayo, el rendimiento de la fruta fue del 50%, con un 2.11% de aceite extraído por ultrasonido y un 24% con enzimas. Además, se observó un color blanquecino en la pulpa tratada con ultrasonido, indicando posibles emulsiones. **Conclusiones:** La extracción de aceite de aguacate mediante enzimas se destaca como una opción eficiente y respetuosa con el medio ambiente para la industria. Comparado con otros

métodos como el ultrasonido, el enzimático ha mostrado mejores resultados en términos de rendimiento y calidad del aceite. Aunque el ultrasonido puede no ser tan efectivo por sus efectos físicos y químicos, se sugiere su uso en combinación con otros métodos. Además, se menciona que los bajos rendimientos podrían deberse a limitaciones técnicas de la maquinaria utilizada.

Palabras Clave: Celulasa, ultrasonido, termo mecánico, aceite de aguacate, extracción, aceite extra virgen.

INTRODUCCIÓN

El aguacate (*Persea americana Mill*) es reconocido como una buena fuente de energía, bajo en calorías y sodio, con alto contenido de ácidos grasos insaturados, vitamina E, ácido ascórbico, vitamina B₆, β caroteno y potasio (Restrepo A & Londoño J 2012). Este se ha logrado posicionar dentro de la dieta de numerosos países, por su contenido nutricional y su versatilidad a la hora de consumo.

Para el año 2020, según Minagricultura se estimó que en el país existen alrededor de 16.500 productores en cerca de 39.172 unidades productivas que tienen como principal actividad económica el cultivo de aguacate, además, reportó que dentro de las principales zonas productoras de aguacate Hass, se encuentra Antioquia, donde el tipo de productores predominantes son los empresarios y pequeños productores y según la clasificación de agroindustria que se tiene para esta región es principalmente acopio y embalaje, presentando una poca transformación de la materia prima.

En relación con lo anterior y teniendo en cuenta que la cadena productiva ha presentado un acelerado crecimiento en los últimos años, donde según estimaciones de Corpohass, el aguacate Hass colombiano proyectó un crecimiento del 20% para este año (Redagícola 2023), sin embargo, su desarrollo se ha ligado a la comercialización del fruto en fresco. En este sentido está sujeto a los cambios en los precios tanto de los mercados nacionales como internacionales; situación que se presenta debido a que no se cuenta con infraestructura productiva que permita absorber los excedentes que no son demandados por los mercados de fruta fresca (Minagricultura, 2020). De ahí que los desafíos del sector aguacatero deban centrarse no solo en la producción de materia prima de alta calidad, sino también en la generación de valor agregado para diversificar mercados.

Por esto es necesario contar con infraestructura y tecnologías aptas para la transformación del producto con creciente demanda en los mercados nacionales e internacionales como lo son aceite de aguacate, guacamoles, conservas, entre otros.

En el caso del aceite de aguacate, al industrializarse su transformación, se logra el aprovechamiento de excedentes o material no apto para exportación. Con esto se pretende reducir las pérdidas postcosecha y darle un valor agregado al producto, posibilitando mejores precios y acceso a nuevos mercados para el sector aguacatero.

Actualmente la transformación del aguacate en aceite se hace por métodos relativamente severos, altas temperaturas y extracción por solventes orgánicos, que suelen acompañarse de medidas estándar de refinado, como el blanqueado y la desodorización. La extracción por medios mecánicos conduce a bajos rendimientos de aceite, mientras que el uso de solventes orgánicos como éter de petróleo, éter etílico, o benceno da como resultado la recuperación del 60% al 90% del aceite total disponible (Yepes D 2017).

En Colombia el aceite de aguacate es relativamente nuevo y los procesos de extracción aún están siendo evaluados para determinar el rendimiento de cada uno, por esto se evidencia la necesidad de fortalecer técnicamente la transformación de este para lograr aceite de buena calidad con un alto rendimiento.

Finalmente la presente investigación buscó establecer un proceso de extracción del aceite de aguacate mediante un proceso termo mecánico y el uso de diferentes preparados enzimáticos comerciales como alternativa de industrialización y aprovechamiento del fruto de aguacate, relacionándolos entre si con el fin de dar la extracción por medio de enzimas como una alternativa más amigable con el medio ambiente y generando un producto viable y benéfico para el consumo humano evaluando también los efectos de la temperatura del agua sobre el color, aroma y calidad final.

MATERIALES Y METODOS

Reactivos

La enzima utilizada fue T-Miles Cellulase 2000 CAS: 9012-54-8 Obtenida a partir de *Aspergillus niger*, la cual actúa en mejor medida a una temperatura entre 36-50°C y a un rango de pH de 5-8.5.

Para el cálculo de la cantidad de enzima se hizo lo siguiente:

- $10 \text{ uz} = 1 \text{ g de celulosa}$
- $4\% \text{ celulosa por } 1000 \text{ g de pulpa} = 40 \text{ g de celulosa}$
- $40 \text{ g de celulosa por } 10 \text{ uz} = 400 \text{ uz}$
- $400 \text{ uz} \times \frac{1000 \text{ g}}{1} = 400000 \text{ uz}$
- $\frac{400000 \text{ uz}}{2000 \text{ uz por gramo de enzima}} = 200 \text{ mg de enzima requerida}$

Material vegetal

El material vegetal utilizado para la investigación (*aguacate Hass Persea americana* Mill) de calidad tercera el cual fue suministrado por la empresa Inversiones JJCE, obtenidos del oriente antioqueño, (La Ceja y Rionegro).



Ilustración 1 aguacate hass 3ra recepción y lavado

Ensayo numero 1

Se hizo la recepción de la fruta donde se limpiaron los aguacates sumergiéndolos en agua durante 10 minutos para remover impurezas, Posteriormente, se hizo un despulpado manual cortando el cortando cada aguacate por la mitad para extraer la semilla y la cáscara, Se prepararon dos mezclas en recipientes diferentes de 1000g de pulpa de aguacate con agua en una proporción de 2:1 (Dos partes de agua por una de pulpa), y se homogeneizaron mecánicamente con ayuda de un mixer o licuadora de inmersión hasta obtener una pasta sin presencia de grumos o cortes gruesos de aguacate. Se ajustó el pH de las muestras a 5 ± 0.02 mediante la adición de ácido cítrico y ácido ascórbico también con el fin también de disminuir la oxidación de la mezcla. Se tomaron las dos mezclas de 3000g y se sometieron a un tratamiento térmico hasta alcanzar una temperatura de 37-38°C; y a una de ellas se le agregaron 200mg de enzimas con agitación constante a 400 revoluciones por minuto por un tiempo de 30 min.



Ilustración 2 triturado y mezcla con mixer



Ilustración 3 Mezclado y adición de enzimas

Posteriormente se llevó cada mezcla a una descremadora o separador centrifugo para generar la separación del aceite de aguacate y lográndose recolectar por un lado el aceite y por el otro el resto de la mezcla.

Para determinar el rendimiento de extracción, se establece la relación matemática entre la cantidad de grasa total presente en la matriz alimentaria y la cantidad de grasa retirada en forma de aceite mediante la aplicación del tratamiento enzimático.

Ensayo numero 2

Se inicio con la correcta recepción de la fruta y preparación de la pulpa igual que en el primer ensayo , luego se generaron dos mezclas de 200g de pulpa por 800g de agua con una relación 4:1 , seguidamente una se ingresó a un baño de ultrasonido (Elma Ultrasonics) donde se le dieron unas condiciones de 40°C y 1 hora de tratamiento .La otra mezcla se le dio un tratamiento en baño maría con el fin de tenerlo a 40°C igual que la primera mezcla pero a esta se le dio agitación por 2 horas con 50mg de la enzima y posteriormente se llevaron las dos mezclas a la descremadora igualmente para la separación y extracción del aceite.



Ilustración 4 baño ultrasonido 40°C

Para calcular el rendimiento en la obtención de la pulpa se planteó esta ecuación:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Peso de la pulpa}}{\text{Peso inicial de la fruta}} \times 100$$

Para el calculo del rendimiento en la extracción del aceite se planteo una formula similar a la anterior tomándose como referencia a (Buelvas Salgado, G. A., Patiño Gómez, J. H., & Cano-Salazar, J. A. (2012)). Quienes evaluaron mediante análisis bromatológico, la cantidad de grasa presente extraíble en aguacates Hass de la misma región en este caso el oriente antioqueño la cual arrojó un 21.31% de grasa extraíble en el aguacate Hass

$$\% \text{aceite extraído} = \frac{\text{peso de aceite extraído}}{\text{peso de grasa presente teórica}} \times 100$$

Resultados y discusión

Rendimientos:

Inicialmente se calcularon los rendimientos para el ensayo 1 de la fruta, con el pesado de los desechos y de la pulpa resultante, obteniendo un rendimiento de 46% de cada aguacate y un 54% de residuos y desechos, que fueron en su mayoría cascara y semillas el cual se considera adecuado debido a su calidad y tomando como referencia los resultados de (Acosta Moreno, M. C. (2011)). quienes encontraron residuos y perdidas de un 40% , posteriormente se calcularon los rendimientos de la pulpa y cuanto aceite puede extraerse de esta, obteniendo para extracción simple un 13.92% de aceite extraído y un 17.04% para la extracción con enzimas.



Ilustración 5 aceite obtenido en el ensayo 1 con enzimas y sin enzimas

Para el ensayo 2 se tuvo un rendimiento de la fruta de 50% siendo la mitad desechos y residuos, para la extracción del aceite se tuvo un rendimiento con ultrasonido de 2.11% y del método con enzimas de 24%(ilustración 7), también se nota un color blanquecino en la pulpa

tratada con ultrasonido mostrando posibles emulsiones en la mezcla como se ve en la ilustración 5



Ilustración 5 pulpa de ensayo 2 después de tratamiento con ultrasonido

Igualmente, la extracción con método enzimático dio como resultado un aceite de mejor calidad sin tantas impurezas, de mejor color, olor y apariencia en general como se puede apreciar en la figura



Ilustración 6 aceite saliendo por la descremadora



*Ilustración 7 aceite extraído en el segundo ensayo
Ultrasonido vs enzimas*

-La extracción de aceite de aguacate por método enzimático es una gran alternativa y oportunidad para la industria aguacatera considerando que es un método escalable, amigable con el medio ambiente y que presenta una herramienta que mejora tanto la calidad del aceite como del rendimiento, además es un proceso “verde” y el aceite así extraído es considerado extra virgen (Sánchez, M., & del Carmen, M. (2017)).

- La técnica con mayor rendimiento fue la de la utilización de enzimas debido al porcentaje de extracción mas alto y la calidad del aceite superior a la de ultrasonido y a la termo mecánica, Estos altos rendimientos se deben a la acción de las enzimas las cuales rompen la pared de los idioblastos y células de parénquima liberando el aceite que se encuentra dentro de estas. (Buelvas Salgado et al., 2013; Baya et al., 1996).

-El aumento de la extracción y los rendimientos con la agregación de enzimas se debe a que Dentro de la pulpa es posible encontrar grandes cantidades de aceite, las cuales se encuentran

en forma de gotas dentro de los idioblastos y células de parénquima. La composición de la pared celular que protege estas células es de 30 % celulosa (Sánchez, M., & del Carmen, M. (2017)). Con lo que las enzimas en este caso celulasas rompen estas paredes y dejan disponible el aceite que se encuentra en los idioblastos y dentro la pared celular.

-El ultrasonido se califica como negativa para el proceso de extracción tomando en cuenta que no permitió la separación del aceite debido a que algunos de los efectos físicos de este tratamiento se cómo la cavitación genera degradación y desgaste en la superficial de las partículas (Maran, J.P. (2015)), lo que pudo generar rompimiento de estructuras y compuestos emulsificantes que atrapan los lípidos sin permitir la separación y extracción. Además, la cavitación causa ciclos de expansión y contracción en el material expuesto, lo que causa una interrupción en las paredes celulares de la matriz sólida.

-Por otro lado están los efectos químicos del Ultrasonido que generan radicales altamente reactivos en la matriz (Maran, J.P. and Priya, B(2015)); que pueden alterar cualquier célula que entre en contacto o en este caso la reacción con diferentes compuestos que capturaron los lípidos y no fue posible la extracción.

-Los bajos rendimientos en la extracción pueden ser ocasionados por la maquina utilizada la cual fue diseñada y es utilizada como descremadora de lácteos , la cual presentó varias fallas como recalentamiento, taponamiento entre otros, por lo que con una herramienta adecuada diferente podrían aumentar los rendimientos y cantidades de aceite.

CONCLUSIONES

Basándonos en los resultados obtenidos, el desarrollo del proceso de extracción de aceite de aguacate mediante el uso de enzimas en el ámbito industrial presenta prometedoras oportunidades. Esto se debe a que dicho producto posee un mayor valor agregado, lo que podría contribuir a mantener estables los costos del fruto durante los períodos de cosecha más intensiva. Además, dada la conformidad del producto con las especificaciones fisicoquímicas requeridas, existe una considerable probabilidad de que pueda ser comercializado tanto a nivel nacional como internacional.

Según el análisis de costos efectuado en (Ovando, S. L., & Waliszewski, K. N. (2005)), se concluye que la instalación de una planta para la extracción de aceite de aguacate es factible, ya que el producto demuestra una notable rentabilidad que podría aumentar al incrementar la escala de producción. Además, los costos de producción resultan comparativamente bajos en relación con productos de similar calidad ofrecidos en el mercado internacional. Estos hallazgos respaldan la viabilidad de emprender un proyecto en torno al aceite de aguacate, el cual permitiría a los productores acceder a nuevos mercados para sus productos, alterando así la dinámica de oferta y demanda durante los períodos de cosecha del fruto.

Se propone el ultrasonido como un pretratamiento que acompañe los demás métodos sean con solventes enzimas prensados etc. tomando en cuenta que como tratamiento individual no funciona de la mejor manera , pero considerando los datos bibliográficos y la capacidad de rompimiento que tiene podría asociarse con otros métodos como lo propone(Bhagya, G.V.S, & Dash, K.K.(2020)).”Todos estos fenómenos en conjunto generan una ruptura de la pared celular incrementando la permeabilidad del tejido de las plantas y facilitando la entrada del disolvente al material, provocando el incremento del rendimiento del material que es extraído en un menor tiempo”.

Para garantizar la máxima eficacia de un proceso de extracción acuoso enzimático, se requiere de un análisis exhaustivo por dos motivos fundamentales: en primer lugar, la selección apropiada del preparado enzimático depende en gran medida de la composición química del sustrato, dado que las enzimas catalizan reacciones específicas. En segundo lugar, el grado de hidrólisis y la eficiencia del proceso se ven influenciados por las condiciones de reacción, tales como el pH, la temperatura, la concentración de enzima, la concentración de sustrato y el tiempo de reacción. Por consiguiente, la optimización de las condiciones del proceso resulta imprescindible

Los rendimientos obtenidos con la adición de enzima fueron favorables según (Acosta Moreno, M. C. (2011)), los cuales son similares para la variedad Hass sin embargo podrían ser mejores debido a que la herramienta utilizada para la extracción en este caso una descremadora de lácteos, la cual presentó varias fallas como recalentamiento, taponamiento entre otros, por lo que con una herramienta adecuada diferente podrían aumentar los rendimientos y cantidades de aceite.

Agradecimientos

Gracias a mi asesor Edwin Alberto Arcila por sus orientaciones académicas y por compartir su valioso conocimiento en este proyecto investigativo.

Gratitud a la coordinadora académica Claudia Marcela Castaño por su voluntad para generar siempre espacios de aprendizaje significativos.

Reconocimiento a la Universidad de Antioquia por transformar mi experiencia académica.

Agradecimiento especial a mi familia por creer en mi y apoyarme en cada uno de mis proyectos profesionales y personales.

REFERENCIAS

- Acosta Moreno, M. C. (2011). *Evaluación y escalamiento del proceso de extracción de aceite de aguacate utilizando tratamiento enzimático* (Doctoral dissertation). Obtenido de : <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/7633/marthaceciliaacostamoreno.2011.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bhagya, G.V.S., & Dash, K.K., Ultrasound-assisted extraction of phytochemicals from dragon fruit peel: Optimization, kinetics and thermodynamic studies. *Ultrasonics Sonochemistry*, Vol. 68, 2020, 105180. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.105180>
- Buelvas Salgado, G. A., Patiño Gómez, J. H., & Cano-Salazar, J. A. (2012). Evaluación del proceso de extracción de aceite de aguacate hass (*Persea americana* Mill) utilizando tratamiento enzimático. *Revista Lasallista de investigación*, 9(2), 138-150.
- Campo-vera, Vélez-Ordoñez, v. m., & Ayala-Aponte, (2018). Ultrasonido en el procesamiento (homogenización, extracción y secado) de alimentos. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 16(1), 102-113. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S169235612018000100102&script=sci_arttext
- Maran, J.P. and Priya, B. Ultrasound-assisted extraction of pectin from sisal waste. *Carbohydrate Polymers*, 115, 2015, p. 732-738.
- Maran, J.P. Statistical optimization of aqueous extraction of pectin from waste durian rinds. *International Journal of Biological Macromolecules*, 73, 2015, p. 92-98.
- Minagricultura (2020). Cadena productiva Aguacate. Obtenido de <https://sioc.minagricultura.gov.co/Aguacate/Documentos/2020-03-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf>
- Ovando, S. L., & Waliszewski, K. N. (2005). Preparativos de celulasas comerciales y aplicaciones en procesos extractivos. *Universidad y ciencia*, 21(42), 113-122. Obtenido de: <https://www.redalyc.org/pdf/154/15404206.pdf>
- Restrepo A & Londoño J (2012). Comparación del aceite de aguacate variedad Hass cultivado en Colombia, obtenido por fluidos supercríticos y métodos convencionales:

una perspectiva desde la calidad. Obtenido de:
<https://www.redalyc.org/pdf/695/69525875005.pdf>

Redagrícola (2023). El aguacate Hass colombiano proyecta un crecimiento sobre 20% este año. Obtenido de: <https://redagricola.com/aguacate-hass-colombiano-proyecta-un-crecimiento-sobre-20-este-ano/>

Sánchez, M., & del Carmen, M. (2017). Obtención de aceite de aguacate (*Persea americana*) por medio de celulosa y hemicelulosa. Obtenido de: [2017 Ma. del Carmen Moctezuma Sanchez.pdf](#)

Sani, A.M. and Sardarodiyani, M. Ultrasound applications for the preservation, extraction, processing and quality control of food. *BioTechnology: An Indian Journal*, 12(4), 2016, p. 162-174

Tiwari, B.K. Ultrasound: A clean, green extraction technology. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 71, 2015, p. 100-109

Yepes D, Sánchez L & Márquez C (2017). Extracción termomecánica y caracterización fisicoquímica del aceite de aguacate (*Persea americana* Mill. cv.Hass) Pérez R (2005). El aceite de aguacate y sus propiedades nutricionales. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/730/73000310.pdf>