

## PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ACEITE DE ALMENDRA (*Prunus dulcis*): UNA REVISIÓN

### ALMOND OIL (*Prunus dulcis*) PRODUCTION PROCESS: A REVIEW

Leah Jazmín Chávez-Moran<sup>1</sup>, Camilo Alejandro Pineda-Soto<sup>2</sup>, Julio Pineda-Insuasti<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería Química, Carrera de Ingeniería Química. Quito, Ecuador

<sup>2</sup> Centro Ecuatoriano de Biotecnología del Ambiente (CEBA). Ibarra, Ecuador.

Autor para correspondencia: [jmchavezm1@uce.edu.ec](mailto:jmchavezm1@uce.edu.ec)

Recibido: 25/11/2023

Aceptado: 25/12/2023

#### RESUMEN

Descripción y análisis de la información científica existente sobre el proceso de producción de aceite de almendra (*prunus dulcis*), mediante la revisión del material científico disponible, que permita valorar los principales problemas y el avance del desarrollo tecnológico asociados con dicho proceso. Mediante este análisis se pudo determinar que las propiedades nutricionales y el contenido de ácidos grasos de la almendra varía de acuerdo con las condiciones climáticas y a la ubicación geográfica del cultivo. Con respecto a la extracción del aceite de almendra se presentan tres métodos de extracción, con solventes, con fluidos supercríticos y mecánico. La peor calidad del aceite, pero el mayor rendimiento industrial se obtiene utilizando disolventes, donde los aceites obtenidos no son vírgenes debido a los tratamientos químicos que se involucran. Los aceites obtenidos mediante extracción con fluidos supercríticos son de mayor calidad, pero a un coste muy elevado, por el contrario, las extracciones en prensa se

convierten en la mejor alternativa para lograr aceites de mayor calidad a un costo asequible.

**PALABRAS CLAVE:** Extracción, Aceite, almendra.

#### ABSTRACT

Description and analysis of the existing scientific information on the production process of almond oil (*prunus dulcis*), through the review of the available scientific material, which allows assessing the main problems and the advancement of technological development associated with said process. Through this analysis it was possible to determine that the nutritional properties and fatty acid content of almonds varies according to climatic conditions and the geographical location of the crop. With respect to the extraction of almond oil, three extraction methods are presented: with solvents, with supercritical fluids and mechanically. The worst quality of the oil, but the highest industrial performance is obtained using solvents, where the oils

obtained are not virgin due to the chemical treatments involved. The oils obtained by extraction with supercritical fluids are of higher quality, but at an extremely high cost; on the contrary, press extractions become

the best alternative to achieve higher quality oils at an affordable cost.

**KEYWORDS:** *Extraction, Almond, oil.*

## INTRODUCCIÓN



**FIG. 1** Tres coproductos de las almendras (cáscara, caparazón, núcleo)

**Fuente:** Guangwei Huang, Karen Lapsley. Almond Board of California, Modesto, CA, United States.

La almendra (*Prunus dulcis*) es un cultivo leñoso típicamente mediterráneo, que se adapta con facilidad a regiones con escasos recursos hídricos. En este contexto el conocimiento de las características del material vegetal puede permitir una optimización de su manejo agronómico y de los programas de mejora genética de la especie (Herralde Travería Felicidad, n.d.).

En volumen de producción, el 82% de los granos de almendra fueron producidos por productores del Valle Central de California, donde el clima es cálido, veranos secos y frescos (Huang & Lapsley, 2019). Según el censo agrícola del USDA de 2012, hay

alrededor de 6800 granjas de almendras en California (Huang & Lapsley, 2019). Estas granjas cultivan >30 variedades dulces, con >95% del volumen de producción actual atribuido a 13 variedades principales: Aldrich, Butte, Butte/Padre, Carmel, Fritz, Independence, Monterey, Mission, Nonpareil, Padre, Price, Sonora, y Colonia de Madera. Según la textura de la cáscara, las variedades de almendras generalmente se clasifican en cáscara dura, semidura y blanda (Huang & Lapsley, 2019).

En 2020 la producción total de almendras (*Prunus dulcis*) fue el más alto en más de una década con 1.654.395 toneladas métricas y representó el 31% del consumo total de nueces en todo el mundo (Wax et al., 2023). La producción mundial está liderada por EE.UU. (79%), seguido de Australia y España con un 7% cada uno (Sanahuja et al., 2021). Esto convierte a las almendras en el cultivo de frutos secos de mayor importancia económica en las zonas templadas (Sanahuja et al., 2021). Sin embargo, en la actualidad los productores californianos se enfrentan a una acumulación de 362.873 toneladas de almendras de la cosecha anterior. Por otro lado, ya se ha publicado la nueva estimación para la temporada 2023-2024 y se espera una cosecha aproximada de 1.179.340 toneladas. Pero el problema inmediato es este enorme sobrante al que se enfrentan (Fresh Plaza, n.d.).

Con respecto al consumo de la almendra en 2019, Alemania fue el cuarto país importador con 93.765 toneladas métricas. Alrededor del 60% de las importaciones de almendras de Alemania se consumen directamente como refrigerios, mientras que el 40% restante se utiliza como ingredientes en productos procesados como bebidas no lácteas o dulces (Wax et al., 2023). Sin embargo, a nivel industrial es más valioso procesar las almendras para obtener proteínas y aceites. El aceite de almendras tiene aplicaciones diversas en comparación con las semillas crudas, lo que puede resultar en márgenes de beneficio más altos. Actualmente se está explorando este aceite como fuente potencial de biocombustibles, en la fabricación de productos cosméticos y de cuidado personal debido a sus propiedades hidratantes y nutritivas para la piel y el cabello, de igual manera como suplemento nutricional por sus propiedades funcionales. Además, el aceite de almendra es fácilmente digerida y absorbida por el cuerpo humano. Por lo tanto, se puede utilizar como producto nutricional de alta calidad (Shi et al., 2023). Esta revisión cubre los principales métodos de extracción, el avance del desarrollo tecnológico, las propiedades funcionales y el valor nutricional del aceite de almendra.

### **CULTIVO, COSECHA Y POSTCOSECHA**

Además de la sequía y del manejo del riego, otra situación que se puede generar a partir de las nuevas técnicas de manejo y conducción de los cultivos, cada vez más intensivas y sofisticadas, son los bajos niveles de radiación de luz en el interior de estos, debido a la elevada densidad de plantación y al sistema de formación. Dado que, en ausencia de otros factores ambientales limitantes, la productividad está directamente relacionada con la radiación

que un vegetal recibe, por lo tanto, debe prestarse una especial atención a la forma, tamaño, inclinación, etc. de las hojas y consecuentemente, en el caso de la arboricultura, a la copa, ya que las mismas junto con la capacidad fotosintética determinarán la productividad de una variedad (Herralde Travería Felicidad, n.d.).

Los árboles de almendra comienzan a producir frutos entre los 3 y 5 años. Sin embargo, la cantidad de frutos puede aumentar significativamente a medida que el árbol envejece. La temporada comienza con la floración. Después de la floración, el cogollo se forma lentamente y luego madura hasta convertirse en una almendra (Fresh Plaza, n.d.). Las almendras dulces tienen tres partes distintas: el núcleo interior, la parte media de la cáscara y la cáscara exterior, como se muestra en la Fig. 1. Los granos de almendra se desarrollan dentro de una cáscara rodeada por otra cáscara. Cuando la mayoría de las nueces de los árboles tienen la cáscara completamente abierta, es el momento de cosechar. La recolección se lleva a cabo sacudiendo mecánicamente las nueces de los árboles hasta el suelo. Las nueces permanecen en el suelo del huerto hasta que la humedad del grano se haya secado por debajo del 6%, lo que suele tardar entre 7 y 10 días. Luego, las nueces se barren en largas hileras entre árboles y se recogen con barredoras mecánicas. Las almendras cosechadas se cargan en camiones y se entregan a una instalación descascaradora para recuperar los granos y/o las nueces con cáscara. Dichas cáscaras y la sacudida de los árboles durante la cosecha puede desprender ramas, hojas muertas o debilitadas (Huang & Lapsley, 2019), que generan biomásas las cuales también pueden ser aprovechadas.

## ACONDICIONAMIENTO DE LA MATERIA PRIMA

### Prelimpiado

La materia prima viene directamente de los campos por lo que es necesario realizar un proceso de limpieza antes de que ingrese a la planta, donde maquinaria especializada limpia la materia prima de los elementos extraños, dentro de los cuales se encuentran: palos, polvo, piedras, hojas, etc (Terranut, n.d.).

### Despelsonado

Esta es la etapa que permite separar la capa externa del fruto, llamado "pelón", mediante un proceso mecánico de roce por diferencial de velocidad del fruto con rodillos de goma, luego se separan los productos mediante zarandas y aire. El pelón corresponde a una capa blanda y urgente, que al deshidratarse se vuelve leñosa. Es comercializado para la alimentación animal dada sus condiciones nutritivas (Terranut, n.d.).

### Descascarado

El proceso de descascarado se realiza mediante presión, la separación es mediante rodillos de goma que van ejerciendo distintas presiones al fruto hasta que logra quebrar la cáscara dura y se obtiene la almendra en pepa (Terranut, n.d.).

### Calibración

Una vez lograda la obtención de la almendra en pepa, pasa al proceso de calibrado en donde se divide el fruto de acuerdo con su diámetro ecuatorial y es almacenado en recipientes correctamente identificados (Terranut, n.d.).

**Selección.** Selección Manuel u Óptica, en donde mediante una máquina específica se elimina un 98% de impurezas (Terranut, n.d.).

### Molienda

La almendra se debe someter a una reducción de tamaño. El procedimiento se realiza agregando cierta cantidad de almendras a un molino del cual se obtiene la harina utilizada para la extracción (Angel Morales & Rojas Luisana Marín Yolfre Oropeza, n.d.), no es recomendable lavar las semillas por periodos largos de tiempo ya que aumenta la plasticidad y humedad afectando negativamente la operación de molienda (Martínez et al., 2013).

### Tratamiento térmico

Los tratamientos térmicos producen un endurecimiento del tegumento que permite triturar el material sin dificultad (Martínez et al., 2013).

## CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y NUTRICIONALES DE LA ALMENDRA.

Las almendras dulces tienen una longitud promedio de 2,3 cm, 1,4 cm de ancho y 0,8 a 1,0 cm de espesor. Tienen un sabor delicado, aromático y dulce. Externamente las semillas son ovaladas, asimétricas, aplanadas, puntiagudas por un extremo y redondeadas por el otro. Los granos de almendra tienen un bajo contenido de agua, mientras que su cantidad de grasa puede oscilar entre el 46% y el 64% y su nivel de proteína puede rondar el 10-35%. Se sabe que estos valores están condicionados por el cultivo y el origen geográfico.

En cuanto a la composición de la fracción grasa, las almendras se caracterizan por tener altas cantidades de ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados. Los ácidos oleico y linoleico son los ácidos grasos insaturados más abundantes en las almendras, representando alrededor del 80-90%, mientras que los ácidos grasos saturados, como los ácidos grasos palmítico y

esteárico, están presentes en cantidades menores (<10%). Las almendras también destacan por su contenido en compuestos menores como polifenoles y tocoferoles, que se correlacionan con propiedades antioxidantes que reducen el riesgo de sufrir enfermedades relacionadas con el estrés oxidativo como artritis, vasculitis e hipertensión arterial, cáncer, o Alzheimer.

Otros compuestos menores presentes en las almendras son los fitoesteroles o esteroides vegetales que llevan a cabo funciones celulares en las plantas análogas a las del colesterol en los animales (Sanahuja et al., 2021). Así mismo los estudios de la riqueza de fitoquímicos en las cáscaras y pieles de almendra han demostrado fuertes propiedades antioxidantes, antimicrobianas, prebióticas, antitumorales, antivirales y fotoprotectoras. Basado en el hecho, el equipo de Roger Ruan de la Universidad de Minnesota está trabajando ahora en un proyecto financiado por ABC para fabricar alimentos e ingredientes nutraceuticos de cáscaras de almendras (Huang & Lapsley, 2019).

Varias publicaciones concluyeron que diferentes cultivares de almendras mostraban valores de composición química y propiedades fisicoquímicas y bioquímicas diferentes. Por este motivo, la discriminación entre cultivares de almendro ha sido el foco de numerosos estudios de investigación para evitar fraudes en la industria alimentaria (Sanahuja et al., 2021).

**Tabla1.** Composición de la almendra.

Parámetro	Valor
Contenido de humedad (w.b.)%	4.50 ±0.13
Lípidos (d.b.)%	53.11 ±0

	20
Proteínas (d.b.)%	25.56 ±0.21
Cenizas (d.b.) %	3.28 ±0.01
Carbohidratos (b.s.) %	13.55
Distribución de ácidos grasos (abundancia relativa) %	
Ácido palmítico (16:0)	6.74 ±0.06
Ácido palmitoleico (16:1)	0.4 ±0.01
Ácido esteárico (18:0)	1.84 ±0.58
Ácido oleico (18:1)	71.24 ±0.36
Ácido linoleico (18:2)	19.77 ±0.14
Componentes lipídicos menores	
Tocoferoles totales (lg/g de aceite)	591 ±15.6
Carotenoides (lg/g de aceite)	1.659 ±0.002
Clorofilas (lg/g de aceite)	0.163 ±0.001

**Fuente:** Marcela L. Martínez. *Oil recovery and oxidative stability.* (2013)

### IMPORTANCIA DEL ACEITE DE ALMENDRA

El importante valor nutritivo de la almendra surge de su alto contenido en lípidos, que constituye una importante fuente de energía calórica (Alasalvar et al., 2020). En la literatura, la mayoría de los trabajos de investigación realizados sobre la composición de las almendras se dedicaron a la fracción lipídica y su composición, en particular los ácidos grasos (Sakar et al., 2021). En las almendras, las grasas se componen de lípidos de almacenamiento, que están presentes en forma de gotitas de aceite intracelulares.

Estas gotitas representan alrededor de 1 a 3  $\mu\text{m}$  de diámetro en los tejidos de los cotiledones de los granos (Kodad, 2017). Los aceites de almendras son fuentes ricas en ácidos grasos con predominio de monoinsaturados, especialmente ácido oleico, polifenoles, esteroides, vitaminas y compuestos bioactivos liposolubles con amplias variaciones genotípicas y ambientales. Esta riqueza bioquímica del aceite de almendras justifica sus usos nutraceuticos y medicinales (International et al., 2020).

El Comité de Grasas y Aceites del Codex Alimentarius no describe el aceite de almendras ya que se produce a pequeña escala en pocos países como Francia, España y Estados Unidos. Además, gracias a sus numerosos beneficios para la salud, el aceite de almendras se ha utilizado durante mucho tiempo en los círculos de la medicina complementaria, así como como aceite comestible, principalmente como aderezo para ensaladas y en salsas vegetales (Sakar et al., 2021).

### MÉTODOS DE EXTRACCIÓN

Los métodos más comunes utilizados para la extracción de aceite de almendras son la extracción con solventes, la extracción con fluidos supercríticos usando  $\text{CO}_2$  y sistemas de presión que incluyen prensas hidráulicas y de tornillo (Sakar et al., 2021).

Durante la extracción se debe controlar un conjunto de parámetros como el contenido de humedad del grano y la temperatura para lograr una buena recuperación del aceite, estabilidad oxidativa y composición química (Martínez et al., 2013).

#### Extracción con solventes

El disolvente que más se utiliza es el "hexano" comercial. Este disolvente es económico y abundante producido por la industria petrolífera en condiciones de pureza adecuadas. Actualmente se han lanzado al mercado un disolvente compuesto principalmente por n-hexano que no deja residuo en la destilación, también de utiliza etanol y acetona. Para la extracción del aceite con solventes se puede aplicar la técnica de reflujo, la cual implica la condensación de gases y la vuelta de este condensado al sistema que lo originó. A medida que se procede a la calefacción del matraz, la temperatura aumenta evaporando parte del disolvente. Los vapores de este ascienden por el cuello del envase hasta el refrigerante, donde se condensa volviendo de nuevo al sistema. Esto establece que la muestra pulverizada de semilla posee reflujo continuo de disolvente que mantiene el volumen de la reacción constante (Angel Morales & Rojas Luisana Marín Yolfre Oropeza, n.d.).

Procedimiento para la extracción del aceite de almendras a temperatura ambiente utilizando evaporador rotatorio.

La evaporación de solventes para concentrar los extractos obtenidos se puede realizar en evaporador rotatorio a presión reducida.

Se pesan 15 g de las almendras molidas y se colocan en un erlenmeyer. Se añaden 20 mL de hexano (solvente de extracción) y se agita la mezcla, con agitador magnético, durante 15 min. Se filtra la mezcla al vacío y se lava el sólido con 10 mL de hexano. Se trasvasa el extracto obtenido a un balón previamente pesado y se destila el solvente por medio de un rota evaporador. Por último, se pesa el aceite obtenido y se calcula el rendimiento teniendo en cuenta que la densidad del

aceite de almendras es de  $0,92 \text{ g/cm}^3$  a  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  (Hernández & Zacconi, 2009).

### **Extracción con fluidos supercríticos (CO<sub>2</sub>) y ultrasonido**

Un fluido supercrítico es cualquier sustancia mantenida por encima de su presión y temperatura críticas, donde tiene una mezcla de propiedades entre líquido y gas (Dias et al., 2021). Las principales ventajas de las técnicas emergentes sobre los métodos de extracción convencionales es que, en general, cumplen con los requisitos del concepto de proceso verde. Este concepto tiene como objetivo evitar o minimizar el uso de solventes orgánicos tóxicos, reducir el tiempo de extracción, la temperatura del proceso y el consumo de energía, intensificar la transferencia de masa y los rendimientos de extracción (Dias et al., 2021).

El notable interés de la comunidad científica por esta tecnología ha sido impulsado por la gran versatilidad del dióxido de carbono, el disolvente más utilizado en estado supercrítico, ajustando la temperatura y la presión, es posible manipular la densidad y la viscosidad del fluido, determinando el poder disolvente del CO<sub>2</sub> supercrítico para proporcionar extractos con composiciones deseables (mejoras de selectividad), al mismo tiempo que asegura un proceso de separación inocuo tanto para la salud humana como para el medio ambiente (De Melo et al., 2014).

#### **6.2.1. Extracción por ultrasonido.**

Otra forma muy eficaz, y aún poco explorada, de intensificar los procesos de extracción a alta presión es la propagación de ondas ultrasónicas en el medio de extracción. Este método se ha utilizado en una escala mucho menor por razones obvias (Dias et al., 2021). Los ultrasonidos son ondas sonoras con una

frecuencia superior al rango audible para los humanos (16 a 18 kHz). El límite de frecuencia superior es 5 MHz para propagación en gas y 500 MHz para líquidos y sólidos (Povey & Mason, 1998). El mecanismo fundamental del ultrasonido se basa en la transformación de energía eléctrica en mecánica a través de transductores, promoviendo una vibración mecánica en alta frecuencia ( $>20 \text{ kHz}$ ).

La aplicación de ultrasonidos en líquidos puede provocar transmisiones acústicas y, si el medio líquido está compuesto por núcleos de gas, pueden sufrir ciclos de compresión y colapso. El colapso de las microburbujas se define como "cavitación acústica" y puede tener lugar de forma simétrica o asimétrica. Cuando el colapso es simétrico, las ondas de choque promueven la agitación y la transferencia de energía al medio, facilitando la interrupción de las interacciones intermoleculares de los compuestos objetivo con la matriz (p. ej., carbohidratos, lípidos, proteínas). Por el contrario, el colapso asimétrico puede crear micro chorros, capaces de dañar o romper las paredes celulares (Ashokkumar, 2011).

Además, la cavitación puede ser "estable" o "transitoria". Para una cavitación estable, las burbujas se forman a frecuencias de ultrasonido más altas ( $>$ cientos de kHz) sin crear un colapso sustancial; mientras tanto, la cavitación transitoria tiene lugar a frecuencias más bajas ( $<$ cientos de kHz), promoviendo un violento colapso de la burbuja (Radziuk & Möhwald, 2016).

Además, el uso de ultrasonidos para tiempos de extracción más prolongados puede aumentar naturalmente la temperatura interna del recipiente de extracción. En consecuencia, la solubilidad de los solutos

puede aumentar, reduciendo la viscosidad y aumentando la difusividad del disolvente (Dias et al., 2021).

### **Extracción mecánica (con prensa de tornillo)**

Para producir aceites vírgenes de frutos secos a gran escala, las extracciones mecánicas se han vuelto ampliamente aceptadas para obtener aceites de frutos secos de mayor calidad sin residuos químicos (Sakar et al., 2021).

Ejemplo del procedimiento para la extracción de aceite. Las semillas de almendras se acondicionan para alcanzar 4, 6, 8, 10 y 12% (p/p) de contenido de humedad. Se muelen y tamizan a través de un tamiz automático para lograr un tamaño de partícula de 2,4 a 4,8 mm. Luego, las partículas se rocían con agua dulce hasta alcanzar el 6, 8, 10 y 12% (p/p) de contenido de humedad (Singh & Bargale, 2000). Después, las muestras rociadas con agua se empaquetan en recipientes metálicos herméticos y se almacenan durante aproximadamente 48 h para equilibrarlas.

Los recipientes se agitan a intervalos regulares para distribuir la humedad uniformemente por toda la muestra. Para ajustar el contenido de humedad al nivel del 4% (p/p), las muestras se deben mantener en un horno de vacío a 25 C hasta que se alcance la humedad deseada. El prensado se puede realizar a tres temperaturas diferentes, ej. 20, 40 y 60 C. La extracción del aceite se realiza con una prensa de tornillo Komet (Modelo CA 59 G, IBG Monforts, Mönchengladbach, Alemania), con matriz de restricción de 5 mm y velocidad de tornillo de

20 rpm. Después de cada ejecución, todos los dispositivos de prensa se limpian y secan (Martínez et al., 2013).

### **CONCLUSIONES**

El impulso hacia una mayor producción global de almendras, incentivado por la creciente demanda de aceites especiales, está motivando la exploración de variedades y genotipos con niveles de aceite mejorados. Asimismo, se ha prestado considerable atención en la literatura a la variabilidad en el contenido de aceite de la semilla y sus propiedades fisicoquímicas. En este contexto, se ha evidenciado que la cantidad de aceite en las almendras y sus ácidos grasos están principalmente vinculados a factores genotípicos, mientras que elementos ambientales como la humedad del suelo y la temperatura atmosférica ejercen efectos significativos en estos aspectos.

Con respecto a los métodos de extracción y el desarrollo tecnológico, los aceites vegetales se recuperan convencionalmente mediante técnicas de extracción que utilizan disolventes orgánicos. Sin embargo, en los últimos años se han propuesto severas restricciones para reducir el uso de disolventes orgánicos en procesos industriales a la luz de los problemas ambientales y de salud pública asociados a ellos. Por lo tanto, las técnicas de extracción limpia como la extracción con fluidos supercríticos (SFE) se han desarrollado como alternativas para sustituir las convencionales para recuperar aceites de diversas matrices vegetales. El aceite virgen obtenido mediante prensa mecánica es de alta calidad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Angel Morales, J., & Rojas Luisana Marín Yolfre Oropeza, A. (n.d.). *EXTRACCIÓN DEL ACEITE DE LA SEMILLA DE MANGO UTILIZANDO SOLVENTES ORGÁNICOS*.
- Ashokkumar, M. (2011). The characterization of acoustic cavitation bubbles – An overview. *Ultrasonics Sonochemistry*, 18(4), 864–872.  
<https://doi.org/10.1016/J.ULTSONCH.2010.11.016>
- De Melo, M. M. R., Silvestre, A. J. D., & Silva, C. M. (2014). Supercritical fluid extraction of vegetable matrices: Applications, trends and future perspectives of a convincing green technology. *The Journal of Supercritical Fluids*, 92, 115–176.  
<https://doi.org/10.1016/J.SUPFLU.2014.04.007>
- Dias, A. L. B., de Aguiar, A. C., & Rostagno, M. A. (2021). Extraction of natural products using supercritical fluids and pressurized liquids assisted by ultrasound: Current status and trends. *Ultrasonics Sonochemistry*, 74, 105584. <https://doi.org/10.1016/J.ULTSONCH.2021.105584>
- Fresh Plaza. (n.d.). *Custom Almonds*.
- Hernández, S. A., & Zacconi, F. C. M. (2009). Aceite de almendras dulces: extracción, caracterización y aplicación. *Química Nova*, 32(5), 1342–1345.  
<https://doi.org/10.1590/S0100-40422009000500044>
- Herralde Travería Felicidad. (n.d.). *ESTUDIO INTEGRAL DE LAS RESPUESTAS ECOFISIOLÓGICAS AL ESTRÉS HÍDRICO: CARACTERIZACIÓN DE VARIEDADES DE ALMENDRO*.
- Huang, G., & Lapsley, K. (2019). Almonds. In *Integrated Processing Technologies for Food and Agricultural By-Products* (pp. 373–390). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814138-0.00015-0>
- International, A., Sakar, E. H., Yamani, M. El, Boussakouran, A., Zeroual, A., Gharby, S., & Rharrabti, Y. (2020). *JOURNAL OF ANALYTICAL SCIENCES AND APPLIED BIOTECHNOLOGY On the natural variability of kernel oil content in almond [Prunus dulcis Mill. DA Webb]: An Overview*. 2, 16–22. <https://doi.org/10.48402/IMIST.PRSM/jasab-v2i1.21076>
- Kodad, O. (2017). Chemical composition of almond nuts. *Almonds: Botany, Production and Uses*, 428–448. <https://doi.org/10.1079/9781780643540.0428>
- Martínez, M. L., Penci, M. C., Marin, M. A., Ribotta, P. D., & Maestri, D. M. (2013). Screw press extraction of almond (*Prunus dulcis* (Miller) D.A. Webb): Oil recovery and oxidative stability. *Journal of Food Engineering*, 119(1), 40–45.  
<https://doi.org/10.1016/J.JFOODENG.2013.05.010>
- Povey, M. J. W. (Malcolm J. W. ), & Mason, T. J. (1998). *Ultrasound in food processing*. 282.
- Radziuk, D., & Möhwald, H. (2016). Ultrasonic Mastering of Filter Flow and Antifouling of Renewable Resources. *ChemPhysChem*, 17(7), 931–953.  
<https://doi.org/10.1002/CPHC.201500960>
- Sakar, E. H., El Yamani, M., Boussakouran, A., Ainane, A., Ainane, T., Gharby, S., & Rharrabti, Y. (2021). Variability of oil content and its physicochemical traits from the main almond [*Prunus dulcis* Mill. DA Webb] cultivars grown under contrasting environments in north-eastern Morocco. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 32, 101952.  
<https://doi.org/10.1016/J.BCAB.2021.101952>

- Sanahuja, A. B., Pérez, S. E. M., Teruel, N. G., García, A. V., & Moya, M. S. P. (2021). Variability of Chemical Profile in Almonds (*Prunus dulcis*) of Different Cultivars and Origins. *Foods* 2021, Vol. 10, Page 153, 10(1), 153. <https://doi.org/10.3390/FOODS10010153>
- Shi, T., Cao, J., Cao, J., Zhu, F., Cao, F., & Su, E. (2023). Almond (*Amygdalus communis* L.) kernel protein: A review on the extraction, functional properties and nutritional value. *Food Research International*, 167, 112721. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2023.112721>
- Singh, J., & Bargale, P. C. (2000). Development of a small capacity double stage compression screw press for oil expression. *Journal of Food Engineering*, 43(2), 75–82. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(99\)00134-X](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(99)00134-X)
- Terranut. (n.d.). *Almendras- Servicios y Procesos*.
- Wax, N., Voges, L. F., Wenck, S. H., Herold, J. L., Seifert, S., & Fischer, M. (2023). Detection of almonds (*Prunus dulcis*) adulteration by genotyping of sweet and bitter almonds with double-mismatch allele-specific qPCR (DMAS-qPCR). *Food Control*, 152, 109866. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCONT.2023.109866>