

## Optimización de ultrasonido para extracción de aceites esenciales de manzanilla “*Chamaemelum nobile*” utilizando metodología superficie respuesta

### Ultrasound optimization for extraction of essential oils from chamomile “*Chamaemelum nobile*” using surface response methodology

**Joselin Paucarchuco Soto**



Universidad Nacional Autónoma  
Altoandina de Tarma, Junín, Perú

**Elmer Robert Torres Gutiérrez**



Universidad Nacional Autónoma  
Altoandina de Tarma, Junín, Perú

**Henry Juan Javier Ninahuaman**



Universidad Nacional Autónoma  
Altoandina de Tarma, Junín, Perú

**Irina Giovanna Flores Poma**



Institución Afiliada: Universidad  
Nacional de Huancavelica, Huan-  
cavelica - Perú

**Presentado:**  
16/07/2023

**Publicado:**  
31/07/2023

**Autor corresponsal:**

Elmer Robert Torres Gutiérrez

Correo:

[etorres@unaat.edu.pe](mailto:etorres@unaat.edu.pe)

Universidad Nacional Autónoma  
Altoandina de Tarma  
Junín, Perú

**Para citar este artículo:**

Paucarchuco Soto, J., Torres Gutiérrez, E. R., Javier Ninahuaman, H., J., & Flores Poma, I. G. (2023). Optimización de ultrasonido para extracción de aceites esenciales de manzanilla “*Chamaemelum nobile*” utilizando metodología superficie respuesta. *Revista Científica Kanyú*, 1 (1), p. 45-55.

#### RESUMEN

La manzanilla (*Chamaemelum nobile*) es uno de los cultivos de aceites esenciales y medicinales más difundidos y utilizados en el planeta tierra. La finalidad del presente estudio fue la extracción de aceite esencial por arrastre de vapor asistida por ultrasonido, empleando como materia prima la manzanilla cultivada en la Provincia de Tarma - Sacsamarca. Las muestras de manzanilla se desecaron empleando una estufa a 35°C que duró 2 días. Las manzanillas secas se trituraron en un molino de laboratorio empleando 25 g de muestra y un tiempo de 30 s. Luego se realizó el proceso de tamizado empleando un tamiz vibratorio en tamaños de partículas que oscilaron entre 255 y 355 µm. La muestra se almacenó en un congelador a -20 °C. Para la optimización de la extracción de aceite esencial se aplicó el método de superficie de respuesta (RSM) empleando un diseño Box-Behnken, llegando a realizar un total de 17 experimentos donde el tiempo de extracción varía de 140 a 260 min, potencia ultrasónica entre 60 y 90 W y relación solvente/muestra entre 6 a 9 ml/g. Los parámetros óptimos aplicando (MSR), permitieron alcanzar 0,396 % de aceite esencial de manzanilla, resultando significativamente eficiente.

**Palabras clave:** Aceite esencial, manzanilla, método superficie respuesta, ultrasonido.

#### ABSTRACT

Chamomile (*Chamaemelum nobile*) is one of the most widespread and widely used essential and medicinal oil crops on planet earth. The purpose of the present study was the extraction of essential oil by vapor entrainment assisted by ultrasound, using chamomile cultivated in the province of Tarma - Sacsamarca as raw material. The chamomile samples were dried using an oven at 35°C for 2 days. The dried chamomile was crushed in a laboratory mill using 25 g of sample and a time of 30 seconds. Then the sieving process was performed employing a vibrating sieve in particle sizes ranging from 255 to 355 µm. The sample was stored in a freezer at -20 °C. For the optimization of essential oil extraction, the response surface method (RSM) was applied using a Box-Behnken design, reaching a total of 17 experiments where the extraction time varied from 140 to 260 min, ultrasonic power between 60 and 90 W and solvent/sample ratio between 6 to 9 ml/g. The optimal parameters applied (MSR), allowed reaching 0.396 % of chamomile essential oil, resulting significantly efficient.

**Keywords:** Aspiration of secretions, bronchial aspiration, endotracheal intubation, infection.

## INTRODUCCIÓN

Los aceites esenciales son el principal principio activo asequible para la población, su extracción se realiza por múltiples formas, de ellas la más difundida es la extracción por arrastre de vapor, pero a las metodologías tradicionales se agregan otras como por ejemplo el de ultrasonido (UAE) Dash et al., (2021) o tecnologías emergentes como el de microondas Z. Liu et al., (2021), cada tecnología agrega valor al rendimiento, calidad o efectividad de algún parámetro (Kant & Kumar, 2022) cosmetic and medical industries applications. Present study discussed various conventional extraction techniques (steam distillation, hydro-distillation, hydro diffusion and solvent extraction).

Cabe destacar que, en los métodos convencionales, la eficiencia de extracción es relativamente baja y se requieren mayores cantidades de reactivos para la extracción (Kimbaris et al., 2006). Además, se requieren temperaturas relativamente suaves en la extracción de aceites elementales porque la mayoría de compuestos activos en las plantas tienen consistencia térmica inestable y ayudan a descomponerse mediante la extracción (Guan et al., 2007).

Es ahí donde la extracción asistida por ultrasonido (UAE) pasa a primer plano con varias ventajas, debido a que el método UAE no solo es un proceso limpio, sino que también el efecto de ultrasonido perfecciona la eficiencia de extracción al aumentar la inserción del solvente en las células de la planta a través de la cavitación (Alexandru et al., 2013) 900, 1350 mL/min. Otra ventaja del proceso UAE es que evita la degradación de los extractos (Roldán-Gutiérrez et al., 2008).

Entre las plantas productoras de aceite esencial se encuentra la manzanilla "Chamaemelum nobile" Barauskienė et al., (2022) Roman chamomile (Chamaemelum nobile L., el cual es una materia prima ampliamente utilizada en la industria farmacéutica, cosmética y alimentaria en general, también, en menor medida, como planta ornamental (Bokelmann, 2022).

El aceite esencial de manzanilla tiene como constituyentes principales el  $\alpha$ -bisabolol y sus óxidos de  $\alpha$ -bisabolol A y B, y el camazuleno Tacherfiout et al., (2022) 2022, responsable de la coloración azul del aceite. Además la manzanilla presenta flavonoides como la apigenina, luteolina, quercetina y sus derivados (Ghaedi et al., 2015; Farhoudi & Lee, 2017). La manzanilla se cultiva en el sistema convencional, en gran escala, como especie para la sucesión de cultivos con soja, papa, frijol y maíz. En el cultivo orgánico o agroecológico se hace uso de diversos medicamentos homeopáticos (nomenclatura que se refiere a las sustancias utilizadas en la homeopatía) en sustitución de insumos químicos (Guimarães et al., 2013) Chamaemelum nobile L. (Asteraceae).

Por lo mencionado, la finalidad del estudio es evaluar la influencia del pretratamiento por ultrasonidos previo a la extracción de aceite esencial de la manzanilla por arrastre de vapor. Los parámetros de extracción que afectan significativamente el procedimiento de extracción se optimizaron mediante método de superficie respuesta.

## METODOLOGÍA

### **Materia prima**

Las muestras de manzanilla se recolectaron en la localidad de Sacsamarca al oeste de Tarma en Junín - Perú, se extrajeron un total de 12 Kg de muestra.

Luego se realizó el secado en estufa de la manzanilla a 35°C durante 2 días. La muestra secada se molió con un molino de laboratorio empleando 25 g de manzanilla y un tiempo de 30 s. Luego se realizó el proceso de tamizado empleando un tamiz vibratorio en tamaños de partículas que oscilaron entre 255 y 355  $\mu$ m. La muestra se almacenó en un congelador a -20 °C en un plástico de almacenamiento herméticamente sellado hasta su uso posterior.

### **Extracción de aceite esencial por arrastre de vapor asistida por ultrasonido**

El experimento se realizó en el laboratorio de productos naturales y aplicaciones de la carrera profesional de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional del Centro del Perú (UNCP).

Para la extracción del aceite esencial de la manzanilla se empleó 960 g de muestra considerando las partes altas de la planta (tallo, hojas y flores). La muestra de manzanilla se añadió en un matraz de fondo redondo de 1 L que contenía etanol, y luego las mezclas de (manzanilla + Etanol) se sometieron al tratamiento ultrasónico a diferentes niveles de potencia durante diferentes tiempos. En consecuencia, se obtuvieron varias muestras de manzanilla tratadas con ultrasonido a diferentes niveles de potencia durante diferentes tiempos para investigar los efectos de la potencia y el tiempo de ultrasonido en la extracción del aceite de manzanilla. Después del tratamiento ultrasónico, la mezcla resultante se sometió inmediatamente a la extracción de aceite esencial por arrastre de vapor.

**Figura 1**

*Extracción de aceite esencial*



*Nota.* Esquema del aparato experimental para extracción de aceite.

### **Optimización de las condiciones por arrastre de vapor asistida por ultrasonido**

La optimización de la extracción de aceite esencial de manzanilla asistida por ultrasonido se realizó aplicando la metodología superficie respuesta (MSR). Para la evaluación del coeficiente de regresión lineal y de interacción, se utilizó el Stat Graphics (software).

Se obtuvieron como resultado experimental, variables de proceso y rangos, luego de ser sometido al diseño Box-Behnken, definieron los rendimientos de extracción de aceite esencial de manzanilla.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Optimización de parámetros de extracción con ultrasonido**

La tabla 1, evidencia parámetros empleados para la extracción de aceite mediante ultrasonido.

**Tabla 1**

*Diseño de superficie respuesta Box Behnken para la obtención del rendimiento del aceite esencial de la manzanilla.*

Tratamientos	X1: Tiempo de extracción (min)	X2: Potencia ultrasonica (W)	X3: Relacion solvente/muestra (mL/g)	Rendimiento %
1	200	60	9	0.19
2	260	75	6	0.29
3	140	75	6	0.24
4	200	90	9	0.36
5	260	60	7.5	0.26
6	140	75	9	0.28
7	260	75	9	0.37
8	200	60	6	0.27

9	260	90	7.5	0.34
10	140	60	7.5	0.16
11	200	90	6	0.29
12	140	90	7.5	0.3
13	200	75	7.5	0.39
14	200	75	7.5	0.36
15	200	75	7.5	0.37
16	200	75	7.5	0.38
17	200	75	7.5	0.36

Nota. Para los experimentos se utilizó el diseño superficie respuesta con 17 tratamientos, con tiempo de extracción, potencia ultrasónica y relación solvente muestra para lograr el rendimiento.

Análisis estadístico y determinación del rendimiento de extracción de aceite esencial de manzanilla

**Tabla 2**

*Análisis de varianza (ANOVA) para evidenciar efectos de nivel de tiempo de extracción, potencia ultrasónica y relación solvente/muestra sustitución sobre el rendimiento de aceite esencia de manzanilla.*

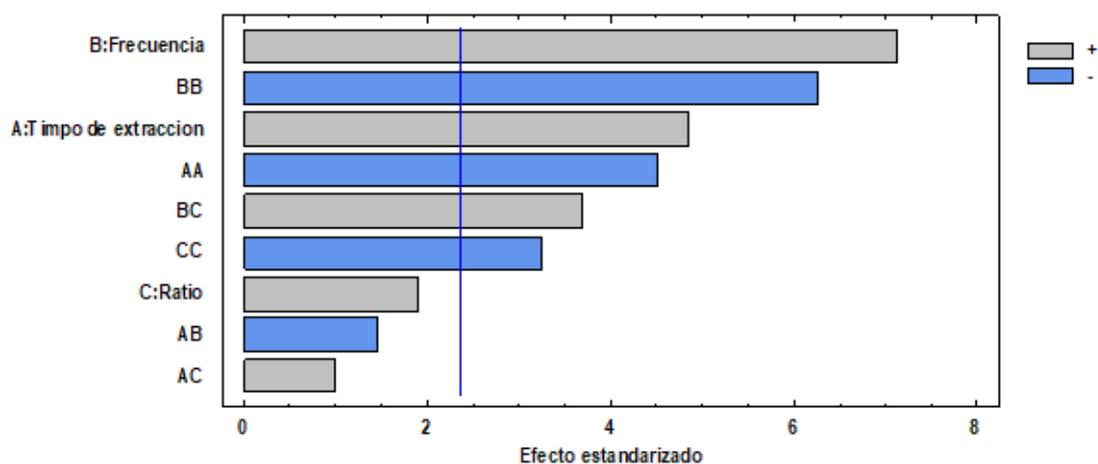
Fuente	Sum. de Cuad.	GI	Cuad. Medio	R a - zón-F	Valor-P
A:Tiempo de extracción	0.0098	1	0.0098	23.61	<b>0.0018</b>
B:Frecuencia	0.0210125	1	0.0210125	50.63	<b>0.0002</b>
C:Ratio	0.0015125	1	0.0015125	3.64	0.0979
AA	0.00843184	1	0.00843184	20.32	<b>0.0028</b>
AB	0.0009	1	0.0009	2.17	0.1843
AC	0.0004	1	0.0004	0.96	0.3589
BB	0.0163161	1	0.0163161	39.32	<b>0.0004</b>
BC	0.005625	1	0.005625	13.55	<b>0.0078</b>
CC	0.00437921	1	0.00437921	10.55	<b>0.0141</b>
Error total	0.002905	7	0.000415		
Total (corr.)	0.0743882	16			
R <sup>2</sup> = 96,0948					
R <sup>2</sup> ajustado = 91,0739					
Error estándar. Estim. = 0.0203715					
Estad. Durb.-Wats. = 1,05688 (P=0.0467)					

Nota. El resultado ANOVA, indica que 6 repercusiones poseen un valor-P < 0.05, evidenciando que es significativo diferente de cero con un nivel de confianza del 95.0%.

R-Cuadrado evidencia que el modelo, presenta 96.0948% de la variabilidad en rendimiento. R-cuadrada ajustada, es más pertinente para la comparación con diferente número de variables independientes, es 91.0739%. El error calculado evidencia que la desviación estándar de los residuos es 0.0203715. El error medio absoluto (MAE) de 0.0115882 es el valor promedio de los residuos.

**Figura 2**

Diagrama de Pareto estandarizada



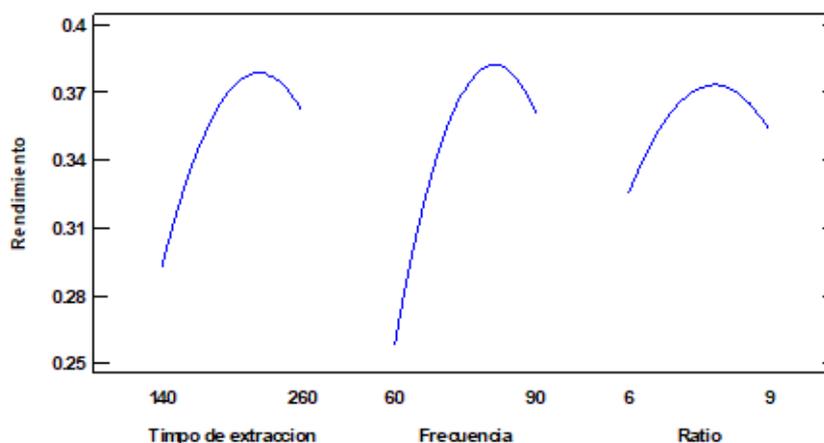
Nota. Diagrama de Pareto estandarizada para el rendimiento de aceite esencial de manzanilla con diferentes niveles de tiempo de extracción, potencia ultrasónica y relación solvente/muestra.

**La ecuación del modelo ajustado es:**

$$\text{Rendimiento} = -2.07522 + 0.00597222 * \text{Tiempo de extracción} + 0.03575 * \text{Frecuencia} + 0.0769444 * \text{Ratio} - 0.0000124306 * \text{Tiempo de extracción}^2 - 0.0000166667 * \text{Tiempo de extracción} * \text{Frecuencia} + 0.000111111 * \text{Tiempo de extracción} * \text{Ratio} - 0.000276667 * \text{Frecuencia}^2 + 0.00166667 * \text{Frecuencia} * \text{Ratio} - 0.0143333 * \text{Ratio}^2 \quad (1)$$

**Figura 3**

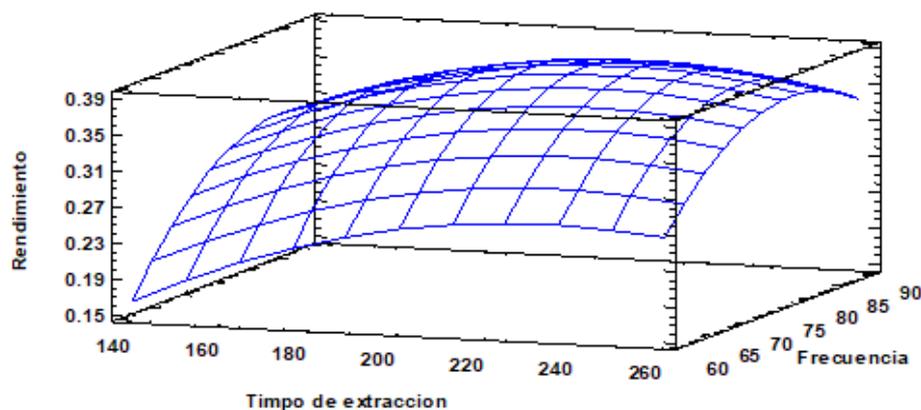
Evaluación de los parámetros de extracción



Nota. Evaluación de los efectos principales del tiempo de extracción, potencia ultrasónica y relación solvente/muestra sobre el rendimiento de aceite esencial de manzanilla.

**Figura 4**

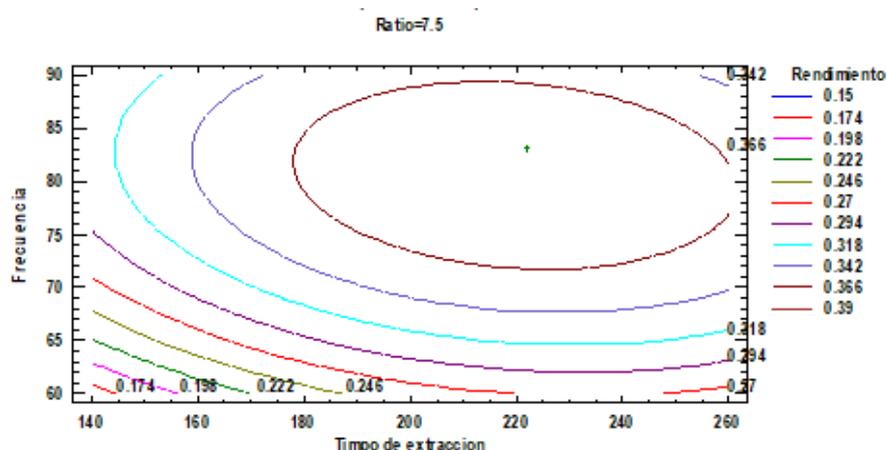
*Método Superficie Respuesta*



Nota. Superficie respuesta evidenciando efectos de los niveles de tiempo de extracción, potencia ultrasónica y relación solvente/muestra sobre el rendimiento de aceite esencial.

**Figura 5**

*Contornos de la superficie respuesta estimada en la investigación*



Nota. Los datos despliegan la dirección de máximo ascensos.

El trayecto desde el centro de la región experimental, demuestra que 6 puntos cambian si incrementamos el tiempo en 1 minuto.

**Tabla 3**

*Optimización-deseabilidad*

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Tiempo de extracción	140.0	260.0	221.914
Frecuencia	60.0	90.0	83.1641
Ratio	6.0	9.0	8.37935

**Tabla 4**

*Respuesta óptima del rendimiento de aceite esencial*

Respuesta	Óptimo
Rendimiento %	0.396

La respuesta óptima del rendimiento de aceite esencial para manzanilla fue de 0.396.

Según Ordoñez-Santos et al., (2019), tecnológicamente la extracción asistida por ultrasonido (UAE) se usa para extraer carotenoides y la metodología de superficie de respuesta (RSM) para la optimización de los parámetros de extracción. Se pueden tomar como parámetros de extracción el tiempo de extracción, temperatura y relación sólido-solvente.

Según Abdoul-latif et al., (2021) en Khenifra – Marruecos, la extracción del aceite esencial de manzanilla representa un rendimiento medio de 0,44% aproximado a lo que se obtuvo en la investigación 0.396% con la optimización por ultrasonido.

El modelo óptimo de superficie de respuesta para el rendimiento del aceite esencial por ultrasonido es:  $\text{Rendimiento} = -2.07522 + 0.00597222 * \text{Tiempo de extracción} + 0.03575 * \text{Frecuencia} + 0.0769444 * \text{Ratio} - 0.0000124306 * \text{Tiempo de extracción}^2 - 0.0000166667 * \text{Tiempo de extracción} * \text{Frecuencia} + 0.000111111 * \text{Tiempo de extracción} * \text{Ratio} - 0.000276667 * \text{Frecuencia}^2 + 0.00166667 * \text{Frecuencia} * \text{Ratio} - 0.0143333 * \text{Ratio}^2$ , hallar el modelo permite optimizar el tiempo, la potencia ultrasónica y la relación solvente/ muestra. En las investigaciones realizadas por Torres-Valenzuela et al., (2020) al igual que Rojas et al., (2019) se realizó la extracción de aceite empleando un tiempo de 40 minutos, Tobón Arroyave, (2015) logra un buen rendimiento aplicando una frecuencia de 45,54 Khz y con 47,5092 Khz logra resultados similares al presente estudio.

Tobón Arroyave, (2015) afirma que la aplicación del ultrasonido en la extracción incrementa ventajas a los convencionales, a esta idea la complementa Campo-Vera et al., (2018) indicando que las ventajas consisten en la disminución de tiempos y temperatura, mezclado efectivo, aumento de la transferencia de masa y energía, descenso de gradientes térmicos y de concentración, extracción selectiva, respuesta rápida al control de procesos, aumento de la tasa de producción, eliminación de microorganismos y enzimas sin destruir los nutrientes de los alimentos.

Los parámetros de optimización deseables son de 221.914 en tiempo de extracción, 83.1641 en frecuencia y 8.37935 en la ratio, estos parámetros permitirán superar los niveles de maceración como indica (X. Liu et al., 2019).

La respuesta óptima del rendimiento de aceite esencial obtenido por el método de superficie de respuesta llega a un rendimiento de 0.396 %, sin embargo esta cantidad es menor a los obtenidos en Marruecos 0.44% Abdoul-latif et al., (2021), pero mayor al sistema por arrastre de vapor que se realizó en los laboratorios de Tarma (0.04166%), esta tecnología permite no solo aplicarlo a la extracción de aceites esenciales que es el objetivo de este estudio si no que se puede extender a la extracción de carotenoides donde con solo 28 minutos rinde 151.50 mg/100 g de cáscara seca superando a la maceración por 33%, este caso es similar pues se está superando a la tecnología de arrastre de vapor (0,04166 %) en más del 200 % (Ordoñez-Santos et al., 2019). Indudablemente los rendimientos de extracción dependen de la variedad de la materia prima, así como la ubicación de su cultivo y tiempo de recolección, así como otros factores (Tai et al., 2020).

## CONCLUSIONES

Se determinó la eficacia a través del rendimiento de extracción de aceites esenciales de la manzanilla utilizando metodología superficie respuesta para la optimización de ultrasonido, obteniendo un 0.396 % de rendimiento, resultando significativamente eficiente. También se logró determinar el modelo óptimo de superficie de respuesta para la extracción de aceite esencial por ultrasonido, siendo igual a ( $\text{Rendimiento} = -2.07522 + 0.00597222 * \text{Tiempo de extracción} + 0.03575 * \text{Frecuencia} + 0.0769444 * \text{Ratio} - 0.0000124306 * \text{Tiempo de extracción}^2 - 0.0000166667 * \text{Tiempo de extracción} * \text{Frecuencia} + 0.000111111 * \text{Tiempo de extracción} * \text{Ratio} - 0.000276667 * \text{Frecuencia}^2 + 0.00166667 * \text{Frecuencia} * \text{Ratio} - 0.0143333 * \text{Ratio}^2$ ).

Los parámetros de optimización deseables son de 221,914 en Tiempo de extracción, 83,1641 en frecuencia y 8,37935 en la ratio.

## REFERENCIAS

- Abdoul-latif, F., Ainane, A., Oumaskour, K., Boujaber, N., Mohamed, J., & Tarik, A. (2021). CHEMICAL COMPOSITION AND ANTIMICROBIAL ACTIVITY OF THE ESSENTIAL OIL OF CHAMAEMELUM NOBILE (L.) ALL. *Pharmacologyonline*, 2, 449-457.
- Alexandru, L., Cravotto, G., Giordana, L., Binello, A., & Chemat, F. (2013). Ultrasound-assisted extraction of clove buds using batch- and flow-reactors: A comparative study on a pilot scale. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 20, 167-172. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2013.07.011>
- Barauskienė, R., Venskutonis, P. R., & Ragažinskienė, O. (2022). Valorisation of Roman chamomile (*Chamaemelum nobile* L.) herb by comprehensive evaluation of hydrodistilled aroma and residual non-volatile fractions. *Food Research International*, 160, 111715. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111715>
- Bokelmann, J. M. (2022). 35 - Chamomile, German (*Matricaria recutita*/chamomilla) and Chamomile, Roman (*Chamaemelum nobile*): Flower. En J. M. Bokelmann (Ed.), *Medicinal Herbs in Primary Care* (pp. 269-277). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-84676-9.00035-0>
- Campo-Vera, Y., Gélvez-Ordoñez, V. M., Ayala-Aponte, A., Campo-Vera, Y., Gélvez-Ordoñez, V. M., & Ayala-Aponte, A. (2018). ULTRASONIDO EN EL PROCESAMIENTO (HOMOGENIZACIÓN, EXTRACCIÓN Y SECADO) DE ALIMENTOS. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 16(1), 102-113. <https://doi.org/10.18684/bsaa.v16n1.628>
- Dash, D. R., Pathak, S. S., & Pradhan, R. C. (2021). Extraction of oil from *Terminalia chebula* kernel by using ultrasound technology: Influence of process parameters on extraction kinetics. *Industrial Crops and Products*, 171, 113893. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113893>
- Farhoudi, R., & Lee, D.-J. (2017). P 021—Chemical constituents and antioxidant properties of *Matricaria recutita* and *Chamaemelum nobile* essential oil growing in south west of Iran. *Free Radical Biology and Medicine*, 108, S24. <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2017.04.106>

- antifungal activity of flower extracts of *Urtica dioica*, *Chamaemelum nobile* and *Salvia officinalis*: Effects of Zn[OH]<sub>2</sub> nanoparticles and Hp-2-minh on their property. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 32, 353-359. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2015.09.007>
- Guan, W., Li, S., Yan, R., Tang, S., & Quan, C. (2007). Comparison of essential oils of clove buds extracted with supercritical carbon dioxide and other three traditional extraction methods. *Food Chemistry*, 101(4), 1558-1564. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.04.009>
- Guimarães, R., Barros, L., Dueñas, M., Calhella, R. C., Carvalho, A. M., Santos-Buelga, C., Queiroz, M. J. R. P., & Ferreira, I. C. F. R. (2013). Nutrients, phytochemicals and bioactivity of wild Roman chamomile: A comparison between the herb and its preparations. *Food Chemistry*, 136(2), 718-725. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.08.025>
- Kant, R., & Kumar, A. (2022). Review on essential oil extraction from aromatic and medicinal plants: Techniques, performance and economic analysis. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 30, 100829. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2022.100829>
- Kimbaris, A. C., Siatis, N. G., Daferera, D. J., Tarantilis, P. A., Pappas, C. S., & Polissiou, M. G. (2006). Comparison of distillation and ultrasound-assisted extraction methods for the isolation of sensitive aroma compounds from garlic (*Allium sativum*). *Ultrasonics Sonochemistry*, 13(1), 54-60. <https://doi.org/10.1016/j.ultrasonch.2004.12.003>
- Liu, X., Wang, X., Chen, Z., Ye, J., Liao, Y., Zhang, W., Chang, J., & Xu, F. (2019). De novo assembly and comparative transcriptome analysis: Novel insights into terpenoid biosynthesis in *Chamaemelum nobile* L. *Plant Cell Reports*, 38(1), 101-116. <https://doi.org/10.1007/s00299-018-2352-z>
- Liu, Z., Li, H., Cui, G., Wei, M., Zou, Z., & Ni, H. (2021). Efficient extraction of essential oil from *Cinnamomum burmannii* leaves using enzymolysis pretreatment and followed by microwave-assisted method. *LWT*, 147, 111497. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111497>
- Ordoñez-Santos, L. E., Martínez-Girón, J., Rodríguez-Rodríguez, D. X., Ordoñez-Santos, L. E., Martínez-Girón, J., & Rodríguez-Rodríguez, D. X. (2019). Extraction of total carotenoids from peach palm fruit (*Bactris gasipaes*) peel by means of ultrasound application and vegetable oil. *DYNA*, 86(209), 91-96. <https://doi.org/10.15446/dyna.v85n207.74840>
- Rojas, T., Fuentes Campos, M. E., Contreras-López, E., Gómez, S., & Muñoz-Jáuregui, A. M. (2019). Extracción asistida por ultrasonido de compuestos fenólicos de la cáscara de *Sanky* (*Corryocactus brevistylus*). *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 85(2), 258-267.
- Roldán-Gutiérrez, J. M., Ruiz-Jiménez, J., & Luque de Castro, M. D. (2008). Ultrasound-assisted dynamic extraction of valuable compounds from aromatic plants and flowers as compared with steam distillation and superheated

ted liquid extraction. *Talanta*, 75(5), 1369-1375. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2008.01.057>

Tacherfiout, M., Kherbachi, S., Kheniche, M., Mattonai, M., Degano, I., Ribechini, E., & Khettal, B. (2022). HPLC-DAD and HPLC-ESI-MS-MS profiles of hydroalcoholic extracts of *Chamaemelum nobile* and *Mentha pulegium*, and study of their antihemolytic activity against AAPH-induced hemolysis. *South African Journal of Botany*, 150, 678-690. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2022.08.001>

Tai, Y., Ling, C., Wang, C., Wang, H., Su, L., Yang, L., Jiang, W., Yu, X., Zheng, L., Feng, Z., Liu, C., & Yuan, Y. (2020). Analysis of terpenoid biosynthesis pathways in German chamomile (*Matricaria recutita*) and Roman chamomile (*Chamaemelum nobile*) based on co-expression networks. *Genomics*, 112(2), 1055-1064. <https://doi.org/10.1016/j.ygeno.2019.10.023>

Tobón Arroyave, N. de la C. (2015). Extracción asistida por ultrasonido de compuestos fenólicos de la pulpa de café (*Coffea arabica* L.) variedad Castillo. <http://repository.unilasallista.edu.co/dspace//handle/10567/1800>

Torres-Valenzuela, L. S., Serna-Jiménez, J. A., Pinto, V., & Vargas, D. (2020). Evaluation of conditions of ultrasound assisted extraction of yellow pitahaya peel bioactive compounds. *Revista Lasallista de Investigación*, 17(1), 70-83. <https://doi.org/10.22507/rli.v17n1a6>