

Extraction of cannabidoil (CBD) oil using supercritical CO₂

Extracción de aceite de cannabidiol (CBD) mediante CO₂ supercrítico

Álvarez Mojica Nayeli Montserrat¹

¹Universidad de Guanajuato

nm.alvarezmojica@ugto.mx¹

Arévalo Cisneros Valeria Alejandra²

²Universidad de Guanajuato

va.arevalocisneros@ugto.mx²

Contreras Cervantes José Manuel³

³Universidad de Guanajuato

jm.contrerascervantes@ugto.mx³

Mendoza Villagomez Jesus Fernando⁴

⁴Universidad de Guanajuato

jf.mendezavillagomez@ugto.mx⁴

López Barrios Obet Felipe⁵

⁵TecNM Campus de la Región Sierra

obet.barrios058@gmail.com⁵

Ocampo Hernández Stephanie⁶

⁶TecNM Campus de la Región Sierra

tefyocampo21@gmail.com⁶

Resumen

Tradicionalmente, los métodos de preparación del aceite de cannabis son relativamente simples, aunque tardados y no requieren instrumentos especializados. Sin embargo, no son inocuos porque utilizan alcoholes como disolvente. Por esta razón, las personas que tienen acceso al cannabis pueden prepararlo en casa ellos mismos. Hasta el momento, los sistemas de extracción de aceite de cannabis presentan algunas desventajas tales como: diseños complejos que hacen difícil su fabricación y que su mantenimiento sea complicado y costoso [1]. Por lo que en el presente escrito se planea exponer el diseño conceptual de un sistema de extracción mediante el uso de CO₂ supercrítico, ya que se presenta un dispositivo de fácil fabricación, mantenimiento eficaz, flexible, y de bajo costo. El elemento más importante de un sistema de alta presión es el cálculo de la junta, la cual proporciona que la cámara de extracción se encuentre aislada del medio ambiente y sea capaz de soportar presiones por arriba de 1200 psig. Para cada junta, se cuenta con un límite de aplastamiento, si se sobrepasa este límite existe una deformación excesiva y la junta pierde sus características de sellabilidad. Para la junta de este sistema, la fuerza de aplastamiento máxima es $Wg_{max} = 55951$ lbf, por lo que en el cálculo del torque se toma un valor intermedio de 25000 lbf = 111205.54 N. El sistema presentado soluciona adecuadamente la extracción de aceite de cannabidiol empleando CO₂ supercrítico. Además, utiliza materiales y accesorios comerciales lo que lo hace compacto, económico, de fácil fabricación, operación y mantenimiento.

Palabras clave: CO₂ supercrítico, cannabis, cannabidiol, cámara de extracción.

Abstract

Traditionally, the methods of preparing cannabis oil are relatively simple, although time-consuming and do not require specialized instruments. However, they are not harmless because they use alcohols as a solvent. For this reason, people who have access to cannabis can prepare it at home. So far, cannabis oil extraction systems have some disadvantages such as: complex designs that make their manufacture difficult and their maintenance complicated and expensive [1]. The supercritical fluid extraction is the most effective and efficient way to extract valuable constituent in botanicals [1]. Therefore, the present paper is intended to expose the conceptual design of an extraction system using supercritical CO₂, as it represents a device of easy manufacture, efficient, flexible, and low-cost maintenance. The Ideal Gas Equation is explored to predict the operating condition [1]. The most important element of a high-pressure

system is the calculation of the Polytetrafluoroethylene(PTFE)-seal, which provides that the extraction chamber is isolated from the environment and able to withstand pressures above 1200 psig. For each PTFE-seal, there is a crushing limit, if this limit is exceeded there is excessive deformation, and the PTFE-seal loses its seal ability characteristics. For the PTFE-seal of this system, the maximum crushing force is $W_{g_{max}} = 55951 \text{ lbf}$, for what in the calculation of torque is taken an intermediate value of $25000 \text{ lbf} = 111205.54 \text{ N}$. The system presented adequately solves cannabidiol oil extraction using CO₂ supercritical. In addition, it uses commercial materials and accessories making it compact, economical, easy to manufacture, operation and maintenance.

Keywords: Supercritical CO₂, cannabis, cannabidiol, extraction system.

Introducción

Tradicionalmente, los métodos de preparación del aceite de cannabis son relativamente simples, aunque a veces tardados, y no requieren instrumentos especiales. Sin embargo, no son inocuos porque utilizan alcoholes como disolvente. Por esta razón, las personas que tienen acceso al cannabis pueden prepararlo en casa ellos mismos. Es importante mencionar que ninguno de los métodos de producción del aceite de cannabis ha sido validado por la literatura publicada y tampoco se han presentado informes sobre la composición química de estos productos. Los efectos positivos del aceite de cannabis están basados casi exclusivamente en informes de casos de personas que lo han utilizado.

Por lo que es importante el sistema de extracción de aceite de cannabis. Hasta el momento, los sistemas de extracción de aceite de cannabis presentan algunas desventajas tales como: diseños complejos que hacen difícil su fabricación y que su mantenimiento sea complicado y costoso [1]. Por tanto, se propone un dispositivo compacto, capaz de obtener aceite de la misma calidad que el obtenido con equipos comerciales. Con las ventajas de fácil de fabricación, mantenimiento eficaz, flexible, y de bajo costo y que además puede ser empleado por cualquier persona y que emplea elementos comerciales económicos y de fácil disponibilidad. Por lo que en el presente escrito se planea exponer el diseño conceptual de un sistema de extracción mediante el uso de CO₂ supercrítico.

Metodología

El elemento más importante de un sistema de alta presión es su cálculo de la junta, la cual proporciona que la cámara de extracción este aislada del medio ambiente y que soporte presiones por arriba de los 1200 psig. Por lo que, para el cálculo de la junta se tomó en cuenta lo descrito por Veiga (2015) [2]. El procedimiento de cálculo mostrado a continuación debe ser usado siempre en unidades de medida inglesas (sistema inglés).

Condición operacional

Para determinar la fuerza mínima se emplea la ecuación:

$$W_{m1} = (\pi G^2 P / 4) + (2 b \pi G m P) \quad (1)$$

Esta ecuación establece que la fuerza mínima de los pernos necesaria para mantener la sellabilidad en las condiciones operacionales que son la suma de la fuerza de presión más una carga residual sobre la junta, que es igual a un factor "m" veces la presión interna. Es decir, esta ecuación establece que la fuerza mínima de los pernos debe ser tal que siempre exista una presión residual sobre la junta, mayor que la presión interna del fluido.

El valor de "m" es informado por el fabricante de la junta. Cuando no exista, el Código ASME sugiere valores genéricos del factor "m" para diversos tipos de juntas. El valor de G es el diámetro efectivo de la junta usado para calcular las fuerzas de reacción de la junta; P es la presión de operación; b corresponde al ancho efectivo de la junta.

Aplastamiento

Esta condición determina una fuerza mínima de aplastamiento de la junta sin tomar en cuenta la presión de trabajo. Esta fuerza se calcula por la fórmula:

$$W_{m2} = \pi b G y \quad (2)$$

donde "b" está definido como el ancho efectivo de la junta, y "y" es el valor de la presión mínima de aplastamiento, informado por el fabricante de la junta.

El valor de "b" se determina por:

$b = b_0$ cuando b_0 sea igual o menor que $\frac{1}{4}$ " o

$b = 0.5(b_0)^{0.5}$ cuando b_0 sea mayor que $\frac{1}{4}$ " o

Área de los pernos

La sección transversal mínima de los pernos para atender las condiciones operacionales de aplastamiento de la junta, A_m debe ser el mayor entre A_{m1} y A_{m2} .

$$A_{m1} = W_{m1} / S_b \quad (3)$$

$$A_{m2} = W_{m2} / S_a \quad (4)$$

Donde S_b es la tensión admisible de los pernos a temperatura de operación y S_a es la tensión admisible en los pernos a temperatura ambiente.

$$A_m \geq A_{m1},$$

si $A_{m2} > A_{m1}$ entonces $A_m = A_{m2}$

Fuerza mínima del proyecto

La fuerza mínima para el proyecto de la junta (W) son los valores obtenidos por la Ec. (1) y (2).

Para las condiciones operacionales:

$$W = W_{m1}$$

Para la colocación de la junta:

$$W = (A_m + A_b) S_a / 2 \quad (5)$$

Cálculo de los pernos

Los pernos deben ser dimensionados de manera tal que la suma de sus áreas A_b sea igual o mayor que A_m :

$$A_b \geq A_m \text{ dónde:}$$

$$A_b = (\text{número de pernos}) \times (\text{área resistiva del perno})$$

$$A_{m1} = W_{m1} / S_b$$

$$A_{m2} = W_{m2} / S_a$$

$$A_b = A_{m1}$$

$$\text{Si } A_{m2} > A_{m1} \text{ entonces } A_b = A_{m2}$$

Fuerza máxima de aplastamiento

Para cada junta, se cuenta con un límite de aplastamiento que, si sobrepasa, existe una deformación excesiva y, consecuentemente, la junta pierde sus características de sellabilidad.

La fuerza de aplastamiento máxima, $W_{g_{max}}$ se obtiene por la formula:

$$W_{g_{max}} = S_{g_{max}} A_g$$

donde

$S_{g_{max}}$ = tensión máxima de aplastamiento de la junta a temperatura ambiente

A_g = área de sellado de la junta o área de contacto de la junta con la brida. Se calcula con la formula:

$$A_g = (\pi/4) (D_e^2 - D_i^2)$$

donde

D_e = diámetro externo de contacto de la junta con la superficie de sellado de la brida.

D_i = diámetro interno de contacto de la junta con la superficie de sellado de brida.

La tensión de aplastamiento máxima de la junta en temperatura ambiente, $S_{g_{max}}$ se obtiene experimentalmente y varía con el material, dimensiones y forma de la junta.

Para calcular el torque de instalación de la junta primero debemos determinar los valores de las fuerzas de apriete y se divide entre el número de tornillos, obteniendo F_p . La fuerza de apriete debe ser mayor a la fuerza mínima de operación, pero menor o igual a la fuerza máxima de aplastamiento, por lo tanto:

$$T = k F_p d$$

Donde

231

T = torque aplicado

k = factor de apriete

F_p = fuerza en el bulón

d = diámetro del bulón

Considerando el valor $k = 0.20$ y el diámetro de los espárragos, tenemos:

$$T = 0.2 \times 20\,940 \times (1.125 \times 0.0254)$$

$$T = 120 \text{ kgf-m}$$

Éste es el valor a ser ajustado en el torquímetro.

Resultados

Para determinar la fuerza mínima de los pernos necesaria para mantener la sellabilidad en las condiciones operacionales tenemos:

$$G = 2.74 \text{ pulg}$$

$$P = 1200 \text{ psi [3]}$$

$$b = 0.128 \text{ pulg}$$

$$m = 4500 \text{ psi}$$

$$W_{m1} = (\pi)(2.74)^2(1200)/4 + (2)(0.128)\pi(2.74)(4500)(1200))$$

$$W_{m1} = 18192 \text{ libf}$$

Para determinar la fuerza mínima de aplastamiento tenemos:

$$b_o = 0.128 \text{ pulg}$$

$$y = 4500 \text{ psi}$$

$$W_{m2} = \pi b G y = \pi(0.128)(2.74)(4500) = 4598 \text{ Lbf}$$

Para determinar el área de los pernos y al ser la temperatura de operación muy cercana a la temperatura ambiente [3] se puede suponer que $S_a = S_b$, así que tenemos:

$$A_{m1} = W_{m1} / S_b = 18192 / (120000 \times 0.3) = 0.505 \text{ pul}^2$$

$$A_{m2} = W_{m2} / S_a = 4598 / (120000 \times 0.3) = 0.127 \text{ pulg}^2$$

Entonces, la sección transversal mínima de los pernos para atender las condiciones operacionales de aplastamiento de la junta,

$$A_m = 0.505 \text{ pul}^2$$

Para las condiciones operacionales, la fuerza mínima de la junta:

$$W = W_{m1} = 18192 \text{ lib}$$

Para la fuerza mínima de colocación de la junta tenemos:

Considerando un tornillo de 1/2"

$$A_b = 8 \text{ pernos} \times 0.1257 = 1.0056 \text{ pul}^2$$

$$W = (A_m + A_b) S_a / 2 = (0.505 + 1.0056) 120000 \times 0.3 / 2 = 9001 \text{ lbf}$$

Los pernos deben ser dimensionados de manera tal que la suma de sus áreas A_b sea igual o mayor que A_m , de tal forma que la selección de tornillos de 1/2" es adecuada.

Por otro lado, para la junta, la fuerza de aplastamiento máxima, $W_{g_{max}}$ se obtiene.:

$$W_{g_{max}} = S_{g_{max}} A_g = 25000 (\pi/4) (3^2 - 2.48^2) = 55951 \text{ Lbf}$$

si sobrepasa este valor la junta pierde sus características de sellabilidad, por lo que para el calculo de torque se toma un valor de 25000 lbf = 111205.54 N.

Para calcular el torque de instalación de la junta, y considerando el valor $k = 0.20$ y de los tornillos de 1/2" tenemos:

$$T = 0.2 \times 111205.54 \times (0.5 \times 0.0254) / 8$$

$$T = 35.3 \text{ N-m} = 26 \text{ lb-ft}$$

Éste es el valor del torque que deberá aplicarse a cada tornillo y debe ser ajustado en el torquímetro.

La Fig. 1 muestra el ensamble del diseño final del extractor de aceite de CBD mediante CO₂ supercrítico.

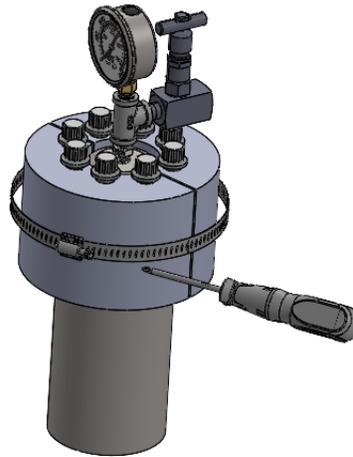


Figura. 1. Ensamble del sistema de extracción por CO₂ supercrítico.

El dispositivo para la extracción de aceite de cannabidiol está constituido de los siguientes elementos: Un cilindro de extracción (A) donde se coloca la flor de cáñamo en polvo, así como una masa de hielo seco, que al calentarse cerca de 40 °C alcanza una presión de 1200 psi; el cual es aislado del exterior mediante una tapa (K), la cual sella con el cilindro de extracción mediante una junta de teflón (C) que, mediante tornillos de presión (E) y un anillo de fijación (D) fijan la tapa (K). Para evitar dañar la tapa (K) se emplea un anillo de compresión (J). Para controlar la presión interior se emplea un manómetro (H) de hasta 2000 psig que, a través de una Tee (G) y un niple (F) se ensambla a la tapa (K). En otro extremo de la Tee (G) se coloca una válvula de aguja (I) para arrastrar el aceite obtenido. Los dos anillos de fijación (D) se ensamblan mediante una abrazadera (B).

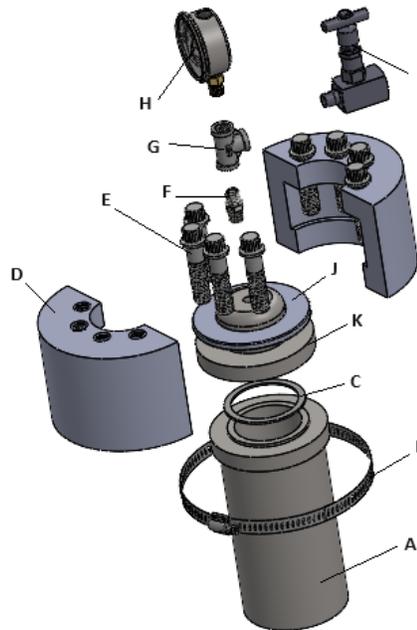


Figura. 2. Ensamble explosionado del sistema de extracción por CO₂ supercrítico.

Conclusiones

El sistema presentado soluciona adecuadamente la extracción de aceite de cannabidiol empleando CO₂ supercrítico. Además, utiliza materiales y accesorios comerciales lo que lo hace compacto, económico, de fácil fabricación, operación y mantenimiento. El dispositivo puede emplearse para la extracción de aceite de cannabis. Además, puede extender su aplicación en la extracción de aceite de plantas en general.

Referencias bibliográficas

[1] Kwartiningsih, E., Sediawan, W. B., Hidayat, M., & Yuliansyah, A. T. (2019, April). Design of supercritical fluid extractor using dry ice as a supercritical solvent. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2097, No. 1). AIP Publishing.

[2] VEIGA, J. C. (2015). Juntas Industriales. *Teadit Industria e Comércio*, 2ª Ed.

[3] White, M. T., Bianchi, G., Chai, L., Tassou, S. A., & Sayma, A. I. (2021). Review of supercritical CO₂ technologies and systems for power generation. *Applied Thermal Engineering*, 185, 116447.