

## SOLUBILIDAD DEL COLESTEROL EN DIOXIDO DE CARBONO (CO<sub>2</sub>) Y ETANO SUPERCRITICO

Fredy Huayta Socantaype\* y Rahoma Sadeg Mohamed\*\*

### RESUMEN

La comprobada relación entre las cantidades de grasa y colesterol en la dieta y las enfermedades cardiacas y algunos tipos de cáncer han generado un cambio en los hábitos y costumbres en los consumidores. La recomendación medica es de consumir alimentos que contengan bajas concentraciones de grasa y colesterol como un método preventivo contra estas enfermedades cardiacas. El presente trabajo de investigación contempla el desarrollo de una nueva tecnología para la reducción de la cantidad de grasa y colesterol en productos lácteos utilizando el proceso de extracción con fluido supercrítico. En esta investigación se pretende determinar la potencialidad de extracción con dos fluidos supercríticos que tienen temperaturas críticas semejantes. Los resultados muestran que la solubilidad del colesterol en etano supercrítico es mayor que los obtenidos con CO<sub>2</sub> supercrítico.

### INTRODUCCION

Existen factores económicos, estilo de vida, nutricionales y dietéticos, que justifican las intensivas investigaciones dedicadas al desarrollo de una

---

\* Facultad de Ingeniería Industrial. Pontificia Universidad Católica del Perú.

\*\* Facultad de Ingeniería Química, Universidade Estadual de Campinas, SP-Brasil.

nueva tecnología que reduzca apreciablemente el contenido de colesterol de la grasa de la leche y el fraccionamiento de la misma, debido a que está comprobado que el exceso de colesterol y grasa en la sangre genera enfermedades cardíacas y algunos tipos de cáncer.

La utilización de fluido supercrítico en la extracción de productos naturales se está mostrando como una tecnología con mucho futuro, presentando innumerables ventajas en relación a los solventes comunes (1). Una de las aplicaciones recientes de esta nueva tecnología es la reducción del contenido de colesterol de la grasa de la leche con fluido supercrítico [2,3].

Estudios anteriores han demostrado la viabilidad de utilizar el dióxido de carbono en la extracción del colesterol de la grasa de la leche [2]. El etano presenta una temperatura crítica semejante al del CO<sub>2</sub> y una presión crítica bien inferior (48.8 bar contra 73.8 bar del CO<sub>2</sub>). La utilización del etano, por lo tanto, se presenta como una alternativa atrayente debido a la reducción potencial en los gastos energéticos.

El objetivo general de este trabajo es mostrar los datos experimentales para el proceso de extracción del colesterol de la grasa de la leche con etano y CO<sub>2</sub> supercrítico.

Son presentados los datos de solubilidad del colesterol puro, de grasa de la leche en etano y CO<sub>2</sub> supercrítico, utilizando un equipo experimental, con características que permiten la extracción, separación de los productos estudiados y el control independiente de todas las variables termodinámicas envueltas.

## MATERIALES Y METODO EXPERIMENTAL

### **Materiales:**

- *Colesterol*: Adquirido de Sigma Chemical Co., con 96% de pureza, en la forma cristalina.
- *Dióxido de carbono*: super seco con 99.9 % de pureza, donado por la Liquid Carbonic (Brasil).
- *Etano*: super seco con 99.9% de pureza, de la White Martins Gases Industriais S.A.
- *Grasa de la Leche*: Donado por la Nestle Indl. e Coml, Ltda. (S.P. Brasil).

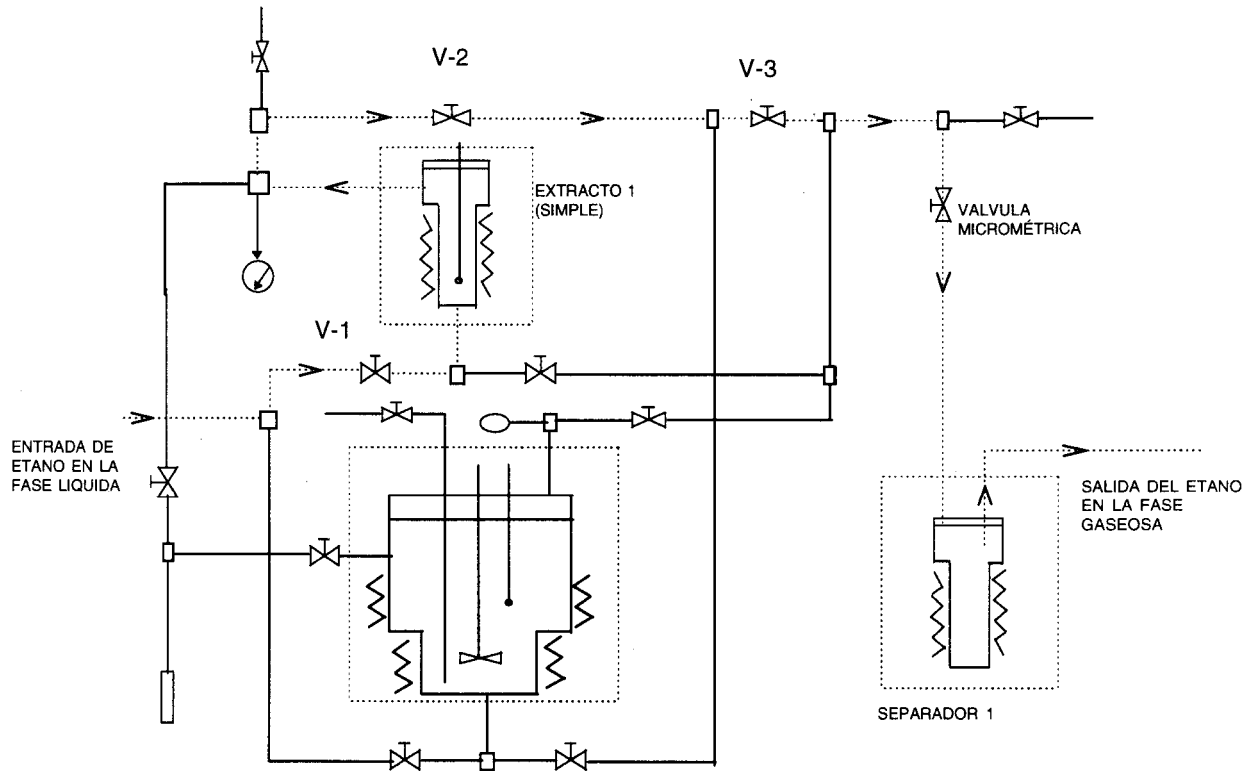


Figura 1. Esquema de Extracción Supercrítica

### ***Equipo Experimental:***

El equipo utilizado es denominado sistema de extracción supercrítica (SES) que fue diseñado por el grupo de investigación de extracción supercrítica de la FEQ/UNICAMP [4] y construido por la Autoclave Engineers Inc. Erie, PA, USA ( Figura 1).

Este equipo está constituido principalmente, de bombas de desplazamiento positivo para bombear el solvente y co-solvente, (Milton Roy Minipump, 16-160 ml/hr), dos extractores de alta presión, que son operados en serie, paralelo o cada uno individualmente, un separador, regulador de presión, indicadores de presión y temperatura, válvula micrométrica y un medidor de flujo.

La operación del sistema experimental utilizando el dióxido de carbono se inicia con el bombeo del CO<sub>2</sub> al extractor. El CO<sub>2</sub>, presurizado y calentado hasta las condiciones determinadas de operación, entra en contacto con la materia prima en el extractor, donde la fracción deseada y extraída es llevada para un separador. El solvente (CO<sub>2</sub> supercrítico) con la materia extraída pasan por la válvula micrométrica, antes de entrar al separador. En el separador, el material extraído es separado del solvente y precipitado. El solvente, ahora en la fase gaseosa es descartado o reciclado al sistema. De igual forma es realizado la operación de extracción con etano.

La concentración del colesterol fue determinado por cromatografía gaseosa, utilizando el cromatografo Varian Model Star 3400CX, con detector de ionización de llama, columna capilar de 30m x 0.25mm ID x 0.1 mm de espesura del filme (DB-5). Las muestras obtenidas de la extracción fueron saponificadas con el método AOAC 933.08 de 1990 [5].

## RESULTADOS Y DISCUSIONES

Las solubilidades del colesterol puro en etano supercrítico fueron determinados a 40, 55, 70 °C de 85 a 160 bar. Los resultados experimentales son presentados en la tabla 1. Los valores reportados representan una media de por lo menos dos medidas, con desvío medio padrón de 4%.

Las solubilidades del colesterol puro en etano supercrítico obtenidos en este trabajo muestra una buena concordancia con los datos de la literatura (Tabla 1 y Figura 2). Las isotermas son casi paralelas y exhiben una relación

Tabla 1. Solubilidad de colesterol en etano supercrítico

Presión (bar)	Solubilidad (fracción molar) x 10 <sup>5</sup>			40 °C*
	40 °C	55 °C	70 °C	
85	5.51	3.66	1.87	5.90
100	8.94	6.24	3.19	8.10
130	13.6	15.4	18.1	13.4
140	17.4	18.8	20.2	15.7
160	19.3	24.0	28.2	18.4

\*Datos de Singh et al. (3)

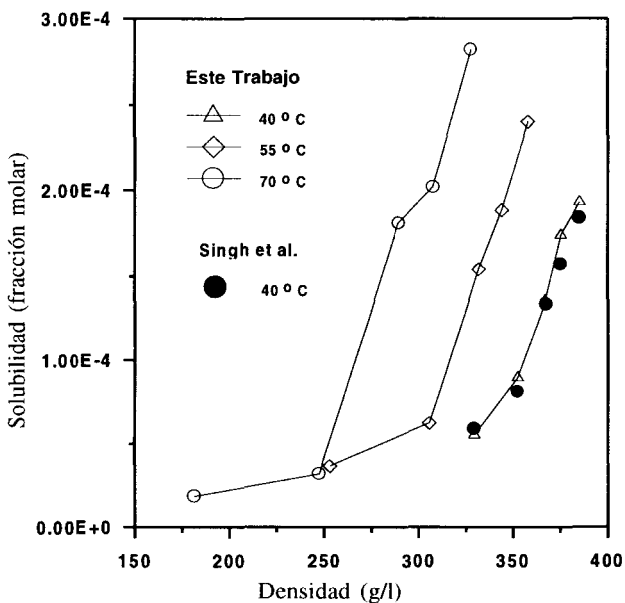


Figura 2. Solubilidad del colesterol en etano supercrítico en función de la densidad

linear entre la solubilidad y la densidad, un hecho consistente con las tendencias observadas en los estudios de Singh [3] y Yun [6].

Los datos de solubilidad del colesterol puro en CO<sub>2</sub> y en etano supercrítico son presentados en la Figura 3.

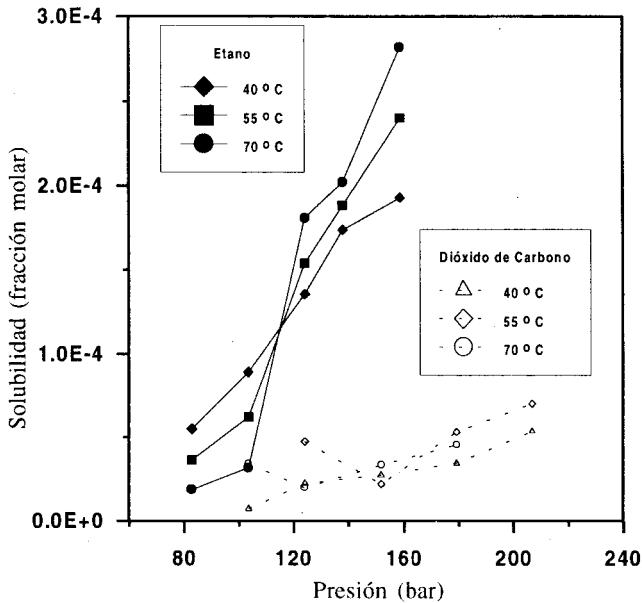


Figura 3. Solubilidad de colesterol en etano y CO<sub>2</sub>

Se observa que las solubilidades del colesterol en etano supercrítico son significativamente mayores que el CO<sub>2</sub> supercrítico. Es importante afirmar que esta diferencia es mas acentuada a presiones altas. Se puede concluir entonces que las interacciones soluto-solvente en etano son mayores que en dióxido de carbono [7,8].

El fenómeno de condensación es retrograda (disminución de la solubilidad con aumento de la temperatura). Este comportamiento típico observado cuando se trabaja con fluido supercrítico [9], es mostrada para ambos solventes supercríticos a presiones menores que 117 bar en etano y 142 bar en CO<sub>2</sub> (Figura 3).

En las Figuras 4 y 5 se muestra respectivamente los datos de solubilidad y concentración del colesterol en la grasa de la leche en etano y CO<sub>2</sub> supercrítico a temperaturas de 40, 55 y 70 °C y a diferentes presiones.

La concentración de colesterol en las fracciones de grasa de la leche extraídos con etano (Figura 5) en el rango de 160 - 170 bar presentan mayores

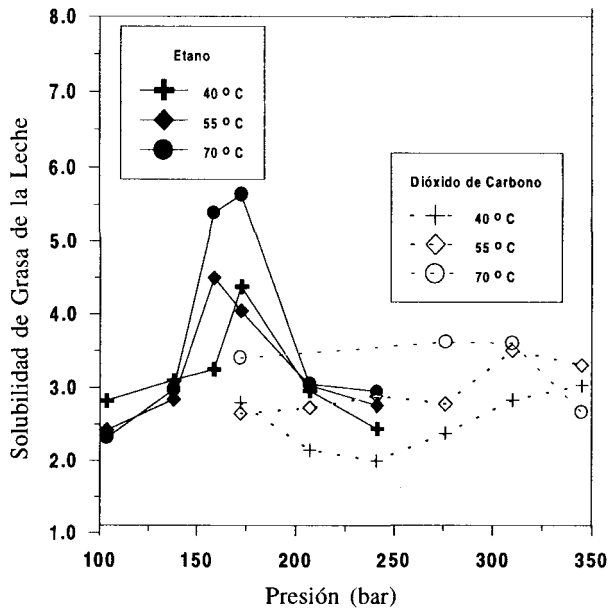


Figura 4. Solubilidad de grasa de la leche en etano y CO<sub>2</sub> supercrítico

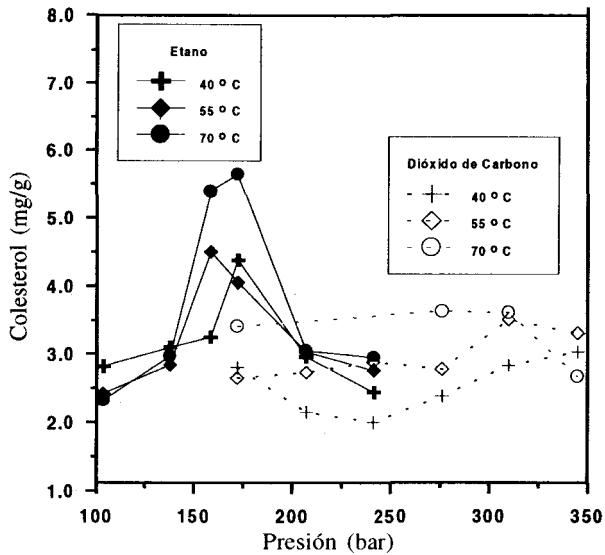


Figura 5. Concentración de colesterol en etano y CO<sub>2</sub> supercrítico

valores que los extraídos con CO<sub>2</sub> a presiones bien mayores (172 a 342 bar). Nótese también que las solubilidades de la grasa de la leche son mayores en etano que en CO<sub>2</sub>. Por la comparación de los resultados obtenidos para cada solvente, podemos afirmar que etano como solvente puede reducir apreciablemente el consumo de energía [8].

## CONCLUSION

Los datos de solubilidad presentados tanto para el colesterol puro y la grasa de la leche, muestran que el colesterol es más soluble en etano que en CO<sub>2</sub> supercrítico en las condiciones estudiadas en este trabajo. Estos resultados apuntan a la utilización del etano como co-solvente para aumentar la solubilidad de ciertos compuestos y también el uso de etano supercrítico como una alternativa en la extracción del colesterol de productos lácteos.

## BIBLIOGRAFIA

1. Bradley, R.L. Jr, (1989) Removal of Cholesterol from Milk Fat Using Supercritical Carbon Dioxide; *J. Dairy Sci.* **72**, (10), 2834 -2840.
2. Neves, B.M. (1996) Solubilidade do Colesterol e do Oleo de Manteiga em Dióxido de Carbono Supercrítico, Tese de Mestrado, Engenharia Química, Unicamp - Brasil.
3. Singh, H.; Yun, S. L. J.; Macnaughton, S. J. Tomasko, D. L. (1993) Solubility of Cholesterol in Supercritical Ethane and Binary Gas Mixture Containing Ethane; *Ind. Eng. Chem. Res.* **32**, 2841 - 2848.
4. Mohamed, R. S. Kieckbusch, T. G. (1994) Remocao do Colesterol da Gordura do leite; Projeto FAPESP - Brasil.
5. AOAC 933.08 (1990) Official Methods of Analysis, Residue (unsaponifiable) of Oils and Fats-Ethers, Extraction Method. *Assoc. Off. Anal. Chem.* Arlington VA, **971**.
6. Yun, S. L.; Liang, K. K.; Gurdial G.S. (1991) Solubility of Cholesterol in Supercritical Carbon Dioxide; *Ind. Eng. Chem. Res.*, **30**, 2476 - 2482.



7. Foster, N. R.; Sing, H.; Yun, J. S.; Tomasko, D. L. (1993) Polar and Nonpolar Cosolvent Effects on the Solubility of Cholesterol in Supercritical Fluid, *Ind. Eng. Chem. Res.* **32**, 2849 - 2853.
8. Huayta, S. F. (1996) Remocao do Colesterol e Fracionamento do Oleo de Manteiga com Etano Supercrítico, Tese de Mestrado, Engenharia Química, Unicamp - Brasil.
9. Hollar, W. E.; Ehrlich, Paul (1990) Solubility of Naphtalene in Mixtures of Carbon Dioxide and Ethane; *J. Chem. Eng. Data*, **35**, 271 - 275.