

# EFICIENCIA EN LA CONCENTRACIÓN DE LA PROTEÍNA DE LACTOSUERO CON UNA PLANTA MÓVIL DE ULTRAFILTRACIÓN Y NANOFILTRACIÓN

## Efficiency of Whey Protein Concentration With a Portable Ultra-filtration and Nano-filtration Plant

José F. Faria R.<sup>1</sup>, Aleida C. García U.<sup>2</sup> y Aiza C. García<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Unidad de Investigación en Ciencia y Tecnología de los Alimentos (UDICTA). Laboratorio de Ciencia y Tecnología de la Leche. Facultad de Ciencias Veterinarias. <sup>2</sup>Departamento de Estadística. Facultad de Agronomía. Universidad del Zulia. Apartado 526. Maracaibo 4001-A. Edo. Zulia, Venezuela. E-mail: aleidacoro@cantv.net

### RESUMEN

Para evaluar la eficiencia de concentración de las proteínas del suero con una planta móvil compuesta por un módulo de ultrafiltración y otro de nanofiltración, se determinó la composición en sólidos totales, proteína, ceniza y lactosa del suero inicial, del concentrado proteico y de los permeados de ultra y nano filtración. El contenido en cenizas se determinó por el método oficial de la AOAC, sólidos totales por Mojonier, lactosa por colorimetría con ácido pícrico y proteína por Microkjeldahl. Los porcentajes de remoción de los compuestos en los permeados se calcularon en base a los balances de materia seca obtenidos cuando el 95% del volumen del suero original había sido removido como permeado. Se encontró que los permeados de la ultrafiltración y la nanofiltración contenían 7,31% y 5,47% de sólidos totales, de los cuales el 71,13% y el 70,46% respectivamente, fue lactosa. La eficiencia de concentración de la proteína del suero con la planta móvil de ultra y nanofiltración tangencial se hizo evidente al obtenerse un concentrado proteico que alcanzó un contenido en sólidos totales de 20,29%, de los cuales 29,17 era lactosa y 51,84% era proteína.

**Palabras clave:** Suero, concentrado proteico, nanofiltración, ultrafiltración.

### ABSTRACT

In order to evaluate the efficiency of whey protein concentration in a mobile filtration plant composed of an ultra-filtration module and a nano-filtration module, analyses of ultra (P1) and nano (P2) filtration permeates for total solids, protein, ash and lactose of the original whey, and protein concentrate were conducted. Ash content was determined by the AOAC method. Total solids was determined by the Mojonier method. Lactose was deter-

mined by colorimetry with picric acid, and protein by the Microkjeldahl process. The removal percentages of compound in the permeates was calculated based on the dry mass obtained when 95% of the original volume of whey had been removed as a permeate. It was found that the ultra-filtration and nano-filtration permeates contained 7.31% and 5.47% total solids, of which 71.13% and 70.46% were lactose respectively. The efficiency of the whey protein concentration in the mobile plant with tangential ultra- and nano-filtration was evident. A protein concentrate was obtained that reached a total solids content of 20.29%, of which 29.17% was lactose and 51.84% was protein.

**Key words:** Whey, protein concentrate, nano-filtration, ultra-filtration.

### INTRODUCCIÓN

El suero lácteo obtenido como producto en el proceso de elaboración del queso retiene cerca del 55% de los nutrientes de la leche [5, 7, 11], dentro de los cuales se encuentran proteínas séricas de un apropiado balance en aminoácidos, alta digestibilidad y excelentes características funcionales, lo que ha inducido al desarrollo de procesos de fraccionamiento y concentración de los constituyentes del mismo [1, 2, 3, 10, 14].

En algunos países la aplicación de procesos de fraccionamiento y concentración con membranas en el tratamiento del suero, ha permitido obtener concentrados con un contenido proteico entre un 30 a 80%, los cuales están siendo empleados para el enriquecimiento de alimentos como el pan, sopas y bebidas, contribuyendo a aliviar las deficiencias proteicas provocadas por el desmedido crecimiento poblacional, y por la escasez y encarecimiento de los alimentos proteicos convencionales (carne, huevo, etc.) [6, 8, 11]. A la vez que se ha logrado, mejorar el aprovechamiento de la lactosa como substrato en procesos de fermentación, y en la concentración

y cristalización de la misma para su uso en la industria farmacéutica.

En Venezuela la industria quesera genera unos 700 millones de litros de suero anuales, que están siendo subutilizados al emplearse solo una cuarta parte en alimentación animal y en la producción de ricota o requesón, descargándose el volumen restante en lagos y ríos, aumentando con esto su demanda biológica de oxígeno.

El aprovechamiento del suero en el país, representaría poner a disposición anualmente, unos 5,6 millones de kilogramos de proteína, los cuales podrían ser utilizados en la formulación de alimentos calórico-proteicos de alto valor nutricional, contribuyendo además con el incremento del valor agregado de la leche.

Al inicio del desarrollo de la tecnología de separación con membranas, los costos de los equipos eran elevados, haciendo difícil su adquisición, hoy día la competencia entre países desarrollados como Alemania, Francia y Norte América ha conducido al diseño de membranas de elevada eficiencia, fácil limpieza y bajo costo [4, 8, 12].

En el país la aplicación de los procesos de membrana en la industria láctea, y en la industria de alimentos en general, ha tenido muy poca o limitada aceptación, dado quizás al desconocimiento de los avances que han tenido estas técnicas de separación en los países desarrollados. Con el propósito de optimizar el aprovechamiento de los recursos disponibles en la región, se planteó como objetivo de esta investigación evaluar la eficiencia de concentración de las proteínas del suero lácteo utilizando una planta móvil compuesta por un módulo de ultrafiltración y otro de nanofiltración.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Muestras:** Suero proveniente de la elaboración de queso blanco fresco, se recolectó en una planta quesera ubicada en la ciudad de Maracaibo, estado Zulia-Venezuela, y se transportó hasta el laboratorio de Ciencia y Tecnología de la Leche de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad del Zulia, en un lapso aproximado de 4 horas. El suero fue descremado en una desnatadora de la casa Westfalia C.A. de una capacidad de procesamiento de 10000 L/h. Se realizaron un total de cinco muestreos, en un período de dos meses y medio, con una frecuencia muestral quincenal.

**Equipo:** Se utilizó para la concentración de las proteínas séricas una planta piloto de filtración tangencial provista de dos módulos con membranas en espiral, una membrana de ultrafiltración y otra de nanofiltración, colocadas en serie en un soporte metálico, y conectadas a una bomba de desplazamiento positivo de  $\frac{3}{4}$  de Hp, tipo CAO Smith CORP. México, con un rango de presión de trabajo de 0-400 psi. A un nivel superior de los módulos se dispone de un tanque de acero inoxidable de 25 litros de capacidad, utilizado para colocar la mues-

tra de suero, el cual estaba conectado a la bomba por medio de una manguera sanitaria de  $\frac{3}{4}$  de plg. A la salida de cada módulo se dispone de una válvula tipo aguja para regular la presión.

El módulo de ultrafiltración utilizado fue diseñado y construido por DOW CHEMICAL COMPANY con una capa interna de polisulfona con micro poros, una capa de poliamida y una capa de poliéster como refuerzo en el tope de la superficie de la membrana, del tipo FILMTES (FT 30). El módulo de nanofiltración fue diseñado y construido por TRISEP CORPORATION con membrana de poliamida, es del tipo 4040-TS40-TSA.

**Determinaciones:** A las muestras de suero original, concentrado de proteína y permeados de ultra y nanofiltración, se les determinó por duplicado cenizas por el método oficial de la AOAC, sólidos totales por Mojonnier, lactosa por el método colorimétrico con ácido pícrico, nitrógeno total por Microkjeldahl y el porcentaje de proteína como el producto del nitrógeno total por 6,38.

**Proceso:** Un volumen de 100 litros de suero fue fraccionado en 5 partes iguales para ser procesado en lotes de 20 litros. El módulo fue cebado con 2 litros de suero aproximadamente. El suero se colocó en el tanque para ser recirculado a una temperatura de 24°C, una razón de flujo de permeado de 0,4 L/min, y una presión de 60 psi. La recirculación se realizó hasta obtener un volumen final de concentrado que representaba el 5% del volumen original del suero. Se recolectaron 2 permeados el primero en la membrana de ultrafiltración (P1) y el segundo en la de nanofiltración (P2). Al terminar de procesar el primer lote se colocaron 20 L más de suero, repitiendo el procedimiento para los cinco lotes. Para la recuperación final del suero que quedaba en el módulo se procedió a realizar un empuje con agua tomando la precaución de evitar la mezcla de ésta con el concentrado de suero. De la misma forma se efectuaron las cinco corridas.

**Tratamiento de los Resultados:** Los resultados se presentan como valores medios composicionales del suero original, concentrado proteico y permeados. En base a los balances de materia se calcularon los pesos secos de los constituyentes individuales. Para determinar la existencia de diferencias estadísticamente significativas se realizó un análisis de la varianza para un diseño completamente aleatorizado, y se aplicó la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey, los análisis estadísticos se realizaron con el SAS versión 8,1 [15].

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la TABLA I se muestra la distribución de masa del suero inicial en el concentrado y los permeados, así como, la composición en base húmeda de los mismos, obtenidos al alcanzarse una reducción del 95% del volumen inicial del suero.

De la masa total del suero inicial se recolectó 8,19% en el concentrado proteico, 22,61% en el permeado de la mem-

**TABLA I**  
**COMPOSICIÓN PORCENTUAL DEL SUERO INICIAL, CONCENTRADO PROTEÍCO Y PERMEADOS DE ULTRAFILTRACIÓN (P1) Y NANOFILTRACIÓN (P2)**

Fracción	Peso (Kg)	Sólidos Totales(%)	Lactosa (%)	Sales (%)	Proteína (%)
Suero Inicial <sup>1</sup>	101,80	6,85	4,40	0,62	1,09
Concentrado <sup>2</sup>	8,05	20,29	5,92	0,79	10,52
P1 <sup>3</sup>	70,75	7,31	5,20	0,56	0,52
P2 <sup>4</sup>	22,22	5,47	3,86	0,55	0,36

<sup>1</sup>Peso específico =1,080; <sup>2</sup>Peso específico =1,610 <sup>3</sup>Peso específico =1,014; <sup>4</sup>Peso específico =1,010.

brana de nanofiltración y 72,02% en el permeado de la ultrafiltración. Una parte importante de la masa del suero inicial estuvo representada por el agua (93,15%), con lo cual se hace evidente que se distribuyó principalmente en los permeados. Las membranas de filtración tangencial son diseñadas para realizar la separación de compuestos en base a tamaños de moléculas [9,16], esperándose por ello que en el fraccionamiento del suero, una parte importante del agua atraviese la membrana, a la vez que los sólidos de mayor peso queden retenidos.

De los constituyentes de los sólidos del suero descremado, las proteínas son las moléculas de mayor tamaño, y estas quedaron retenidas principalmente en el concentrado (10,52%), mientras que las sales minerales y la lactosa, que son compuestos de bajo peso molecular, se encontraron en una mayor proporción en los permeados.

En la TABLA II se presentan los porcentajes de remoción en los permeados de los constituyentes del suero inicial, calculados a partir de sus concentraciones en base seca. Como puede observarse, en el permeado de ultrafiltración fueron removidos 74,18% de los sólidos del suero inicial, mientras que en el permeado de la nanofiltración fueron removidos solamente un 17,50% de los sólidos. Estando representados los sólidos del permeado de ultrafiltración en un 71,18% por lactosa, 7,74% por sales y 7,16% por proteínas, mientras que los sólidos del permeado de nanofiltración fueron 70,45% lactosa, 9,84% sales y 6,56% proteína. Es de resaltar que la masa en sólidos totales del permeado de ultrafiltración fue superior en un 76,4% a la del permeado de la nanofiltración, siendo para ambos la lactosa el principal componente, seguido por las sales minerales y las proteínas. Esto refleja que la selectividad proporcional de los constituyentes del suero fue igual para ambas membranas.

Una considerable separación de la lactosa pudo lograrse con el empleo del módulo, al producirse una remoción del 82,14% de la lactosa del suero original en el permeado de ultrafiltración, y de 17,50% en el permeado de la nanofiltración. En otras investigaciones se han reportado porcentajes de remoción de la lactosa de solo un 78% [9].

De las sales presentes en el suero original el 63,49% fue removido en el permeado de ultrafiltración y 19,20% en el de nanofiltración. Estos valores fueron bajos al compararlos

con otras investigaciones [16], donde se reportan valores de remoción de las sales entre 75 y 95%. Se ha señalado que para alcanzar una apropiada separación de las sales del suero con membranas de nanofiltración, las cuales son una versión intermedia entre las membranas de ultrafiltración y ósmosis inversa con principio de funcionamiento similar a éstas últimas, son necesarias presiones superiores a 50 bares [16], pudiendo ser la baja presión empleada en ésta investigación en la membrana de nanofiltración (4 bares), la razón de la baja remoción de sales.

Se ha señalado que la ultrafiltración, en contraste con la ósmosis inversa que requiere presiones elevadas (600psi), utiliza membranas que no dependen de la presión osmótica, siendo por ello las membranas de ósmosis más susceptibles al taponamiento de los poros, por lo que se ha obtenido una disminución de la razón de flujo de hasta un 50% a 450 psi por problemas de este tipo, evidenciándose la importancia del efecto de la presión sobre la efectividad de las membranas [3].

Los análisis estadísticos mostraron que los permeados presentaron diferencias altamente significativas ( $P < 0,05$ ) en los contenidos en sólidos totales, lactosa, sales minerales y proteínas.

En la TABLA III se muestra el contenido en peso seco del concentrado proteico, el cual presentó 20,29% de sólidos totales (TABLA I), siendo 3,70% de estos sales, 29,17% lactosa y 51,84% proteína.

McDonaugh [9] obtuvo por ultrafiltración del suero, en un equipo compuesto por 72 membranas, un concentrado proteico que contenía entre 20 a 22% de sólidos, con 35 a 37% de proteína y 50 a 52% de lactosa, señalando que dicho concentrado equivalía a una leche descremada en polvo.

Como puede observarse la proporción de lactosa encontrada en ésta investigación en el concentrado fue inferior a la reportada por McDonaugh, ésto pudiera ser conveniente en virtud de que un elevado contenido de lactosa en el concentrado proteico podría provocar problemas considerables en el proceso de deshidratación del mismo [13].

La retención de lactosa en el concentrado proteico pudiera deberse a que ésta se encuentra disuelta en el agua presente en el mismo [9], por ello sólo el paso a través de la

**TABLA II**  
**COMPONENTES EN PESO SECO DEL SUERO INICIAL Y PERMEADOS DE LA ULTRAFILTRACIÓN (P1) Y NANOFILTRACIÓN (P2)**

Componente	Suero Inicial	P1	P2	Remoción en P1 (%)*	Remoción en P2 (%)
Sólidos Totales (Kg)	6,97 <sup>a</sup>	5,17 <sup>b</sup>	1,22 <sup>c</sup>	74,18	17,50
Lactosa (Kg)	4,48 <sup>a</sup>	3,68 <sup>b</sup>	0,86 <sup>c</sup>	82,14	19,20
Sales (Kg)	0,63 <sup>a</sup>	0,40 <sup>b</sup>	0,12 <sup>c</sup>	63,49	19,05
Proteínas (Kg)	1,11 <sup>a</sup>	0,37 <sup>b</sup>	0,08 <sup>c</sup>	33,33	7,21

\*Remoción= (Masa de permeado /Masa en Suero inicial) x100 (14).  
significativamente (P<0,05).

<sup>a,b,c</sup> Medias en la misma fila con diferente superíndice difieren

**TABLA III**  
**CONTENIDO EN PESO SECO DEL CONCENTRADO PROTEICO**

	Sólidos Totales (Kg)	Lactosa (Kg)	Sales (Kg)	Proteína (Kg)
Concentrado Proteico	1,62	0,47	0,06	0,84
Proporción en los Sólidos (%)	—	29,17	3,70	51,84

membrana del 100% del agua, garantizaría la remoción total de la lactosa. Para lo cual se ha sugerido realizar una purificación del concentrado proteico a través de remociones de los sólidos no proteicos del concentrado con agua tamponada para luego volver a ultrafiltrar.

En la FIG. 1 se presenta la distribución porcentual de los componentes en los sólidos totales del suero inicial, concentrado proteico y permeados de ultra y nanofiltración, donde se evidencia la eficiencia del módulo en la concentración de la proteína del suero en el concentrado proteico.

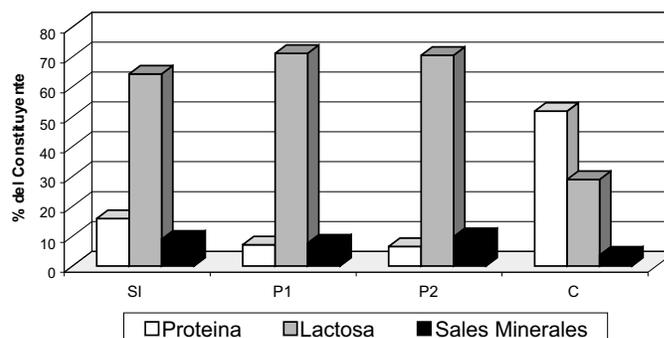
## CONCLUSIONES

La eficiencia de concentración de la proteína del suero con la planta móvil de ultra y nano filtración tangencial se hizo evidente al obtenerse un concentrado proteico con un contenido en sólidos totales de 20,29%, de los cuales el 29,17% es lactosa y 51,84% proteína. El producto posee características apropiadas para usar en la formulación de alimentos calórico-proteicos.

Esta planta por su movilidad y dimensiones (2 x 1 m) puede representar una alternativa viable en el aprovechamiento del suero generado en las pequeñas y numerosas queseras del estado Zulia, entidad federal donde se produce más del 50% del volumen total de leche del país, y donde además existe un índice de desnutrición infantil superior a la media nacional.

## AGRADECIMIENTO

Al Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad del Zulia (CONDES) por el financiamiento de la presente investigación.



**FIGURA 1. RELACIÓN PORCENTUAL DE LA PROTEÍNA, LACTOSA Y SALES MINERALES EN LOS SÓLIDOS DEL SUERO INICIAL (SI), CONCENTRADO PROTEÍCO (C) Y PERMEADOS DE LA ULTRAFILTRACIÓN (P1) Y NANOFILTRACIÓN (P2).**

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] CHEN, J.P.; WANG, C. Microfiltration affinity purification of lactoferrin and immunoglobulin G from Cheese Whey. **J. Food Sci.** 56:701-706.1991.
- [2] CHIANCONE, E.; GATTONI, M. Selective separation of native b-Ig from whey. **J. Chromatogr.** 539:455-463.1991.
- [3] DURHAM, R.J.; HOURIGAN, J.A.; SLIGH, R.W.; JOHNSON, R.L. Whey fractionation: wheying up the consequences. **Food-Australia.** 49:460-465.1997.
- [4] FENTON, R. I.; HILL, C. G.; AMUNDSON, C. H. Use of ultrafiltration/reverse osmosis systems for the concentra-

- tion and fractionation of whey. **J. Food Sci.** 36:14-21.1971.
- [5] KINSELLA, J.E.; WHITEHEAD, D.M. Proteins in Whey: Chemical physical and functional properties. **Advances Food Nutri Res.** 70:2419-2424.1989.
- [6] KOSIKOWSKI, F.V. Whey utilization and whey products. **J. Dairy Sci.** 62: 1149-1160.1979.
- [7] MANGINO, M.E.; Physico-chemicals aspects of whey protein functionality. **J. Dairy Sci.** 67:2711-2722.1984.
- [8] MATHUR, B.N.; SHAHANI, K. Use of total whey constituents for human food. **J. Dairy Sci.** 62:1.1979.
- [9] MCDONAUGH, F.E.; MATTINGLY, W.A.; VESTAL, J.H. Protein concentrate from cheese whey by ultrafiltration. **J.Dairy Sci.** 54:10.1971.
- [10] MEHRA, R.K.; DONNELLY, W.J. Fractionation of whey protein components through a large pore size, hydrophilic, celulosic membranes. **J. Dairy Res.** 60:89-97.1993.
- [11] MORR, C.V.; FOEGEDING, E.A. Composition and functionality of commercial whey and milk protein concentrates and isolates-A status report. **Food Technol.** 44:100-112. 1990.
- [12] MUCHETTI, G.; TAGLIETTI, P.; GATTI, M.; NEVIANI, E. Whey Ultrafiltration: evaluation of Protein retention with different membranes. *Ital.* **J.Food Sci.** 2:99-106.1993.
- [13] OBORN, R.; PIGGOT, K.L. Revisión de Posibles Métodos de Utilización del Suero de Queso en Australia. **Alimentaria.** 7:15-25.1970.
- [14] PATEL, M. T.; KILARA, A. Studies on WPC-1. Compositional and thermal properties. **J. Dairy Sci.** 73:1439-1445.1991.
- [15] STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE (SAS). Release 8,1. Cary, NC: 1999.
- [16] VEISEYRE, R. **Lactología Técnica.** Editorial Acribia. Segunda Edición. Zaragoza, España. 650pp.1988.
- [17] WARREN, C. Whey processing and utilization. **J. Dairy Sci.** 62:96-98.1979.