

## Extracción de aceite de amaranto utilizando la técnica Soxhlet y extracción asistida por Ultrasonido

### *Amaranth oil extraction using Soxhlet and assisted extraction of Ultrasound*

Araceli Zurita Santillán, Adriana Köller Claire, Rosa Zabalaga Dávila

CICEI, Universidad Católica Boliviana “San Pablo” regional Cochabamba  
Márquez s/n esq. Plaza Trigo

akoller.c@ucb.edu.bo

**Resumen:** La presente investigación analiza y compara los rendimientos de la extracción de aceite de amaranto por medio de la técnica Soxhlet y una extracción asistida por Ultrasonido. En un inicio se caracterizó el grano de amaranto cultivado en Bolivia para obtener una composición general del pseudocereal, donde el contenido de humedad, cenizas, grasas, proteínas y carbohidratos fue de 9,39%, 3,91%, 11,20%, 19,8% y 55,73%, respectivamente. Dentro de los resultados de las extracciones de aceite se obtuvo los rendimientos de 13,09%, 1,27%, 4,34% y 3,48% para Soxhlet, Ultrasonido, Soxhlet-Ultrasonido y Ultrasonido-Soxhlet, respectivamente. Finalmente, la caracterización del aceite de amaranto obtenido en las pruebas de extracción permite concluir que dicho aceite obtenido presenta una calidad aceptable.

**Palabras claves:** Aceite de amaranto, Soxhlet, extracción asistida por Ultrasonido, rendimiento, caracterización.

**Abstract:** The present investigation analyzes and compares the yields of the extraction of amaranth oil by means of Soxhlet extraction and assisted extraction of Ultrasound. First the amaranth grain grown in Bolivia was characterized and a general composition was obtained, where the moisture, ash, fat, protein and carbohydrate content were 9,39%, 3,91%, 11,20%, 19,8% and 55,73% respectively. Within the results of the oil extractions the yields obtained were 13,09%, 1,27%, 4,43% and 3,45% for Soxhlet, Ultrasound, Soxhlet-Ultrasound and Ultrasound-Soxhlet respectively. Finally, the characterization of the amaranth oil obtained in the extractions trials allows to conclude that the oil obtained presents an acceptable quality.

**Keywords:** amaranth oil, Soxhlet, assisted extraction of Ultrasound, performance, characterization.

## 1 Introducción

El amaranto es un pseudocereal con altos contenidos de proteínas, presenta lípidos de gran interés; por lo que se han realizado investigaciones sobre el aceite de amaranto y su composición (Algara Suarez et al., s/f).

El valor nutritivo de sus granos implica que además de su alto contenido proteico (15 a 17%), contiene un espectro amplio de aminoácidos y vitaminas. Entre los aminoácidos que presenta, el más importante es la lisina, que es uno de los más esenciales para la alimentación humana, así también como las vitaminas y minerales, entre las que destacan la vitamina E y B, magnesio, calcio y fósforo (Mapes Sánchez, 2015).

En Bolivia el amaranto (*Amaranthus caudatus*) es cultivado en los departamentos de La Paz, Potosí, Cochabamba, Chuquisaca y Tarija. La distribución geográfica de los cultivos de amaranto en el País es bastante reducida si se compara con los de quinua y cañahua.

El presente trabajo analiza y compara los rendimientos de las técnicas de extracción de aceite de amaranto cultivado en Bolivia, en base a dos de los métodos más utilizados en la bibliografía.

En Bolivia el aceite de amaranto está siendo desaprovechado, al ser uno de los países productores de amaranto, podría ser fabricante de muchos subproductos que traerían un gran impacto a la industria nacional.

La presente investigación concluye en un análisis comparativo de los rendimientos de la extracción de aceite de amaranto utilizando la técnica Soxhlet y extracción asistida por Ultrasonido, siendo la variedad utilizada *Amaranthus Caudatus*.

## 2 Metodología

Como primera etapa se procedió a la molienda del grano de amaranto, durante 38 s, para ello se utilizó un molino YB-2500A a 32.000 rev/min. Una vez molido y tamizado el grano se procedió a la caracterización del mismo, donde los parámetros fueron contenidos de Ceniza, Humedad, Grasa, Hidratos de Carbono y Proteínas Totales de acuerdo a las Normas Bolivianas del Instituto Boliviano de Normalización y Calidad (IBNORCA), Concluida la caracterización se procedió a la extracción del aceite de amaranto. Para las pruebas de extracción se utilizó el equipo de extracción Soxhlet y Ultrasonido.

En las pruebas de extracción por Soxhlet se emplearon 20 gramos de amaranto molido con 150 mL de éter de petróleo el cual fue utilizado como solvente, la extracción se realizó por 60 minutos a 45 °C, de la misma manera, se realizaron otras pruebas cambiando las condiciones de extracción, manipulando la manta calefactora

y controlando la temperatura con un termómetro infrarrojo, los parámetros fueron: 120 minutos a 45 °C, 180 minutos a 45 °C, 60 minutos a 55 °C, 120 minutos a 55 °C y 180 minutos a 55 °C.

En las pruebas de extracción por Ultrasonido, se trabajó con 50 gramos de amaranto molido con 100 mL de solvente y se llevó al equipo por tiempos de 60 y 90 minutos a temperaturas de 25 y 40 °C, respectivamente.

Las pruebas de extracción por combinación se realizaron bajo las condiciones anteriormente mencionadas; de modo que para la extracción Soxhlet-Ultrasonido se procedió primero con la extracción por Soxhlet seguida de la extracción por Ultrasonido y para la extracción por Ultrasonido-Soxhlet se inició con el tratamiento por Ultrasonido y luego se pasó a la extracción por Soxhlet.

Una vez extraído el aceite de amaranto se lo caracterizo con los siguientes parámetros, Índice de Refracción (NB 34003), Índice de Saponificación (NB 34005), Índice de Yodo y Densidad.

### 3 Resultados

La *caracterización del grano de amaranto* se realizó por pruebas en triplicado de acuerdo a las normas de IBNORCA, los resultados obtenidos se encuentran en la Tabla 1 de los cuales resalta el contenido elevado de grasa con un 11,20 %.

Tabla 1. Características físico-químicas del amaranto expresadas en promedio  $\pm$  desviación estándar`

Parámetro	Amaranto %
Humedad	9,39 $\pm$ 0,08
Ceniza	3,91 $\pm$ 0,04
Grasa	11,20 $\pm$ 0,42
Proteínas	19,80 $\pm$ 0,83
Carbohidratos	55,73 $\pm$ 1,29

De la Tabla 1 se observan los resultados de la caracterización de la materia prima, el grano de amaranto, donde se resalta su alto valor nutricional, pero sobre todo su alto contenido de grasa, ya que es el parámetro más importante al momento de realizar extracciones de aceite.

Previo a la *extracción por Soxhlet* se pesó la muestra de amaranto en el cartucho de papel filtro; una vez acabada la extracción del aceite, se procedió a la recuperación del solvente de la mezcla solvente-aceite para calcular los rendimientos de extracción.

Los aceites obtenidos de la extracción por Soxhlet presentaron un color cercano al amarillo ámbar, la Tabla 2, muestra los rendimientos de la extracción por Soxhlet.

Tabla 2. Rendimientos de la extracción por Soxhlet de aceite de amaranto

Prueba	Masa de aceite [g]	Volumen de aceite [mL]	Rendimiento %
1	1,84	2,30	9,17
2	2,25	2,80	11,25
3	2,61	3,30	12,93
4	2,43	2,90	12,12
5	2,84	3,40	14,17
6	3,79	4,40	18,91
Media		3,18	13,09

De la Tabla 2 se concluye que la media del rendimiento de las extracciones por Soxhlet oscila por el  $13\% \pm 3,31$ , este resultado se puede comparar con los resultados obtenidos en los estudios de Krulj et al., 2016 y Lyon & Becker, 1987 donde se obtuvo un rendimiento de 6,95 % con éter de petróleo (40-60 °C) y 6,69 % con hexano respectivamente. De este modo se observa que el rendimiento obtenido está influenciado por varios factores entre los cuales están la afinidad con el solvente de extracción, el tiempo de extracción y sobre todo por la variedad de amaranto usada.

Para la *extracción por Ultrasonido*, se pesó la muestra de amaranto molido y se mezcló con éter de petróleo como solvente, esta mezcla contenida en un vaso de precipitado tapado con papel aluminio se llevó a un baño de ultrasonido modelo DK-230HTD con frecuencia ultrasónica de 40 kHz y potencia ultrasónica de 120 W. Después del baño de ultrasonido se filtró el amaranto molido de la mezcla solvente-aceite, posterior a la filtración se recuperó el solvente de la mezcla solvente-aceite para obtener los rendimientos de extracción que se observan en la Tabla 3.

Tabla 3. Rendimiento de la extracción por Ultrasonido de aceite de amaranto

Prueba	Masa de aceite [g]	Volumen de aceite [mL]	Rendimiento %
1	0,24	0,5	0,49
2	0,40	0,6	0,80
3	0,61	0,9	1,21
4	1,29	1,6	2,58
Media		0,9	1,27

El color del aceite obtenido por Ultrasonido es muy similar a la tonalidad del aceite obtenido por Soxhlet, pero es más claro y brillante.

En la Tabla 3 se observó que la media de los rendimientos es  $1,27\% \pm 0,92$  por lo que es bastante menor frente al rendimiento de la extracción por Soxhlet.

Para la *Combinación de Soxhlet-Ultrasonido y Ultrasonido-Soxhlet* de ambos métodos, se realizó dos pruebas, en ambas combinaciones se volvió a utilizar la muestra de amaranto molido y ya extraído por Soxhlet (55 °C por 60 minutos) y Ultrasonido (40 °C por 60 minutos).

En las pruebas 1 y 2, *Soxhlet-Ultrasonido*, en cada extracción por Soxhlet se pesaron 50 g del amaranto molido de las extracciones con las condiciones de operación de 55 °C por 60 minutos, después de pesar los 50 g se procedió de la misma manera que se determinó antes. Para las pruebas 3 y 4, *Ultrasonido – Soxhlet* de los 50 g de la extracción por ultrasonido se pesaron 20 g para la extracción por Soxhlet y se procedió como se explica anteriormente usando una temperatura en la manta calefactora de 55 °C por un tiempo de extracción de 1,5 horas. Los rendimientos de las extracciones combinadas están en la Tabla 4.

Tabla 4. Rendimiento de la extracción por combinación

Prueba	Masa de aceite [g]	Volumen de aceite [mL]	Rendimiento %
1	3,1	3,7	4,43
2	2,98	3,5	4,25
Media		3,6	4,34
3	2,41	2,9	3,45
4	2,46	2	3,51
Media		2,45	3,48

El color de las pruebas 1 y 2 es de un amarillo-dorado más claro a diferencia del color de las pruebas 3 y 4 que es más oscuro, la diferencia de tonalidad en los aceites puede deberse a la combinación de las técnicas de extracción.

Si bien la extracción del aceite de amaranto por el método Soxhlet presentó mejores rendimientos frente a los otros métodos usados en esta investigación, sigue siendo un rendimiento bastante bajo. Como se mencionó antes el rendimiento está ligado a muchos factores, entre ellos están la temperatura de extracción, el tiempo de extracción y la inclinación por un solvente sobre otro. La Figura 1 muestra la comparación de los rendimientos de las tres técnicas de extracción de acuerdo a un análisis ANOVA de los rendimientos.

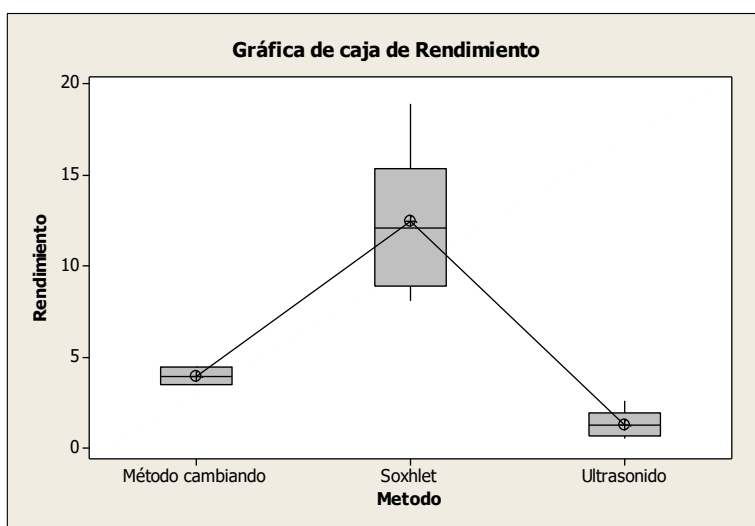


Figura 1: Comparación de los rendimientos de las tres técnicas de extracción

Con la Figura 1 se observa que por mucho el rendimiento por las extracciones Soxhlet es mejor frente a los otros métodos de extracción utilizados, este resultado es de esperarse ya que hasta el momento las extracciones por Soxhlet siguen siendo la técnica que presentan mejores resultados en la bibliografía.

Si bien se esperaban mejores resultados para el método por Ultrasonido ya que se consideraron los resultados de otras investigaciones sobre extracciones de aceite de otras semillas oleaginosas, pero se confirmó que para la extracción del aceite de amaranto no es de los mejores métodos de extracción de aceite.

El cálculo del índice *de yodo* se realizó con una solución de Hanus, las cuales están normadas, la Tabla 5 muestra los volúmenes de titulaciones, los pesos de las muestras de aceite y el índice de yodo calculado de los aceites obtenidos en las cuatro extracciones realizadas.

Tabla 5. Índice de yodo de aceite de amaranto

Muestra	Peso de aceite [g]	Volumen de titulación [mL]	Índice de Yodo [g/g]
Soxhlet	0,26	22,6	112,93
Ultrasonido	0,26	22,6	114,36
Soxhlet-Ultrasonido	0,27	22,6	112,46
Ultrasonido-Soxhlet	0,26	22,5	117,54
Blanco	-	25	-

La determinación del *índice de saponificación* se obtuvo pesando las muestras de aceite obtenidas, como se pudo ver en las Tablas 3 y 4 el contenido de aceite por la extracción de Ultrasonido y la combinación de las técnicas es reducida por lo que se tuvo que optar por disminuir el peso de la muestra que se usaría en la determinación del índice. Los resultados de los índices se encuentran en la Tabla 6, donde también se muestran los volúmenes de las valoraciones y los pesos de las muestras de aceite de amaranto.

Tabla 6. Índice de saponificación de aceite de amaranto.

Muestra	Peso de aceite [g]	Volumen de titulación [mL]	Índice de Saponificación [mg KOH/g]
Soxhlet	2,07	20,5	149,64
Ultrasonido	1,00	12,7	155,70
Soxhlet – Ultrasonido	2,01	20,9	149,35
Ultrasonido – Soxhlet	1,01	13,1	144,26
Blanco 1	-	32,8	-
Blanco 2	-	18,9	-

Como se mencionó, el peso de las muestras de aceites no fue el mismo para todas las muestras, lo que significó que el uso de los reactivos para la determinación del índice de saponificación también se modificó de acuerdo al peso del aceite. Por lo que se tuvo que realizar dos muestras distintas de blanco, donde el “Blanco 1” se utilizó en los cálculos para los índices de las muestras de aceites de Soxhlet y Ultrasonido – Soxhlet y el “Blanco 2” se utilizó para los índices de las muestras restantes.

Para el *índice de refracción*, se utilizó un refractómetro de la marca JHOMASAJA y modelo BRIX 0-90%, para las mediciones se procedió a limpiar el prisma del refractómetro con agua destilada para disminuir el error al momento de realizar la medición. Después se procedió a depositar en el prisma del refractómetro de 2 a 3 gotas de los aceites obtenidos en laboratorio, se tapó el prisma con la tapa para la luz solar del refractómetro y se ubicó frente a una ventana para realizar la medición. Los datos obtenidos por el refractómetro se midieron en grados Brix (Brix<sup>o</sup>) los cuales fueron convertidos a números de refracción por medio del Manual de PCE-Oe (PCE Iberica, s/f).

En la bibliografía se encuentra que el *índice de refracción* para el aceite de amaranto fue de 1,4676 de acuerdo al trabajo de Calderón Vásquez, 2017, comparando con los

resultados obtenidos en promedio el índice de refracción para los aceites obtenidos fue de  $1,472 \pm 0,001$ .

La *densidad* es otro parámetro que se calculó para los aceites obtenidos en laboratorio, para el cálculo se procedió a pesar el aceite en tubos de ensayo y a medir el volumen de cada aceite con una pipeta, el promedio de las *densidades* de los aceites de amaranto extraídos fue  $0,80 \pm 0,06$  y se comparan los resultados del cálculo de la densidad de los aceites obtenidos con los resultados de la investigación de González Montes, 2012, que fueron de  $0,8476 \pm 0,00212$ ; se puede ver que el resultado obtenido es bastante cercano y uno de los factores que pudieron afectar al resultado fue la separación del solvente del aceite extraído, ya que al todavía haber solvente mezclado con el aceite varía el peso y el volumen de cada muestra.

#### 4 Conclusiones

La caracterización del grano de amaranto mostró resultados aceptables de acuerdo a la bibliografía, así es que los resultados obtenidos para el contenido de humedad  $9,39\% \pm 0,08$ , ceniza  $3,91\% \pm 0,04$ , proteínas  $19,80\% \pm 0,83$  y grasa de  $11,20\% \pm 0,42$ . El contenido de grasa al ser comparado con los resultados de otras investigaciones, parece un porcentaje elevado de contenido de grasa para el grano de amaranto, pero dentro de un margen aceptable.

Para la extracción por Soxhlet se obtuvo una media del rendimiento de  $13,09\% \pm 3,31$ , tomando en cuenta que las extracciones se realizaron con éter de petróleo como solvente y que la bibliografía hace referencias a extracciones por el mismo método y con el mismo solvente se vio que el rendimiento obtenido es elevado.

En la extracción por Ultrasonido se pudo evidenciar que los rendimientos eran menores al  $1,5\%$  ya que la media de los rendimientos fue de  $1,27\% \pm 0,92$ , comparando con la media del rendimiento para la extracción por Soxhlet es muy bajo lo cual nos llevó a plantearnos que la metodología usada no era la adecuada para la extracción de aceite de amaranto y que los parámetros de extracción deben cambiarse.

Los rendimientos para las extracciones por la combinación de los métodos fueron bajos,  $4,43\%$  y  $3,45\%$  para Soxhlet-Ultrasonido y Ultrasonido-Soxhlet respectivamente, lo que nos lleva a confirmar que la combinación de los métodos presenta rendimientos mejores que la extracción por Ultrasonido, pero más bajos que por la extracción por Soxhlet.

Por lo tanto, el porcentaje de los rendimientos de las extracciones por Soxhlet, Ultrasonido, Soxhlet-Ultrasonido y Ultrasonido-Soxhlet, se vio afectado por algunas variables; las que más influían fueron los tiempos y temperaturas de extracción.



En cuanto a la caracterización del aceite de amaranto los resultados obtenidos para los análisis físicoquímicos desarrollados fueron comparados con los establecidos por la bibliografía. Así es que para el Índice de Yodo se obtuvo una media de  $114,32 \pm 2,29$ ; para el Índice de Saponificación la media fue de  $149,73 \pm 4,68$  [mg KOH/g]; en el Índice de Refracción se obtuvo una media de  $1,472 \pm 0,001$  y finalmente la densidad que se obtuvo fue de  $0,80 \pm 0,06$  [g/mL]. Con cada uno de los análisis realizados confirmamos la calidad del aceite extraído.

Finalmente, con los resultados obtenidos en la investigación se pudo realizar un análisis comparativo de los rendimientos de las extracciones de aceite de amaranto, donde se pudo ver que el mejor rendimiento que se obtuvo fue por el método Soxhlet seguido por la combinación de los métodos y por último el método de extracción por Ultrasonido.

## Referencias bibliográficas

- [1] Algara Suarez, P., Gallegos Martínez, J., & Reyes Hernández, J. (s/f). *El amaranto es una planta que ha sido cultivada en nuestro país*. Recuperado el 25 de marzo de 2020.
- [2] Calderón Vásquez, S. (2017). Estudio físicoquímico del grano de amaranto variedad Oscar Blanco para su aprovechamiento con fines industriales. Universidad Mayor de San Andrés Facultad Técnica Carrera de Ingeniería Química Industrial.
- [3] González Montes, C. (2012). Evaluación físicoquímica y capacidad antioxidante del aceite de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*) y estabilidad oxidativa de diferentes sistemas de encapsulación. 109.
- [4] IBNORCA. (2011). CATALOGO DE NORMAS BOLIVIANAS IBNORCA 2011.pdf.
- [5] Krulj, J., Brlek, T., Pezo, L., Brkljača, J., Popović, S., Zeković, Z., & Bodroža Solarov, M. (2016). Extraction methods of *Amaranthus* sp. Grain oil isolation: Extraction methods of *Amaranthus* sp. Grain oil isolation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(10), 3552–3558.
- [6] Lyon, C. K., & Becker, R. (1987). Extraction and refining of oil from amaranth seed. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 64(2), 233–236.
- [7] Mapes, E. C. (2015). El Amaranto. *Academia Mexicana de Ciencias*, 66(3), 8-16. <https://revistaciencia.amc.edu.mx/index.php/vol-66-numero-3/604-el-amaranto>

- [8] PCE Ibérica. (s/f). Manual PCE-Oe. <https://www.pce-iberica.es/manuales/manual-pce-oe.pdf>