

Ing. Laura Domínguez - Téc. Magali Parzanese

Son bien conocidos los tres estados típicos de la materia: el gas, el líquido y el sólido. No obstante, al someter un fluido a altas presiones y temperaturas se obtiene un estado diferente: el *supercrítico*.

Los fluidos supercríticos (FSC) poseen propiedades híbridas entre un líquido y un gas: capacidad para disolver solutos, miscibilidad con gases permanentes, alta difusividad y baja viscosidad, lo cual los convierte en sustancias muy adecuadas para muchos procesos.

Los FSC son conocidos desde mediados del siglo XIX. Sin embargo, sus primeras aplicaciones industriales datan de la década de 1970. El primer proceso industrial exitoso de extracción supercrítica fue el descafeinado del café, en 1978.

Entre las aplicaciones industriales actuales se pueden mencionar la determinación de compuestos mediante cromatografía de FSC, mejora de parámetros de calidad y conservación de productos (desinfección, desinsectación, inactivación enzimática, otros), diseño de partículas (recristalización, micronización de principios activos, encapsulación, otros), impregnación de materiales (eliminación de aceites minerales de piezas industriales y materiales electrónicos, eliminación de sustancias tóxicas en implantes biomédicos), tratamiento de materiales (aplicación de conservantes en maderas, teñido de tejidos, impregnación de polímeros para liberación controlada de sustancias activas), producción de biodiesel y extracción, siendo esta última una de las más utilizadas en la industria de alimentos.

Otra aplicación interesante y prometedora es la precipitación por efecto anti-solvente; si se tiene una sustancia disuelta en el FSC al reducir rápidamente la presión, la solubilidad cae drásticamente y la sustancia precipita en forma de pequeñas partículas de tamaño uniforme y controlado.

En las últimas dos décadas hubo un importante desarrollo de la utilización de FSC como medio de reacción o participando directamente en ella, reemplazando solventes convencionales en síntesis de compuestos orgánicos y organometálicos. Su uso más frecuente ha sido en reacciones gas-líquido catalizadas por sólidos debido a que la operación en condiciones supercríticas, genera un medio fluido homogéneo y elimina la interfase gas-líquido y con ello reduce en gran medida la resistencia a la transferencia de masa. De esta forma se consigue un mejor control en la superficie catalítica de los reactivos, incrementando el rendimiento, selectividad y velocidad del proceso. Ejemplos de este tipo de reacciones son la hidrogenación de aceites vegetales para producir margarinas.

En otros procesos reactivos uno de los componentes está en estado supercrítico y si se encuentra en una proporción elevada toda la reacción se puede llevar a cabo en fase homogénea. Un ejemplo de gran interés es la transesterificación de aceites vegetales con metanol supercrítico, que puede llevarse a cabo en medio homogéneo a buena velocidad de reacción y rendimiento sin necesidad de catalizador, simplificando en gran medida la recuperación de los esteres grasos (biodiesel) y eliminando serios problemas de contaminación de los residuos de catalizador.

Los FSC pueden aplicarse en muchos procesos como una alternativa favorable al uso de solventes orgánicos. Ejemplo de esto son el desarrollo de la técnica de cromatografía de fluidos supercríticos; y el uso de los mismos como solventes en los procesos de extracción de aceites esenciales.

Actualmente, debido al incremento en el consumo de alimentos funcionales se han desarrollado muchas investigaciones para obtener las sustancias que los componen de una forma segura, rápida y de bajo costo. En general la extracción de dichos compuestos se realiza a través de solventes orgánicos, que resultan poco efectivos por ser tóxicos, inflamables, poco selectivos y muy laboriosos. Por esto se encontró en los FSC una muy buena alternativa ya que adicionalmente a su seguridad, pueden obtenerse mejores resultados porque tienen la capacidad de disolver o extraer un número mayor de estos componentes con una mejor calidad y mediante un proceso más eficaz.

Aplicación de la Tecnología de Fluidos Supercríticos en la Industria de Alimentos

Productos	Sustancias extraídas	
Lácteos	Triglicéridos	
	Colesterol	
	Ácidos Grasos Insaturados	
	Lípidos no polares	
	Colesterol	
	Concentrados de ácidos grasos poliinsaturados	
	Concentrados de EPA y DHA	
	C14, C16, C18, C20, C22	
	Aceite Enriquecido	
	Proteína Concentrada	
Derivados de la pesca	Antioxidantes	
	Fosfolípidos	
	Ácidos grasos	
	Aceites de semillas	
	Antocianinas	
	Aceites esenciales	
	Terpenos, Oleorresinas	
	Caroteno, Bixina, Licopeno	
	Vegetales y Frutas	

Productos	Sustancias extraídas
Café y Té	Cafeína
	Teína
Germen	Humolina y lupolina
	Aceites esenciales
Zumos de frutas	Despectinación
Bebidas alcohólicas	Aromas
	Etanol
	Aromas
	Sabores
Cárnicos	Colesterol
	Lípidos
	Ácidos grasos volátiles

Muchas de las sustancias nombradas en la tabla anterior son utilizadas una vez extraídas, como ingredientes en el proceso de fortificación de muchos alimentos. Esto se debe a que los extractos obtenidos mediante la tecnología de FSC se caracterizan por no contener residuos ni contaminantes, lo que los posiciona como una excelente alternativa a la utilización de aditivos sintéticos.

Algunos de los componentes extraídos actualmente

Compuesto Extraído	Solvente	Condiciones de Extracción			Fuente
		Presión MPa	T °C	Flujo	
Extracto de romero (antioxidantes)	CO2	10 - 16	37 - 47	-	Ibañez <i>et al.</i> , 1999
Carotenoides de paprika	CO2	> 50	100	25Kg/h	Ambrogi <i>et al.</i> , 2002
Extracto de orégano (antioxidantes)	CO2 / 4% etanol	25	40	-	Cavero <i>et al.</i> , 2006
Vitamina E de germen de trigo	CO2	34,5	43	1,7mL/min	Ge <i>et al.</i> , 2002
Esteroles y tocoferoles del aceite de oliva	CO2	20	40	2L/h	Ibañez <i>et al.</i> , 2002
Flavonoides del jugo de naranja	CO2	16	40	2400 mL/h	Señorans <i>et al.</i> , 2001

Los beneficios de aplicar la tecnología de FSC en la industria de alimentos son varios, comenzando por su respuesta a las demandas de producir sin dañar el medio ambiente, ya que en general los solventes utilizados no son contaminantes. La industria química requiere solventes “verdes” para su desarrollo sostenible, los problemas de residuos en los productos finales, los riesgos para el personal de planta y de laboratorios de los compuestos orgánicos volátiles y su descarga a la atmósfera son problemas que preocupan a la sociedad y son cuidadosamente controlados por los gobiernos y los organismos internacionales.

Existen dos solventes verdes de gran potencial, el dióxido de carbono y el agua supercrítica que cumplen un rol creciente en sus aplicaciones y su uso industrial. Ambos, bajo condiciones cuasi-críticas exhiben propiedades solventes atractivas y no son tóxicos ni inflamables y tienen bajo costo. El agua supercrítica se puede utilizar para la destrucción de sustancias tóxicas y como solvente en la transformación de biomasa en combustibles o productos químicos básicos.

Asimismo, los alimentos que sufren procesos de modificación por extracción de alguno de sus componentes, como la desalcoholización, desgrasado o descafeinado, no reciben cambios en sus otras características.

En cuanto a los tiempos de producción mediante esta tecnología, es importante destacar que requiere tiempo de trabajo inferior si se compara con otras técnicas de extracción, como son destilación o aplicación de solventes orgánicos; ya que demanda un menor número de operaciones, principalmente porque no se dejan residuos en los extractos, evitando una posterior operación de separación y/o purificación.

Existen gran número de ejemplos de aplicaciones a escala industrial, por lo que puede decirse que es una tecnología madura y sólo se requiere un buen análisis del escenario de fases adecuado para aprovechar de la mejor manera las características solventes de estos fluidos.

FLUIDOS SUPERCRÍTICOS – CONCEPTO

En el gráfico de equilibrio de fases se observa que los tres estados de la materia están separados por líneas que representan los equilibrios sólido-líquido o de fusión, sólido-gas o de sublimación y líquido-gas o de vaporización; el punto triple, es donde coexisten los tres estados. También se puede ver que no existe línea que delimite la zona del estado supercrítico; al calentar una mezcla líquido-vapor a volumen constante, la densidad del líquido disminuye y la del gas aumenta hasta que en el punto crítico estas se vuelven iguales y la interfase que las separa desaparece. Cuando la mezcla se aproxima al punto crítico comienzan a producirse fluctuaciones en la densidad de ambas fases en regiones de dimensiones microscópicas dando lugar a un fenómeno de dispersión lumínica típico conocido como “opalescencia crítica”.

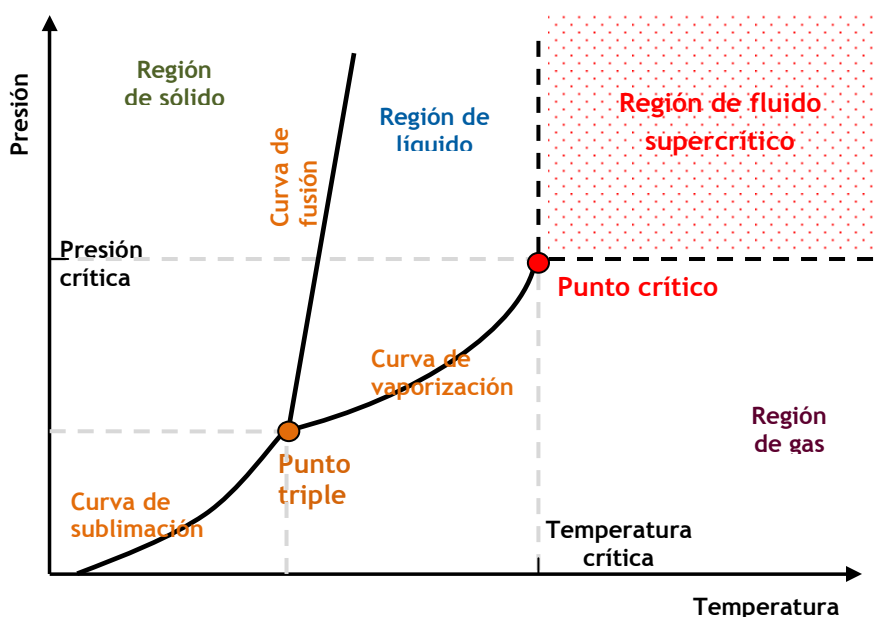


Fig. 1 Esquema representativo del diagrama de presión-temperatura de los estados de la materia, correspondiente a una sustancia pura.

El punto crítico es la presión y la temperatura a las cuales el gas y el líquido son indistinguibles, por encima de éste los fluidos presentan características de ambas fases, propiedades similares a las de los gases como su gran difusividad (capacidad de difundir a través de un medio), y otras que los asemejan más a los líquidos como su alta densidad.

Cada fluido tiene un punto crítico característico, existiendo para cada uno un valor de presión y de temperatura a partir de los cuales se comporta como fluido supercrítico. Los más interesantes desde un punto de vista industrial son aquellos que no requieren presiones ni temperaturas demasiado elevadas, y por lo tanto costosas de alcanzar.

Solvente	Peso molecular	Tº crítica	Presión crítica	Densidad crítica
	g/mol	K	MPa (atm)	g/cm ³
Dióxido de carbono (CO ₂)	44,01	304,1	7,38 (72,8)	0,469
Agua (H ₂ O)	18,02	647,3	22,12 (218,3)	0,348
Metano (CH ₄)	16,04	190,4	4,60 (45,4)	0,162
Etano (C ₂ H ₆)	30,07	305,3	4,87 (48,1)	0,203
Propano (C ₃ H ₈)	44,09	369,8	4,25 (41,9)	0,217
Etileno (C ₂ H ₄)	28,05	282,4	5,04 (49,7)	0,215
Propileno (C ₃ H ₆)	42,08	364,9	4,60 (45,4)	0,232
Metanol (CH ₃ OH)	32,04	512,6	8,09 (79,8)	0,272
Etanol (C ₂ H ₅ OH)	46,07	513,9	6,14 (60,6)	0,276
Acetona (C ₃ H ₆ O)	58,08	508,1	4,70 (46,4)	0,278

Tabla 1. Propiedades críticas de varios solventes (Reid et al, 1987).

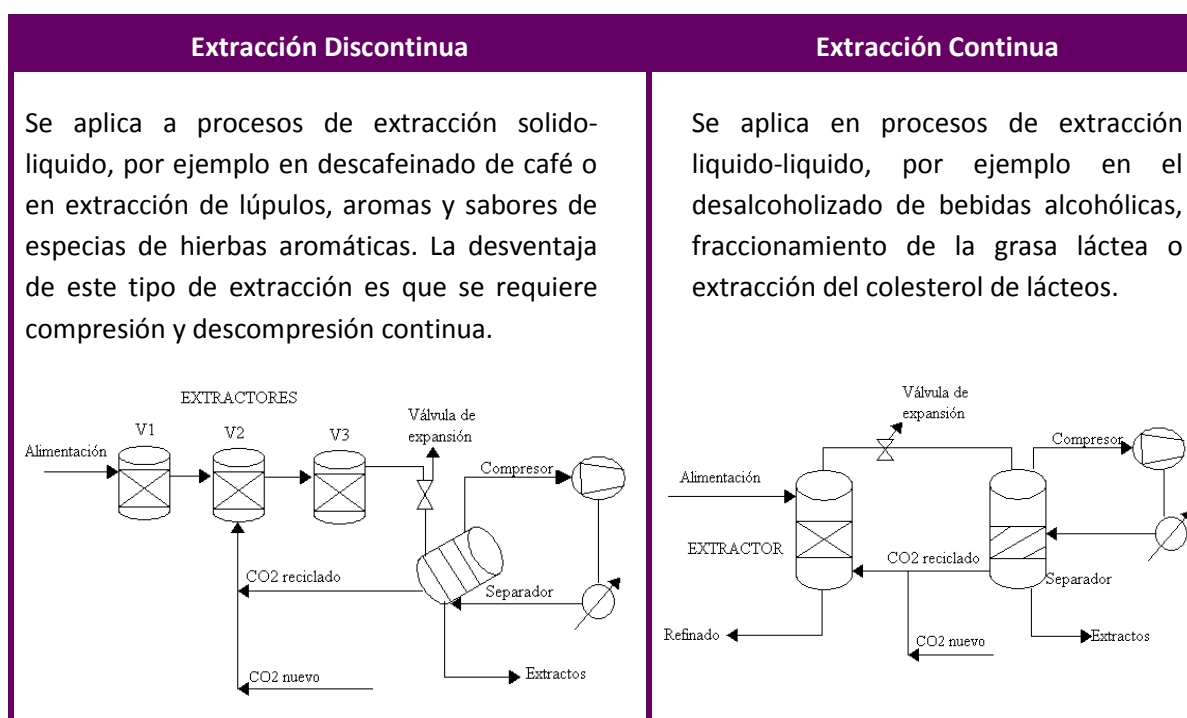
PROCESO DE EXTRACCIÓN POR FLUIDOS SUPERCRÍTICOS

La extracción con FSC es una técnica de separación de sustancias disueltas o incluidas dentro de una matriz, que se efectúa por encima del punto crítico del solvente, basada en la capacidad que tienen determinados fluidos en estado supercrítico de modificar su poder de disolución.

Es posible variar en un amplio rango el poder disolvente de dichos fluidos, modificando su densidad con pequeños cambios de presión o temperatura; de esta forma se lo puede ajustar para disolver selectivamente ciertas sustancias o separar aquellas ya disueltas en la etapa de purificación.

VENTAJAS	LIMITACIONES
<ul style="list-style-type: none">❖ Se usan temperaturas moderadas, lo que evita el deterioro de los componentes térmicamente lábiles del producto natural.❖ La alta volatilidad de estos fluidos facilita su eliminación y asegura niveles muy bajos de solvente residual en el producto final. Esto, sumado a que generalmente se utilizan como fluidos supercríticos solventes no nocivos, los hace atractivo para el desarrollo de procesos sustentables, contribuyendo a la denominada “química verde”.❖ La extracción se realiza sin cambios de fase.❖ Se mejoran las propiedades de transporte, lo que facilita el proceso de extracción.❖ Pueden extraerse en forma diferencial compuestos volátiles y no-volátiles, ajustando la densidad del fluido para variar su poder solvente. El agregado de un co-solvente también puede ayudar a mejorar la selectividad en la separación.	<ul style="list-style-type: none">❖ El equilibrio de fase entre soluto y solvente puede ser complicado.❖ Cuando se necesitan utilizar co-solventes para alterar la polaridad del fluido, éstos pueden quedar en el extracto, requiriendo una operación de separación posterior.❖ Las altas presiones dificultan la adición continua de sólidos al extracto.❖ Los costos de operación son elevados, se necesita de una inversión inicial alta.❖ Baja disponibilidad de equipos y reducido desarrollo de diseños.❖ Costo de mantenimiento elevado.

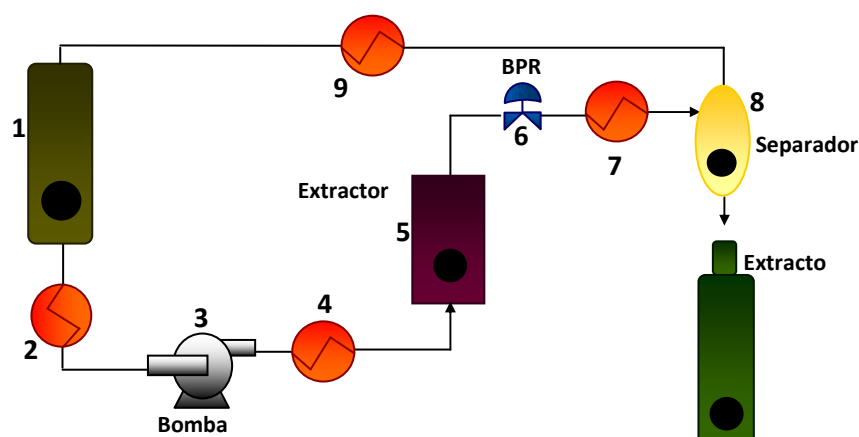
Tipos de extracción



El proceso de extracción puede dividirse en cuatro etapas principales:

- **Presurización:** su finalidad es alcanzar la presión necesaria del solvente para la extracción, ya sea por medio de un compresor o de una bomba.
- **Ajuste de temperatura:** remoción o adición de energía térmica, por medio de intercambiador de calor, baños térmicos o resistencias eléctricas, para que el fluido comprimido alcance la temperatura requerida.
- **Extracción:** se lleva a cabo en un recipiente extractor a alta presión, el cual contiene la matriz que será procesada. En esta etapa el fluido entra en contacto con la matriz y arrastra el soluto de interés.
- **Separación:** en esta etapa se separa la sustancia extraída del solvente mediante cambios de presión y temperatura.

Esquema de un proceso de extracción con fluidos supercríticos



1. **Tanque de almacenamiento.** se almacena el fluido a utilizar como solvente en condiciones de presión y temperatura normales.
2. **Intercambiador de calor.** el fluido se enfría hasta alcanzar una temperatura tal que pueda pasar sin problemas por la bomba, para esto se requiere el solvente en estado líquido.
3. **Bomba.** se comprime el fluido hasta una presión por encima de la presión crítica.
4. **Intercambiador de calor.** se calienta el fluido comprimido hasta una temperatura por encima de la crítica, alcanzándose las condiciones necesarias para la extracción.
5. **Cámara extractora.** el fluido supercrítico pasa a través de la materia prima disolviendo y arrastrando las componentes de interés.
6. **Válvula.** el fluido disminuye su presión por debajo de su presión crítica.
7. **Intercambiador de calor.** el fluido expandido se enfría por debajo de su temperatura crítica, de manera tal que pierde sus propiedades como solvente y los componentes extraídos pueden separarse fácilmente.
8. **Separador.** se extrae el gas por la parte superior, y el extracto por la parte inferior.

Cabe destacar que es esencial colocar medidores de presión, de temperatura y flujo del solvente a lo largo de todo el proceso, ya que su control depende de dichas propiedades.

Entre los fluidos de extracción más utilizados actualmente, el preferido es el **dióxido de carbono** – CO₂, debido a una serie de ventajas adicionales en comparación con otros:

- No genera contaminación en el proceso.
- Presenta baja toxicidad y es poco reactivo.
- No es inflamable.
- Existe en abundancia.
- Es barato en grados de pureza elevada.
- No son necesarios procesos de limpieza subsecuentes.
- Es prácticamente inerte desde el punto de vista químico.

- Se separa fácilmente del producto que se quiere extraer.
- Posee condiciones críticas fácilmente accesibles.
- Puede ser reciclado de una parte del proceso y ser utilizado nuevamente.

COSTO DE LA TECNOLOGIA DE FLUIDOS SUPERCRITICOS

Como se mencionó previamente, la inversión inicial para llevar adelante dichos procesos es elevada, aún para equipos en pequeña escala debido a la tecnología involucrada, a los costos de materiales y de montaje. El valor de un equipo cuya capacidad de operación es de 4 ó 5 litros, en algunas de las firmas americanas o europeas que se dedican a fabricarlas, ronda los US\$ 150.000.

Es importante tener en cuenta que este tipo de tecnología no es producida en el país a escala industrial actualmente, por lo que debe ser importada de Europa, EE UU o Japón. Algunas empresas extranjeras productoras de dicha tecnología son las siguientes:

AINIA de origen español – www.ainia.es

UHDE de origen alemán – www.uhde.eu

ZEAN CONSULTORES de origen español – www.zeanconsultores.com

THAR PROCESS de origen estadounidense – www.thartech.com

Actualmente funcionan en el mundo alrededor de 250 plantas de tecnología supercrítica, y su número continúa creciendo. La principal limitación desde el punto de vista económico es el costo energético requerido para mantener las altas presiones necesarias. Por ello es que hasta el momento esta tecnología se ha aplicado a productos que, por su alto valor agregado, permiten absorber dichos costos: aromas, pigmentos, aditivos alimentarios, compuestos bioactivos, productos farmacéuticos, otros.

Las líneas de investigación en este campo son variadas, como los problemas y desafíos que se plantean: la búsqueda de nuevos solventes, con propiedades específicas deseadas (por ejemplo etano, propano, agua, mezclas de solventes, etc.); la optimización de los procesos, para minimizar el costo energético requerido; la extensión a nuevos tipos de compuestos; su aplicación eficiente a procesos ya existentes (hidrogenación de aceites, producción de biodiesel, separación de mezclas, etc.).

SITUACIÓN NACIONAL

En la Argentina, la tecnología de FSC aparece como una alternativa muy interesante para el aprovechamiento de los recursos naturales. Por esto distintos grupos de investigación se encuentran trabajando en el área, algunos desde hace tiempo como la Planta Piloto de Ingeniería Química – PLAPIQUI¹ (Bahía Blanca), donde el grupo de termodinámica de procesos desarrolla actividades en tecnología de procesos supercríticos. Este grupo cuenta con equipamiento experimental de escala laboratorio para estudiar procesos y el equilibrio entre fases en sistemas fluidos a alta presión y temperatura, entre otros:

¹ Es un instituto de investigación, educación y desarrollo de tecnología con sede en la ciudad de Bahía Blanca, dependiente de la **Universidad Nacional del Sur (UNS)** y del **Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)**.

- Celdas de equilibrio de volumen variable para alta presión y temperatura.
- Extractor Soxhlet de alta presión de 4 litros de capacidad.
- Columna de extracción de contacto continuo de alta presión.
- Reactor continuo de transesterificación de aceites vegetales con alcoholes supercríticos.

También poseen software propio desarrollado en PLAPIQUI, para efectuar el modelado del equilibrio entre fases de los sistemas fluidos en estado supercrítico y su procesamiento en extractores y columnas a alta presión.

Entre los estudios realizados en Bahía Blanca, se pueden mencionar los siguientes campos:

- Extracción y deshidratación de etanol y otros alcoholes con propano supercrítico.
- Extracción de aceites fijos con mezclas no inflamables de dióxido de carbono y propano a partir de semillas (rosa mosqueta, girasol, soja, jojoba, etc.).
- Separación de monoglicéridos con fluidos supercríticos.
- Hidrogenación supercrítica de aceites vegetales.
- Hidrogenólisis de esteres.
- Transesterificación con metanol y etanol supercrítico de diversos aceites vegetales.
- Micronización de fármacos con fluidos supercríticos.
- Simulación de procesos de extracción y de reacción con fluidos supercríticos.

Forman parte del grupo: Dra. Susana B. Bottini, Dr. Esteban A. Brignole, Dr. Pablo E. Hegel, Dra. Selva Pereda.

Asimismo, en la Universidad Nacional de Río Cuarto (UNRC) se instaló hace algunos años una planta piloto para extracción con fluidos supercríticos, la cual fue diseñada y construida por Technische Universität Hamburg-Harburg (Alemania) en conjunto con la UNRC.

La planta piloto consta de las siguientes unidades principales: un extractor de origen alemán, de 2,6 litros de capacidad y condiciones de presión y temperatura de operación máximas de 50 MPa y 100°C respectivamente. Un separador de origen suizo y capacidad 0,6 litros, cuyas condiciones de operación máximas son 50 MPa y 80°C. Una bomba de origen alemán cuyas características son: caudal de CO₂ de 30 kg/h y presión máxima de 50 MPa. Columna de adsorción, también de origen alemán, que tiene una capacidad de 0,5 litros y condiciones de presión y temperatura de 30 MPa y 80°C respectivamente.

Actualmente las investigaciones que se realizan allí se encuentran orientadas al post-procesamiento con dióxido supercrítico de extractos obtenidos con tecnologías convencionales, a fin de obtener productos concentrados en principios activos de interés, es decir que se hace un proceso de fraccionamiento de los mismos.

Los trabajos e investigaciones que se llevan a cabo en la planta piloto, están a cargo de la Ing. Valentina Sosa.

En Córdoba, el grupo IDTQ (Investigación y Desarrollo en Tecnología Química) del área de Ingeniería Química, tiene a las aplicaciones de los fluidos supercríticos como uno de sus ejes tecnológicos

prioritarios. Éste se formó a partir del retorno de un grupo de Ingenieros Químicos cordobeses, luego de realizar doctorados tanto en el exterior como en importantes centros argentinos, especialmente el PLAPIQUI.

Desde el año 2008 cuenta con el respaldo de un Programa de Recursos Humanos (PRH), co-financiado entre el FONCYT (Fondo para la Investigación Científica y Tecnológica) y la UNC (Universidad Nacional de Córdoba). Recientemente el IDTQ se constituyó como un grupo vinculado al PLAPIQUI dentro de la estructura del CONICET.

En la provincia de Salta se diseñó y construyó una planta piloto de CO₂ supercrítico, fabricada en Argentina con un costo mucho menor que los mencionados anteriormente. Se comenzó a trabajar en su montaje en 2006, llevando aproximadamente 1 año ponerla en marcha. Esta planta opera a una presión máxima de trabajo de 50 MPa, una temperatura de 80°C y un caudal regulable de hasta 20 kg/h de CO₂, funcionando con un circuito cerrado lo que permite reciclar el solvente. Se compone de tres recipientes a presión: un extractor, un separador y un buffer, todos realizados en tubos sin costura de acero SAE 4340, la capacidad de cada uno es de 4 litros; 0,7 litros y 10 litros respectivamente. La bomba que presuriza el sistema es del tipo neumática a pistón pudiendo llegar a los 70 MPa y mantener un caudal de 60 l/h. Existen dos circuitos diferentes de acuerdo con la presión de trabajo de cada uno: el primero es para una presión de 50 MPa que va desde la salida de la bomba hasta la entrada de la válvula reguladora y el segundo, va desde la salida de la válvula reguladora hasta la entrada de la bomba con una presión de trabajo de 6 MPa.

La planta estuvo funcionando hasta julio del corriente año, cuando fue desarmada para ser modificada y mejorar su rendimiento. Allí se realizaron ensayos con diversos vegetales (chia, sésamo, pimentón, lino, quebracho, palo santo) y algunos con biomateriales.

Dicha planta piloto fue instalada por un proyecto: “Producción de oleorresina de pimentón de los Valles Calchaquíes de la provincia de Salta” presentado por la Universidad Católica de Salta a la Convocatoria 2005 de Proyectos Federales de Innovación Productiva del Consejo Federal de Ciencia y Tecnología del Ministerio de Ciencia y Tecnología de la Nación. El objetivo de éste era proporcionar asistencia tecnológica a una problemática productiva de la cadena agroalimentaria del pimentón, enfocado a la obtención de oleorresina.

Forman parte del grupo de trabajo: Ing. Pedro Villagran, Brom. María del Pilar Cornejo, Téc. Gerardo Tita.

Bibliografía

- ◆ Angélica Esquivel, Pedro Vargas. Uso de aceites esenciales extraídos por medio de fluidos supercríticos para la elaboración de alimentos funcionales. Tecnología en Marcha. Vol. 20-4 - Octubre - Diciembre 2007 P. 41-50.
- ◆ F. Sahena, I. S. M. Zaidul, S. Jinap, A. A. Karim, K. A. Abbas, N. A. N. Norulaini, A.K.M. Omar. Application of supercritical CO₂ in lipid extraction – A review 2009 Journal of Food Engineering.
- ◆ Gerardo Tita, M. Cornejo, A. Ambrogio. Diseño y construcción de una planta piloto multipropósito de CO₂ supercrítico.
- ◆ José A. Mendiola, Miguel Herrero, Alejandro Cifuentes, Elena Ibañez. Use of compressed fluids for sample preparation: Food applications.
- ◆ M. V. Palmer & S. S. T. Ting – Applications for supercritical fluid technology in food processing – A review 1995 Food Chemistry.
- ◆ María José Cocero, Ángel Martín, Facundo Mattea, Salima Varona. Encapsulation and co-precipitation processes with supercritical fluids: Fundamentals and applications.
- ◆ Martín, M. J. Cocero – Micronization processes with supercritical fluids: Fundamentals and mechanisms.
- ◆ Miguel Herrero, Alejandro Cifuentes, Elena Ibañez. Sub- and supercritical fluid extraction of functional ingredients from different natural sources: Plants, food-by-products, algae and microalgae (review – Food chemistry).
- ◆ Miguel Herrero, Jose A. Mendiola, Alejandro Cifuentes, Elena Ibañez. Supercritical fluid extraction: Recent advances and applications (Review – Journal of Chromatography A).
- ◆ N. L. Rozzi, R. K. Singh. Supercritical Fluids and the Food Industry – Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety.
- ◆ Qingyong Lang, Chien M. Wai. Supercritical fluid extraction in herbal and natural product studies – a practical review.
- ◆ Reinaldo J. Velasco, Héctor S. Villada y Jorge E. Carrera. Aplicaciones de los Fluidos Supercríticos en la Agroindustria – Información Tecnológica Vol 18(1), 53-65 (2007).

Sitios de Internet Consultados

www.cienciahoy.org.ar/hoy43/fluid3.htm

www.edicionsupc.es/ftppublic/pdfmostra/CT00803M.pdf

www.isasf.net/

www.ainia.es

www.idtq.efn.uncor.edu

www.plapiqui.edu.ar