



DISEÑO DE UNA PLANTA PILOTO PARA EXTRACCIÓN DE METABOLITOS NATURALES (ANTIOXIDANTES) A PARTIR DE TOMATE CHONTO

RESUMEN

En el presente trabajo se realizó una comparación a partir de la revisión teórica y una simulación en el programa súper pro designer, de dos métodos para la extracción de metabolitos, para el diseño de una planta piloto. Los métodos comparados fueron la extracción con disolventes orgánicos y la extracción por fluidos supercríticos. Según lo encontrado en el estado del arte para ambos métodos se decidió tomar como referente la extracción por fluidos supercríticos con CO₂ para la extracción de licopeno del tomate chonto en vista de las ventajas en el proceso respecto al método de extracción con solventes orgánico. Teóricamente se plantean extracciones del 85 % al 95 % de pureza dato de partida para la simulación realizada en el presente trabajo.

Según las simulaciones para los métodos

● Cristian Antonio Ocampo Trujillo, Centro para la Formación Cafetera, SENA, Km 10 vía al Magdalena, Manizales, Colombia, caotgm@gmail.com

● Diana Carolina Vargas Giraldo, Centro de Automatización Industrial, SENA, Km 10 vía al Magdalena, Manizales, Colombia, dicavagi@misena.edu.co

● Luis Ernesto Pérez Barrera, Departamento de Ingeniería, Universidad de Caldas, Calle 65 No. 26-10, Manizales, Colombia, leperez@ucaldas.edu.co

AUTORES

tratados, los tiempos de extracción utilizados fueron de 180 a 360 minutos. Con el método de fluidos supercríticos el tiempo puede disminuir a los 180 minutos pues se observa que se reduce drásticamente la cantidad de sustancia extraída. Definido el método de extracción del licopeno se realizó el análisis de factores que determinaron los criterios

para el diseño de la planta piloto, incluyendo los costos, planos y líneas de producción.

ABSTRACT

This work carried out a comparison from the theoretical review (state of the art) and a simulation in the program super pro designer, of two methods for the extraction of metabolites for the design of a pilot plant. The compared methods were the extraction with organic solvents and the extraction for supercritical fluids since they are applied to this type of extractions. According to the state of the art found by both methods, it was decided to take as a model the method of extraction by supercritical fluids with CO₂ for the extraction of lycopene of "chonto" tomato in view of the advantages in the process with regard to the method of extraction with organic solvents. Theoretically, it is suggested extractions of 85 % to 95 % of purity which is an input data for the simulation by means of the program carried out in the present work.

According to the simulations carried out by both methods treated, times of extraction used were 180 to 360 minutes. With the method of supercritical fluids, time can diminish near to 180 minutes since it is observed that it reduces drastically the quantity of extracted substance. When it is defined the method of extraction of the lycopene, it fulfilled the analysis of factors that determined the criteria for the design of the pilot plant, including the costs, planes, the lines of production.

Palabras clave: extracción, licopeno, antioxidante, metabolito, simulación,

supercríticos.

INTRODUCCIÓN

Los antioxidantes naturales han sido de interés por muchos años debido a su capacidad para retardar el desarrollo de sabores, olores, colores y reacciones desagradables en los alimentos, sin embargo, un aumento en el interés de estos componentes se ha producido en los últimos años debido a su importancia para la prevención de enfermedades mediadas por la reacciones de radicales libres in vivo (Wootton et al, 2011). Dentro de todas las investigaciones que se han realizado entorno al tema se observa que la mayor parte de los beneficios que ofrecen los antioxidantes se ven mejor representados en aquellos que son obtenidos de productos naturales, por esto se centra la atención en el tomate chonto, producto ampliamente cultivado en la región central de Colombia y que ha demostrado contener grandes cantidades de licopeno, un poderoso antioxidante (Duran et al, 1993).

Esta situación representa una oportunidad para las empresas de crear nuevas líneas de productos, con valor agregado y gran receptividad por parte de los consumidores (Araya. L.H, 2003), de este modo, se evidencia un nuevo campo de investigación en donde especialistas en nutrición y tecnología de alimentos trabajen activamente en formular nuevos productos que brinden las características que el consumidor está buscando (Morales, 2002). En este contexto, se han desarrollado estudios de nuevos métodos de obtención de aditivos que generen alimentos funcionales y que a

la vez sean de origen natural. Es así, como en el presente trabajo se propone el diseño de una planta piloto, en donde a partir de la extracción de metabolitos naturales como el licopeno, mediante métodos de extracción por solventes y extracción con fluidos supercríticos, se determina el mejor método de extracción utilizando una herramienta de simulación de procesos como el SuperPro Designer, que permite la estandarización del método, facilitando su análisis de sensibilidad frente a cambios de diversas variables, optimizándolo en cuanto a eficiencia, consumo de materias primas, tiempos de proceso, entre otros. Con los resultados obtenidos en la simulación y el análisis de los factores de diseño de plantas industriales y toda la revisión bibliográfica sobre el tema, se genera la propuesta de diseño de planta piloto para la extracción del licopeno, que cumpla con los requisitos de seguridad, funcionalidad y economía propios de este tipo de propuestas.

METODOLOGÍA

- Definición del metabolito a obtener a partir de tomate chonto según características y composición del producto.

Algunas sustancias antioxidantes como el licopeno que se sintetiza a partir de fuentes naturales exclusivamente por plantas y microorganismos, son responsables del pigmentos rojos que se encuentran en mayor proporción en el tomate y sus derivados, aproximadamente entre 80-90%, y en menor proporción en frutas tales

como: sandías, la guayaba rosa, la papaya, la toronja, entre otros. El licopeno es un pigmento vegetal, dentro de la familia de los carotenoides, soluble en grasas, que aporta el color característico a los tomates. Es una sustancia que no sintetiza el cuerpo humano, debiéndolo tomar en la alimentación como micronutriente (Villacañas, 2014). En la Tabla 1 se observa el contenido de licopeno en alimentos.

Tabla 1: Contenido de licopeno en alimentos.

Fuente	Contenido de licopeno (mg/100 g base húmeda)
Tomate fresco	0,72-20
Tomate, jugo	5,00-11,60
Tomate, salsa	6,20
Tomate, pasta	365
Tomate, sopa	7,99
Salsa cátsup	9,90-13,44
Salsa para pizza	12,71
Sandía	2,3-7,2
Guayaba rosa	5,23-5,50
Toronja	0,35-3,36
Papaya	0,11-5,3
Zanahoria	0,65-0,78
Calabaza	0,38-0,46

Fuente: (Waliszewski. K.N, 2010)

La estructura general del licopeno es un hidrocarburo alifático con 11 enlaces conjugados – doble enlaces carbono, que hacen que sea soluble en grasas, en lípidos y tenga color rojo, tal como se aprecia en la figura 1. Con estas particularidades, es susceptible a la degradación oxidativa, donde las elevadas temperaturas afectan a factores químicos y físicos como exposición a la luz, oxígeno, extremos de pH y superficies activadas, responsables de esta

(Lauro, 2000).

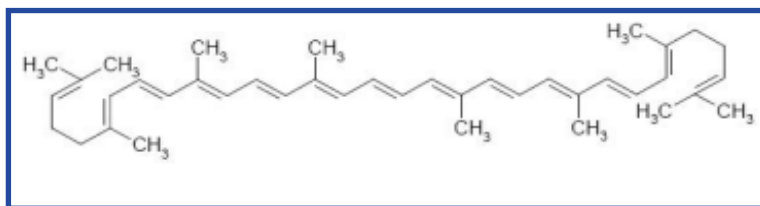


Figura 1: Estructura química del Lycopeno

- Determinación del proceso de extracción más adecuado según las características del producto a obtener.

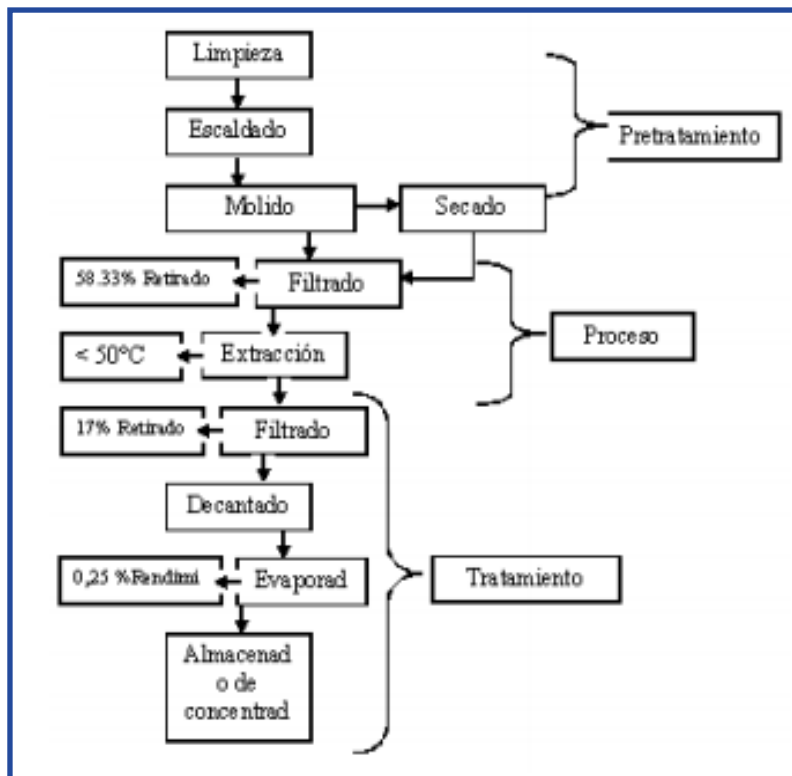
En el presente desarrollo se resalta un esquema del sistema de simulación de procesos industriales en los cuales se realizó una comparación de los dos métodos de extracción (solventes y fluidos supercríticos) aplicados al licopeno a partir del tomate chonto para determinar las ventajas y desventajas de cada uno de los procesos objeto de estudio.

Extracción con disolventes orgánicos, este proceso consiste en que el solvente orgánico ingrese al vegetal para disolver las sustancias deseadas, para luego ser evaporadas y concentradas a baja temperatura. Después se elimina el disolvente, para tener sólo la sustancia deseable. Por tanto, son preferibles las sustancias químicamente inertes, para que no reaccionen con los componentes de los aceites, así como no inflamables y económicas (Madrid, 2010). Por lo general, con este método las distintas extracciones se hacen a temperatura y presión ambiental, pero se sabe por estudios experimentales que cada solvente tiene una temperatura óptima para la extracción, en la cual es posible optimizar los resultados del

proceso y asegurar la calidad del producto obtenido. En lo que respecta a las sustancias utilizadas como solventes para la extracción, el éter de petróleo, es uno de los utilizados en la industria química, se evapora fácilmente, pero con el inconveniente que es inflamable. Otra sustancia utilizada como solvente, es el alcohol, tiene la ventaja de que es soluble en agua y se le emplea cuando se tienen componentes pesados y que por lo tanto tienden a sedimentarse. Otros solventes utilizados en procesos de extracción son: Etanol, metanol, isopropanol, hexano, ciclohexano, tolueno, xileno, ligroína, éter etílico, éter isopropílico, acetato de etilo, acetona, cloroformo. No obstante, muchos de estos solventes orgánicos son nocivos para la salud, motivo por el cual la FDA (Food and Drug Administration), los descalifica para ser utilizados en procesos alimentarios.

Según publicaciones relacionadas, el etanol tiene un comportamiento ideal en la extracción de estos compuestos respecto a otros solventes, por lo que se realizó una simulación en Superpro Designer del proceso de extracción del licopeno del tomate chonto utilizando etanol, y para ello el bache a tener en cuenta es de 48 kg por justificación de proceso, pues como se sabe el rendimiento en la extracción es menor a 1%. Para mayor comprensión del tema se ilustra este proceso mediante un flujograma en la figura 2, y un diagrama de extracción en la figura 3.

Figura 2: Flujograma de proceso extracción con solventes.

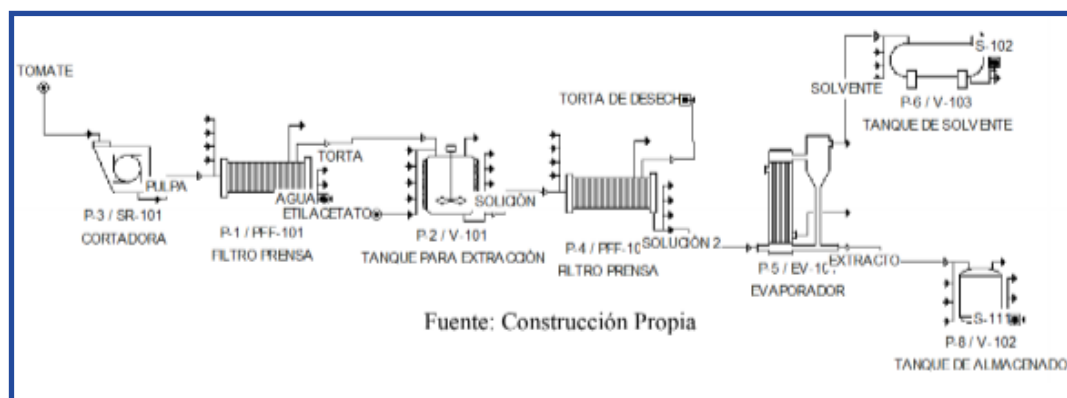


Fuente: Construcción Propia

Descripción del proceso:

Se inicia con tomate fresco, entero y maduro que será pre tratado en un molino de cuchillas y luego pasara por un filtro prensa para eliminar agua, luego pasa a la extracción, donde se trabajara con un volumen de solvente en relación 1:4 en esta parte del proceso la pulpa obtenida se mezclan con el solvente, según la relación masa/volumen determinada, bajo las condiciones de tiempo, temperatura y número de etapas. El proceso de extracción se lleva a cabo por lotes, en un tanque con calentamiento a vapor a 50°C, y con una capacidad que solo ocupe el 80 % de su volumen total, cuenta con un sistema de agitación que permite mantener en contacto continuo la pulpa con el solvente, y un condensador en la parte superior para evitar las pérdidas de solvente por evaporación, además, evitar la presurización del tanque.

Figura 3: Diagrama Extracción con Solventes (modelo simulado basico Superpro designer).



Fuente: Construcción Propia

Fuente: Construcción Propia

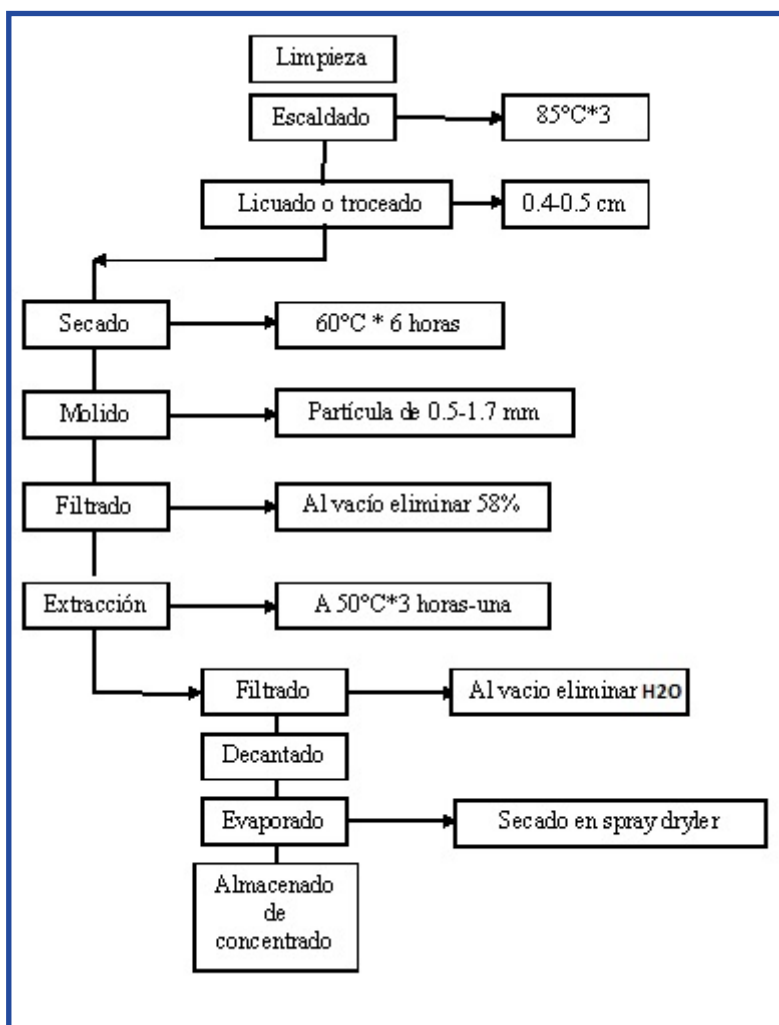
En el proceso de separación del extracto, la suspensión coloreada, después de transcurrido el tiempo de extracción que en promedio toma 180 a 360 minutos, pasa a un filtro prensa donde se separa la fase líquida de los residuos sólidos. La fase orgánica pasa a un tanque de evaporación que tiene sistema de agitación y calentamiento, para eliminar el solvente. Esta operación

se lleva acabo a 40°C y con vacío para evitar la descomposición del licopeno, bien sea por oxidación o por isomerización para obtener un rendimiento final de 0.25% que está afectado por presencia de trazas de solvente. El vapor producido pasa a un condensador y el solvente es recuperado y almacenado en un tanque con refrigeración.

Extracción con fluidos supercríticos, Cabe resaltar que la densidad en un fluido supercrítico no es lineal respecto a las variaciones de temperaturas y presiones sobre el punto crítico. En puntos cercanos al crítico, pequeñas variaciones de la presión a temperatura constante proporcionan grandes variaciones de la densidad. En cambio con presiones distantes de la presión crítica el aumento de la densidad no es tan notorio (Ruiz, 1996). En la actualidad, las aplicaciones de la extracción supercrítica son muy variadas estando presente en prácticamente todos los sectores industriales para mejorar algún proceso. Los campos de aplicación que tiene son los siguientes: el farmacéutico, el alimentario, la producción de energía, la obtención de aromas y otros productos naturales, la química orgánica y en general en todas aquellas industrias en las que exista algún proceso de extracción, precipitación o reacción química. La utilización del dióxido de carbono presenta muchas ventajas, las que sumadas a su bajo punto crítico ($T_c = 36,5\text{ °C}$ y $P_c = 7,17\text{ MPa}$), lo convierten en el disolvente ideal para usarlo en el proceso de extracción supercrítica, a pesar de tener limitaciones para extraer compuestos

polares. Una mayor comprensión del tema, se ilustra mediante el flujograma de la figura 4.

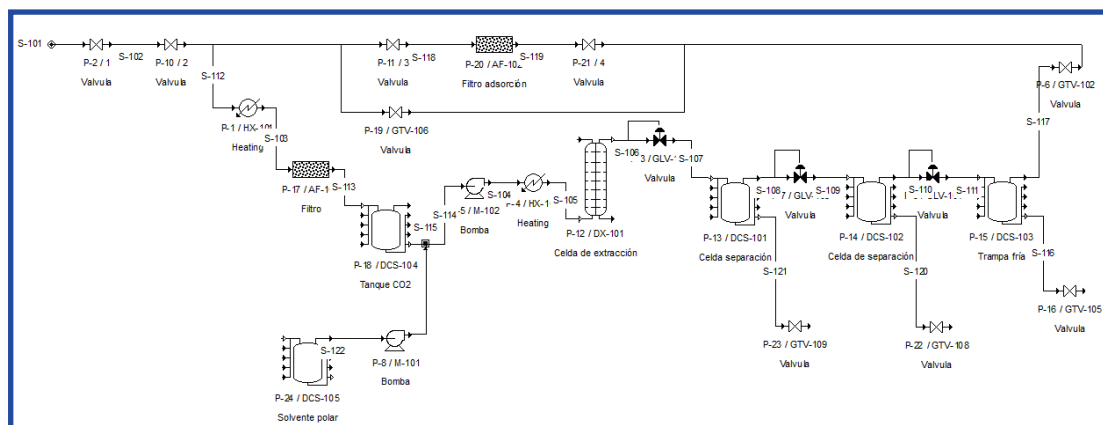
Figura 4: Flujograma Extracción con Fluidos Supercríticos



Fuente: Construcción Propia

Descripción del proceso: Se ha tomado como base la extracción de licopeno de tomate chonto para tener relación en los rendimientos de obtención de producto final, además de que la extracción se simuló con CO₂ súper crítico. El diagrama se muestra en la figura 5.

Figura 5: Diagrama Extracción con Fluidos Supercríticos (modelo simulado basico superpro designer)



reduce la solubilidad del extracto y permite su precipitación. En los otros separadores la solubilidad se reduce mediante la variación de la presión, para obtener un rendimiento de extracción de 0,03% con un aprovechamiento del cercano al 90% del licopeno disponible el cual es un muy buen rendimiento.

Fuente: Construcción Propia

Equipado con un extractor mantenido a una temperatura de 60-70°C, y tres separadores en serie. El dióxido de carbono, se presuriza hasta el nivel deseado con la bomba, luego fluye a través de una bobina de calentamiento antes de llegar a la cama de extracción, después fluye sucesivamente a los separadores, se enfría a temperatura ambiente 20-25°C, a continuación fluye al siguiente separador a través de una válvula con reducción de presión, 450 a 400 bar a 60-70°C, (Fernández., 2008) y una reducción de la densidad de CO₂ (Hamburger, 2004).

El precipitado se recoge en el siguiente separador luego fluye al siguiente separador a través de la segunda válvula con una reducción adicional de la presión hasta 30-40 bares, (Tita G, 2010) el soluto se recoge en el siguiente separador. El CO₂ que sale de los separadores es reciclado y pasa a través de un filtro y un condensador. Los separadores funcionan a valores de presión constante, la variación de la temperatura

Una vez comparadas los diferentes métodos de extracción se determina que el método más adecuado para la extracción del licopeno es el proceso de extracción por medio de fluidos supercríticos por razones como su mayor porcentaje de aprovechamiento del compuesto activo, más amigable con el ambiente, total recuperación del solvente utilizado, compuesto apto para el consumo humano, solvente no tóxico además de extracción de otros compuestos.

Procesos Productivos: Los procesos productivos que se llevaron a cabo son:

- Alistamiento de las materias primas.
- Extracción y obtención de metabolitos (antioxidantes).

Análisis Mecánico-Funcional: Para formular y diseñar un proceso que permita realizar la transformación de la materia prima, la extracción de los metabolitos de la misma y que además sea acorde con las posibilidades del mercado, del medio ambiente y de la comunidad se debieron llevar a cabo diferentes etapas:

Revisiones bibliográficas: Se visitaron bibliotecas locales, bibliotecas virtuales y se realizaron consultas de investigaciones relacionadas. Revisión de estudios de mercado, simulaciones de diferentes procesos. Ensayos y análisis mecánico-funcionales: En la planta de Proceso Agroindustriales y en el laboratorio de ciencias básicas (según procedimientos de la AOAC) del servicio nacional de aprendizaje SENA Regional Caldas.

El objetivo principal de un diseño y distribución en planta es encontrar un orden de las áreas de trabajo y de los equipos que haga más eficaz la producción en cuanto a costos, deberá ser también la más segura y agradable para los trabajadores de la empresa (Lopez, 2012). Este objetivo se logra mediante el análisis de los denominados factores del diseño, cuya síntesis se puede observar en la tabla 2.

FACTORES	DESCRIPCION
FACTOR MAQUINARIA	La información sobre la maquinaria (incluyendo la herramienta y el equipo), es fundamental para una ordenación apropiada de la misma.
FACTOR HOMBRE	Como factor de producción, el hombre es mucho más flexible que cualquier material o maquinaria. Se le puede trasladar, se puede dividir o repartir su trabajo, entrenarlo para nuevas operaciones y, generalmente, encajarle en cualquier distribución que sea apropiada para las operaciones deseadas.
FACTOR MOVIMIENTO	El movimiento es uno, al menos, de los tres elementos básicos de la producción (material, hombre y maquinaria) es esencial. Generalmente se trata del material (materia prima, material en proceso o productos acabados).
FACTOR EDIFICIO	El edificio es el caparazón que cubre a los operarios, materiales, maquinaria y actividades auxiliares debe ser una parte integrante en la distribución de plantas; este factor hace referencia al aspecto técnico-constructivo de la planta productora de panela en la cual se establece las condiciones en las que se encuentra y se denota los materiales de construcción.
FACTOR SERVICIO	Ataca tres campos: Servicio al personal, servicio a los materiales y servicio a la maquinaria y equipo.
FACTOR AMBIENTAL	Ningún método por sí sólo, puede ser usado para satisfacer la variedad y tipo de actividades que intervienen en un estudio de impacto, por lo tanto, el tema clave está en seleccionar adecuadamente los métodos más apropiados para las necesidades específicas de cada estudio de impacto.

Fuente: (Hopeman, 1992)

Diagrama de proximidad: Se trata de una matriz en forma diagonal en la que se enumeran todas las actividades del proceso. En ella se definen las relaciones de proximidad entre una actividad o área, con las otras que intervienen en los procesos, trayendo las siguientes evaluaciones de proximidad (Bernnan, 1998).

Tabla 2 factores participantes en el diseño

A: Absolutamente necesario

E: Especialmente importante

I: Importante

O: ordinario

U: Sin importancia

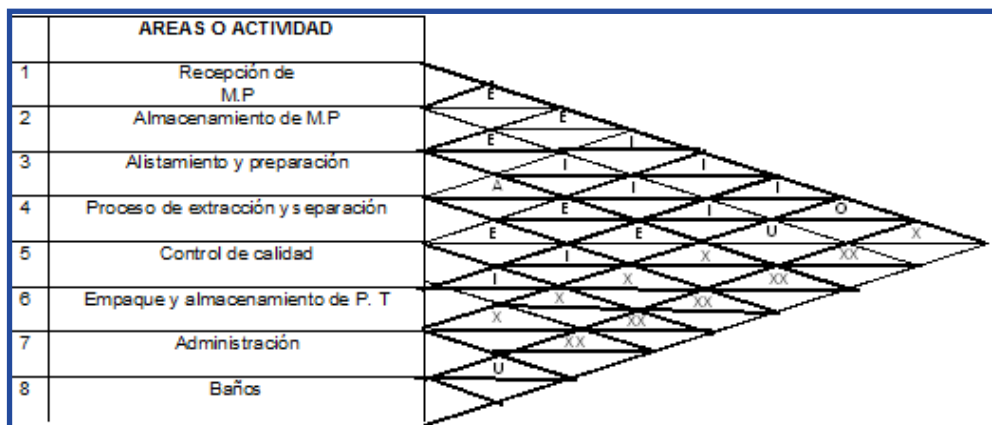
X: indeseable

XX: muy indeseable

FACTORES	DESCRIPCION
FACTOR MATERIAL	Está compuesto de los diferentes elementos que intervienen en un proceso productivo como las materias primas, materiales y accesorios, materiales de empaque embalaje, limpieza, desinfección, mantenimiento y lubricación, hombres, equipos, almacenamiento, utillaje y sistema de seguridad industrial.

Figura 6 diagrama de proximidad

XX: XXXXXXXXXXXXX: doble zig-zag

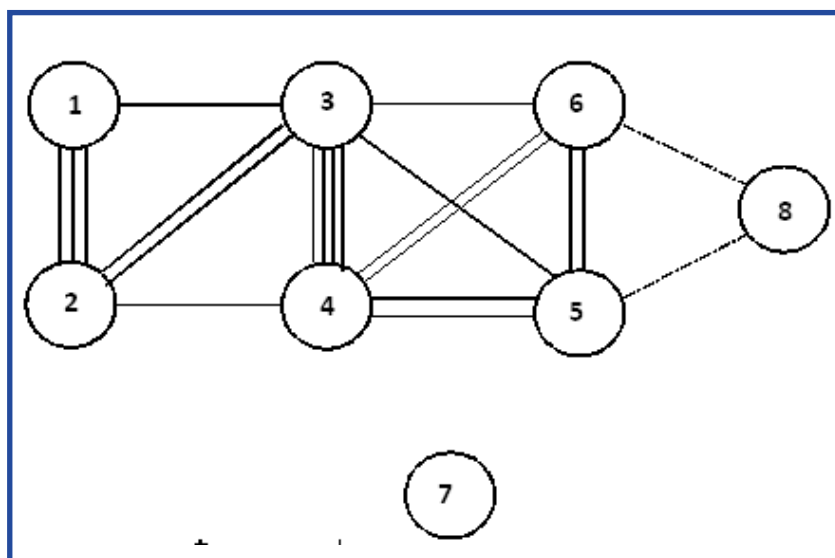


Se obtiene una representación gráfica que se va aproximando a la distribución en planta. Para tener mayor claridad respecto a la propuesta de distribución, lo más aconsejable es representar en el diagrama las relaciones entre áreas con los

Fuente: Construcción Propia

valores A, E, I, como mínimo (diagrama 8).

Cada valoración de proximidad excepto la U, se justifica con un determinado motivo, que pueden ser muy variados: generación de ruidos, olores, proximidad en diagrama de proceso, uso de los mismos equipos, higiene, accesibilidad. Por ejemplo en este caso se observan varias (A, E y I) lo que indica, que en este proceso se requiere mucha cercanía entre los procesos.

Figura 7 diagrama relacional

Fuente: Construcción Propia

Diagrama relacional de áreas funcionales: Mediante este diagrama se visualizarán las posiciones relativas de unas áreas frente a otras, utilizando los datos de la tabla de relaciones y trazando las valoraciones de proximidad de la siguiente manera (Bernnan, 1998).

A: 4 líneas

E: 3 líneas

I: 2 líneas

O: 1 línea

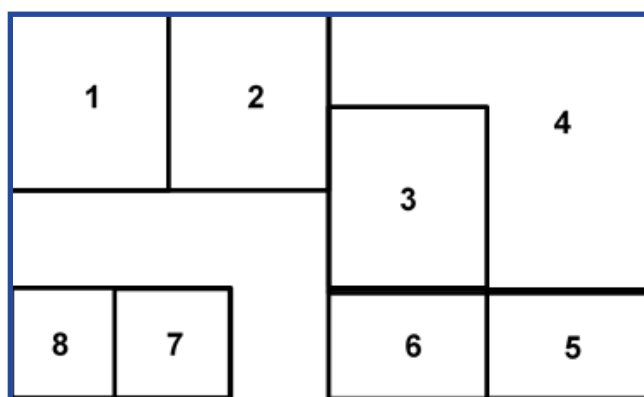
U: ninguna línea

X: vvvvvvvvvvvvvv: línea zig-zag

Este diagrama lo que pretende es brindar una posición en el espacio que permita tomar decisiones sobre la cercanía de diferentes áreas respecto a su importancia para el proceso productivo, por ejemplo observamos que la operación 3 y 4 requieren una cercanía absolutamente importante por eso se representa con 4 líneas.

Diagrama preliminar: Este diagrama, representado en la figura 10, es la consecuencia de un estudio donde a través de criterios de proximidad y pertinencia tratados en los gráficos anteriores arroja un boceto preliminar, en el que se facilitan las distribuciones del plano final, pues da herramientas necesarias para llevar a cabo un mejor diseño (Bernnan, 1998).

Figura 8 diagrama preliminar



Fuente: Construcción Propia

COMENTARIOS

Según la revisión realizada durante el desarrollo del trabajo coinciden en resaltar las propiedades del licopeno como un antioxidante, afirmando que su consumo tiene un efecto beneficioso sobre la salud humana, reduciendo notablemente la incidencia de las patologías cancerosas. Es factible concluir que el licopeno más que otro antioxidante natural, posee características altamente beneficiosas para la salud, que además de su gran biodisponibilidad en especies agrícolas de amplio consumo, lo hacen apto para su extracción.

CONCLUSIONES

Según las simulaciones realizadas, los tiempos de extracción utilizados son los citados por las referencias, tiempos de residencia de 180 a 360 minutos en ambos métodos (solventes orgánicos vs fluidos supercríticos), al compararlos, se determina que el *método más adecuado para la extracción del licopeno es el proceso de extracción por medio de fluidos supercríticos*, debido a su mayor porcentaje de aprovechamiento del compuesto activo (95 % de pureza) (no genera residuos tóxicos), total recuperación del solvente utilizado, compuesto apto para el consumo humano, solvente no toxico además de extracción de otros compuestos.

Los rendimientos para ambos métodos están determinados por el estado de madurez, la variedad, los pretratamientos en el proceso y las posibles interacciones químicas entre el material y los solventes, entre otros aspectos. Teniendo en cuenta lo anterior se pueden lograr rendimientos desde 0.01% hasta 0.2% en relación a licopeno total o ración activa.

La extracción por medio de los fluidos supercríticos es menos nociva con el medio ambiente y con los compuestos a extraer por la no contaminación de los extractos.

Referencias

- Albu. S, J. E., Paniwnyk. L, Lorimer. J. P, Mason. T. J,. (2004). Potential for the use of ultrasound in the extraction of antioxidants from *Rosmarinus officinalis* for the food and pharmaceutical industry. *Ultrasonics Sonochemistry*, 11, 261-265.
- Andras. C, S., Orsi. F, Lambrou. C, Tatala. D. M, Panayiotou. C, Domokos. J, Doleschall. F,. (2005). Supercritical carbon dioxide extraction of okra (*Hibiscus esculentus* L) seeds. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85.
- Araya. L. H, L. R. M. (2003). Alimentos Funcionales Y Saludables. *Revista chilena de nutrición*, 30.
- Berna. A, T. A., Blasco. M, Subirats. S,. (2000). Supercritical CO₂ extraction of essential oil from orange peel; effect of the height of the bed. *The Journal of Supercritical Fluids*, 18.
- Bernardo-Gil. M.G, G.J., Santos. J, Cardoso. P,. (2002). Supercritical fluid extraction and characterisation of oil from hazelnut. *Eur. J. Lipid Sci. Technol*, 104.
- Bernardo Gil, M. G., Grenha, J., Santos, J., & Cardoso, P. (2002). Supercritical fluid extraction and characterisation of oil from hazelnut. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 104(7), 402-409.
- Bernnan. J. G, B. J. R., Cowell. N. D, Lilley. A. D,. (1998). Operaciones de la Ingeniería de los Alimentos. Editorial Acribia S.A, 3.
- Bruce. E.P, J. M. P., John. P. O,. (2001). The properties of Gases and Liquids. Mcgraw Hill, 5.
- Cardona. E.M, Rios. L. A, & Restrepo. G. M. (2006). Extracción del Carotenoide Licopeno del Tomate Chonto (*Lycopersicum esculentum*). VITAE, Revista de la Facultad de Química Farmaceutica, Universidad de Antioquia, Medellín - Colombia, 13, 11.
- Castro. C. V, M. S. C. L. (2013). Licopeno y Salud Humana. Universidad Santiago De Cali, Facultad De Ciencias Básicas.
- Censano. J. M., V. A. M. (2000). Los Aditivos En Los Alimentos Segun La Union Europea Y Leg.Española. 450.
- Di matteo. V, E. E. (2003). Biochemical and therapeutic effects of antioxidants in the treatment of Alzheimer's disease, Parkinson's disease, and amyotrophic lateral sclerosis. *Curr Drug Targets CNS Neurol Disord.*, 2.
- Duran. M. R, & Padilla.R., B. (1993). Actividad antioxidante de los compuestos fenólicos. *Grasas y aceites*, 44, 6.
- Educacion, S. N. d. T. d. I. (2015). Programa Alimentacion Sana.
- FAO. (2012).
- Fernández. J. P. (2008). Extracción con CO₂ supercrítico de oleoresina y otras fracciones de pimentón dulce y picante. *Grasas y Aceites*, 59.
- García. G. J. M, I. C. P., Félix. F. M. G, Ríos. M. G,. (2008). La simulación de procesos en ingeniería química. *Revista Investigación Científica*, 4.
- Gordon, M., H. (2003). Natural Antioxidants. Elsevier Science Ltd.
- Hamburger.M, B. D., Adler. S,. (2004). Supercritical Carbon Dioxide Extraction of Selected Medicinal Plants Effects of High Pressure and Added Ethanol on Yield of Extracted Substances. *Phytochemical Analysis*, 15, 46-54.
- Hermanos, D. y. (2016). Propiedades y Beneficios del Tomate. Diaz y Hermanos.
- Hopeman. J. (1992). Producción, Conceptos, Análisis y Control. Editorial Continental S.A., 699.
- I. Intelligen. (1991). Super pro Designer. taller de diseño de procesos.
- Juan. M.G, I. C. P., Felix. G, Gustavo. R, .

- (2008). La simulación de procesos en ingeniería química. *Revista Investigación Científica*, 4.
- Kaufmann. B, C. P. (2002). Recent Extraction Techniques for Natural Products: Microwaveassisted Extraction and Pressurised Solvent Extraction. *Phytochemical Analysis*, 13, 105113.
- Krishnaiah, D., Sarbatly, R., & Nithyanandam, R. (2011). A review of the antioxidant potential of medicinal plant species. *Food and Bioproducts Processing*, 89.
- Lauro. G. J, F. F. J. (2000). Natural Food colorants: science and Technology. *Basic Symposium Series*.
- Lopez. S. B. (2012). Diseño Y Distribución En Planta. *Ingenieria Industrial on line*, licenses/bync-sa/3.0/deed.es.
- Luque de Castro.M.D, G.-A. L. (1998). Soxhlet extraction of solid materials: an outdated technique with a promising innovative future. *Analytica Chimica Acta*, 369, 10.
- Madrid.U. P. (2010). Uso Industrial de Plantas Aromáticas y Medicinales. *Procesos Industriales Aplicados a los Aceites Esenciales*, 72.
- Melecchi. S, M. M. M., . Abad. F, . (2002). Chemical composition of Hibiscus tiliaceus L. flowers: A study of extraction methods. *Journal Of Separation Science*, 25, 1-6.
- Morales.A.A, G.-M. B. E., Jiménez-Salas.Z., (2002). Tendencias En La Producción De Alimentos: Alimentos Funcionales. *Facultad de Salud Pública y Nutrición. Universidad Autónoma de Nuevo León (México)*, 3.
- Myra. M. T. (2012). Que es el estres oxidativo. *Environmental Health Fact Sheet*.
- Nutrafur. (2008). Antioxidantes Naturales. *Science Extracted From Nature*.
- Palmer.M.V, T. S. S. T. (1995). Applications for supercritical fluid technology in food processing *Food Chemistry*, 52.
- Pan. X, N. G., Liu,. (2003). Microwave-assisted extraction of tea polyphenols and tea caffeine from green tea leaves. *Chemical Engineering and Processing*, 42, 129-133.
- RD&I Christchurch. (2005). Pekapeka / Bats (Vol. NS0054): Department of Conservation, Te Papa Atawhai.
- Romdhane. A.M, G. C. (2002). Investigation in solid-liquid extraction: influence of ultrasound. *Chemical Engineering*, 87, 19.
- Roy. B, G. M., Akio Kodama. A, Hirose.T,. (1996). Supercritical CO2 extraction of essential oils and cuticular waxes from peppermint leaves. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 67.
- Ruiz. P. S. (1996). Aplicacion Del Dioxido De Carbono Supercritico Al Procesado De Alimentos: Nata, Subproductos Del Refinado De Aceites Vegetales Y Zumo De Naranja. *Universidad Complutencce de Madrid, Facultad de Farmacia*.
- Salisova.M, T. S., Mason.T .J,. (1997). Comparison of conventional and ultrasonically assisted extractions of pharmaceutically active compounds from Salvia officinalis *Ultrasonics Sonochemistry*, 4, 131-134.
- Schinora. E. C, S. M. J., Izabel C.C Turattib, Orghêda L.A.D Zucchia, b, Diones A Diasa, b, , . (2004). Comparison of classical and ultrasound-assisted extractions of steroids and triterpenoids from three Chresta spp. *Ultrasonics Sonochemistry*, 11, 415-421.
- Sifuentes, V. H. M. (2000). Simulación de procesos en Ingeniería Química: Plaza y Valdés.
- Sumaya-Martínez. M.T , D. T. S., Cruz Cansino.N.S,García.E.A,Sampedro.J.G,. (2010). Innovacion De Productos De Alto Valor Agregado A Partir De La Tuna Mexicana.

- Revista Mexicana De Agronegocios, 27.
- Villacañás. M. L. (2014). El Licopeno y la Magia de Unirlo al Aceite de Oliva. AOVE y Salud, 1.
- Vitale. A.A, B. E. A., Pomilio. A.B,. (2010). Carotenoides en quimioprevención: Licopeno. Acta bioquímica clínica latinoamericana, 44.
- Waliszewski. K, B. G. (2010). Propiedades nutraceuticas del licopeno. Salud Publica de Mexico, 52.
- Waliszewski. K.N, B. G. (2010). Propiedades nutraceuticas del licopeno. Salud Pública de México, 52.
- Woitsch, S., & Ro"mer, S. (2005). Impact and interaction of lipophilic antioxidants in mutants and transgenic plants. elsevier, 162.
- Wong, S., P, Leong, L. P, & William Koh, J. H. (2006). Antioxidant activities of aqueous extracts of selected plants. Food Chemistry, 99.
- Wootton, P, C, & Ryan, B., L. (2011). Improving public health The role of antioxidant-rich fruit and vegetable beverages. Food Research International.
- Zarnowski. R, S. Y., Yamaguchi. B, Pietra. S.J,. (2002). Alkylresorcinols in Barley (Hordeum vulgare L. distichon) Grains. Verlag der Zeitschrift für Naturforschung, 57, 57-62.