

Propiedades funcionales de la proteína de cují (*Prosopis juliflora*)

Ingrid Holmquist-Donquis¹ y Gleywer Ruíz de Rey²

Centro de Investigaciones Tecnológicas, Universidad Nacional Experimental «Francisco de Miranda»,
Coro, Estado Falcón, Venezuela

RESUMEN. Se preparó un concentrado proteico a partir de la harina del fruto completo del cují (*P. juliflora*) para evaluar y caracterizar sus propiedades funcionales; índice de solubilidad y efecto del calor húmedo sobre la misma, capacidad de absorción de agua y acidez, capacidad espumante, estabilidad de la espuma, capacidad emulsificante, viscosidad de la emulsión y el efecto de la temperatura y el NaCl sobre algunas de estas propiedades, según procedimientos descritos en la literatura a objeto de determinar su potencial aplicación como ingrediente en alimentos y posible competitividad en el mercado como nueva fuente de proteína. El punto isoeléctrico del concentrado osciló en un rango de pH entre 4,00-4,50. La máxima solubilización se obtuvo a pH 10,00 en solución de NaCl 0,75 M y con tratamiento térmico a 112 °C por un período de 5 min. Bajo las condiciones estudiadas, los gramos de agua absorbidos y los gramos de aceite retenidos sugieren la utilización de la proteína de cují en alimentos donde ambas propiedades sean importantes para garantizar el «flavor» y/o textura del producto. La capacidad espumante, mayor a la de la albúmina de huevo bajo condiciones similares de pH, mostró una correlación positiva ($r=0.8435$ con un nivel de significación de $p=0.004$) con el índice de solubilidad, pero disminuyó en presencia de NaCl aún a bajas concentraciones, por lo que el uso de esta proteína por esta propiedad, dependerá del pH y fuerza iónica del producto a procesar.

Palabras Clave: Proteína vegetal, concentrado proteico, propiedades funcionales.

SUMMARY. Functional properties of mesquite bean protein (*Prosopis juliflora*). A protein concentrate was prepared from whole mesquite bean (*Prosopis juliflora*) to evaluate and characterize its functional properties; solubility index, effects of moist heat on its solubility, water sorption, fat absorption, foaming capability and foam stability, emulsifying capacity, viscosity and the effects of NaCl and temperature on some of these properties. These properties were evaluated by procedures used to determine its potential application as a food ingredient and its market potential as a new protein source. The protein isoelectric point ranged between pH 4,00-4,50. Maximum solubility was obtained at a pH 10,00 in a 0,75 M NaCl solution and under heat treatment at 112 °C for 5 min. Under the studied conditions the amount of water absorbed and the fat absorption capacity, strongly suggest the mesquite bean protein utilization in foods where both properties are important in order to enhance flavor retention and mouth-feel improvement. Although its foaming capability was larger than that of the egg albumin under similar pH conditions, the protein concentrate did not show a good stability, however, both properties could be improved. Emulsifying capacity as a pH function, showed a positive correlation ($r=0.8435$ with a significance level of $p=0.004$) with the solubility index but, decreased with NaCl even at low concentrations. For these reasons, the uses of mesquite bean protein for this property will be determined by the pH and ionic strength of the product to be processed.

Key words: Vegetable proteins, protein concentrate, functional properties.

INTRODUCCION

El cují (*P. juliflora*) ha sido ampliamente utilizado como combustible, material de construcción, carbón orgánico, con propósitos medicinales y como alimento de consumo animal(1), pero pocos son los estudios que reportan su incorporación en alimentos de consumo humano (1,2). Su utilización en productos alimenticios ha sido limitada a pesar de poseer

una proteína de calidad por su alto contenido en aminoácidos esenciales y una digestibilidad comparable a la de otras leguminosas (3,4,5,6); no haberse encontrado elementos o sustancias tóxicas en su composición (7) y a la experiencia existente en la industria de alimentos en el uso de otras proteínas procedentes de leguminosas (1). Las propiedades funcionales de su proteína no han sido evaluadas para implementar su uso por cualidades como capacidad espumante, capacidad de absorción de aceite y/o agua, capacidad emulsificante, viscosidad, etc., de gran utilidad en la industria de alimentos (8,9,10).

Desde un punto de vista tecnológico, las proteínas juegan un papel importante en la estructura y cualidades organolépticas de los alimentos, cuyas características se ven influenciadas

1. Profesora Titular del Area Ciencias de la Salud y del Centro de Investigaciones Tecnológicas (CITEC).
2. Asistente de Laboratorio de Investigaciones y Docencia del Centro de Investigaciones Tecnológicas (CITEC).

por las propiedades funcionales de las proteínas que ellos posean (11). Estas propiedades a su vez, varían según la fuente de la proteína, métodos de aislamiento, precipitación, secado, concentración y algunas condiciones ambientales como pH, temperatura y fuerza iónica. Por esta razón, al desarrollar una nueva fuente de proteína, un concentrado o aislado proteico, es necesaria la determinación sistemática de sus propiedades funcionales para determinar su campo de aplicación y posible competitividad en el mercado como lo demuestran trabajos realizados con diversas variedades de leguminosas y oleaginosas (12-19). Basados en estos antecedentes, se planteó como objetivo la preparación de un concentrado proteico a partir de la harina completa de *P. juliflora* para evaluar algunas de sus propiedades funcionales y establecer su posible utilización en la elaboración de alimentos de consumo humano.

MATERIALES Y METODOS

I. Preparación de la harina y el concentrado proteico

Los frutos de *P. juliflora* fueron recolectados en diferentes áreas de la ciudad de Coro, Estado Falcón, Venezuela, en pequeñas cestas de metal colocadas debajo de las ramas recolectándose sólo aquellas que caían dentro de las mismas. Los frutos fueron seleccionados, cortados en sus extremos, lavados, secados en estufa Memmert 854 (Schwabach.w + Germany) a 70 °C por 24 h y molidos en un molino de cuchilla Retsch (Restch ZM1, F Kurt Resch Gmb H & Co., Germany) con tamiz de 0,50 mm.

El concentrado fue preparado a partir de la harina del fruto completo según el procedimiento descrito por Guerra y Park (20) con algunas modificaciones. La harina (200 g) fue suspendida en agua destilada (1:10 p/v) y ajustada a pH 10,00 con NaOH 1,00 M por 20 min con agitación continua a temperatura ambiente. La suspensión fue colocada en reposo a 4 °C hasta obtener dos fases: una líquida (sobrenadante) conteniendo la proteína solubilizada y una sólida (residuo). Debido al tamaño de la muestra, el sobrenadante fue separado por decantación y acidificado a pH 4,00-4,50 con HCl 0,10 N. El residuo fue resuspendido nuevamente en agua destilada y colocado en reposo a 4 °C por 24 h hasta obtener precipitación de proteína en el sobrenadante. La proteína precipitada fue lavada con agua destilada, centrifugada a 8.000 rpm por 10 min en una centrífuga refrigerada Damon B-20A (International Equipment Co, Needham Heights, MA) y colocada en frascos de vidrio para su deshidratación en un liofilizador Labconco (Labconco Co, Kansas City, Mo, USA). La proteína deshidratada fue triturada en mortero hasta obtener partículas de 100 mesh.

La concentración de proteína, extracto de hexano, ceniza y humedad en la harina y el concentrado, fue determinada por triplicado y expresada en base seca según recomendaciones de la AOAC(2). Concentración de fibra dietética total, fibra soluble y fibra insoluble en la harina, según el método adap-

tado en el laboratorio de Análisis de Alimentos de la Universidad «Simón Bolívar, Caracas, Venezuela, de acuerdo a las referencias (22,23,24), con los reactivos α -amilasa termoestable Sigma N° A-3306, proteasa Sigma N° P-3913, Amiloglucosidasa Sigma N° A-9913 y Celite Sigma C-8556 (Sigma Chemical Co, St Louis MO, USA). Azúcares totales, azúcares reductores y sacarosa por el método de Lane y Eynon descrito por Lees (25).

II Propiedades Funcionales:

Índice de solubilidad: Se determinó en muestras de harina y concentrado según el procedimiento descrito por Sosulski et al (26). Suspensiones al 1,00 g/100 de la harina y el concentrado en solución acuosa, y suspensiones al 1,00 g/100 del concentrado en soluciones de NaCl 0,10; 0,25; 0,50; 0,75 y 1,00 M, fueron divididas en alícuotas de igual volumen (10 ml) y ajustadas a valores de pH entre 2-10 con NaOH o HCl 0,10 N por 10 min con agitación continua a temperatura ambiente. Las alícuotas fueron colocadas en reposo a 4 °C por 30 min y centrifugadas a 4.500 rpm por 30 min a temperatura ambiente. Los sobrenadantes fueron decantados, filtrados a través de papel de filtro Whatman N° 1 y la concentración de proteína solubilizada en cada uno de ellos fue determinada por el método Lowry et al (27) con un espectrofotómetro de absorción UV- visible Cam-Spec M330 (Cam Spec LTD, Cambridge, England).

Las muestras control fueron preparadas con suspensiones de harina y concentrado al 1,00 g/100 en NaOH 1,00 M calentadas a 80 °C por 15 min, centrifugadas y filtradas al igual que las demás alícuotas. Los valores obtenidos para los controles fueron asumidos como el 100 g/100 de proteína presente y la concentración de proteína solubilizada en función del pH para ambas muestras fue expresada como porcentaje de los valores en el control.

Efecto del calor húmedo en la solubilidad: Para evaluar el efecto del calor sobre la estructura de la proteína y subsecuentemente en su solubilidad, muestras del concentrado fueron sometidas a calor con vapor a presión a 112 °C por 5, 15 y 30 min en un autoclave All American N° 25X (Wisconsin Aluminum Foundry Co Inc, USA). La solubilidad de la proteína en cada una de las muestras fue determinada según el procedimiento descrito por Sosulski et al (26), y la concentración de proteína solubilizada determinada por el método de Lowry et al (27).

Capacidad de absorción de agua: La capacidad de absorción de agua fue determinada según el procedimiento descrito por Salim (28). Suspensiones al 1,00 g/100 del concentrado en agua destilada a 25, 50 y 75 °C y ajustadas a pH 4,00; 6,00 y 8,00 con NaOH o HCl 0,10 N, fueron colocadas en reposo por 1 h en estufas Memmert 854 (Schwabach.w + Germany) calibradas a 25, 50 y 75 °C y centrifugadas a 6.000 rpm por 45 min. Decantado el sobrenadante, los tubos fueron inclinados en un ángulo de aproximadamente 15 °C con el plano horizontal por 20 min.

Los tubos más el precipitado húmedo fueron pesados, colocados en estufa a 105 °C por 16 h y pesados nuevamente. Los gramos de agua absorbidos fueron determinados por diferencia y los resultados expresados como g agua absorbida/g proteína. Los ensayos fueron realizados por triplicado y promediados.

Para evaluar el efecto del NaCl, suspensiones al 1,00 g/100 del concentrado en soluciones de NaCl 0,50; 0,75 y 1,00 M, ajustadas a pH 4,00; 6,00 y 8,00 con NaOH o HCl 0,10 N a temperatura ambiente, fueron colocadas en reposo por 1 h a 4 °C reajustándose el pH en caso necesario. Los g agua absorbida/g de proteína fueron determinados siguiendo el procedimiento descrito anteriormente.

Capacidad de absorción de aceite: Se evaluó según el método descrito por Dench et al (29). Muestras del concentrado (0,50 g) colocadas en tubos de centrifuga, fueron mezcladas con 3,0 ml de aceite de maíz (Mazeite, Remavenca, Venezuela) a 25, 50 y 75 °C y pesadas nuevamente (tubo + muestra + aceite). Los contenidos fueron agitados manualmente por 1 min, colocados en reposo por 1 h en estufas calibradas a 25, 50 y 75 °C y centrifugadas a 6.000 rpm por 45 min. Decantado el sobrenadante, los tubos fueron colocados a un ángulo de aproximadamente 15 °C con el plano horizontal por 20 min. Los tubos fueron pesados nuevamente y los gramos de aceite retenidos calculados por diferencia. Los tratamientos fueron realizados por triplicado, promediados y expresados como g de aceite retenido/g de proteína.

Para evaluar el efecto del NaCl, muestras del concentrado (0,50 g) fueron mezcladas con NaCl al 0,25; 0,50 y 1,00 g/100. La capacidad de absorción de aceite fue determinada según el procedimiento descrito anteriormente a temperatura ambiente.

Capacidad espumante y estabilidad de la espuma: Se determinó según el método descrito por Pérez y Saad (30) con albúmina de huevo (Ovalbumin) grado II (Sigma Chemical Co, St Louis Mo, USA) como referencia comparativa en suspensiones al 1,00 g/100 del concentrado en solución acuosa y soluciones de NaCl 0,50; 0,75 y 1,00 M ajustadas a pH 6,00 y 7,00 con NaOH o HCl 0,10 N. Los resultados fueron expresados como porcentaje del volumen de espuma formado tomando como 100% el volumen inicial de la suspensión. Para determinar la estabilidad de la espuma en el tiempo, el volumen de espuma fue medido en un cilindro graduado (250 ml) a diferentes intervalos de tiempo tomando como 100% el volumen de espuma en el tiempo 0 min.

Capacidad emulsificante: Se determinó según el método descrito por Swift et al (31) en suspensiones al 1,00 g/100 del concentrado en solución acuosa ajustadas a pH 2,00- 10,00 con NaOH o HCl 0,10 N, y en soluciones de NaCl 0,10; 0,25; 0,50; 0,75 y 1,00 M ajustadas a pH 6,00; 7,00 y 8,00. Los tratamientos fueron realizados por duplicado con aceite de maíz (Mazeite, Remavenca, Venezuela) coloreado con onoto (*Bixa orellana*) y expresados como ml de aceite emulsificado/g de proteína.

Viscosidad de la emulsión: Se evaluó en emulsiones preparadas a pH 6,00; 7,00 y 8,00 en solución acuosa finalizando la titulación al 90 ml/100 de la cantidad del aceite requerido para colapsar la emulsión. La viscosidad fue medida por duplicado en un Viscosímetro digital Brookfield DV-II+ (Brookfield Ingeniering Lab Inc, USA) a 23,9 °C con aguja Brookfield SPO2 (Brookfield Ingeniering Lab Inc, USA) a 50 rpm para las emulsiones preparadas a pH 6,00 y aguja Brookfield SP 03 (Brookfield Ingeniering Lab Inc, USA) a 100 rpm para las emulsiones preparadas a pH 7,00 y 8,00.

Análisis estadísticos: Se realizaron análisis de comparación de medias, específicamente prueba t-student, para muestras pareadas ($p \leq 0,05$) y el coeficiente de correlación de Pearson para determinar la relación entre las propiedades; índice de solubilidad y capacidad emulsificante de la proteína con el paquete estadístico SPSS para Windows versión 6.0.

RESULTADOS Y DISCUSION

Índice de solubilidad de la proteína: La Gráfica 1 muestra la curva de solubilidad de la proteína como una función del pH para el concentrado y la harina del fruto. En ambos casos, el perfil de las curvas en solución acuosa fue similar (forma de U) al reportado en la literatura para otras proteínas vegetales (12-16,18,19). El punto isoeléctrico osciló entre pH 4,00 - 4,50 y la máxima solubilización (68,81 g/100) a pH 10,00, valores similares a los reportados por Meyer et al (1) y Del Valle et al (3) para *P. juliflora*. La concentración de proteína solubilizada fue significativamente mayor para el concentrado que para la harina en ambos extremos del punto isoeléctrico (la comparación de media mediante la prueba t-student arrojó un valor de $t = 4,96$ con un nivel de significación $\alpha/2 = 0,001$). Esta diferencia pudo deberse a factores como la concentración inicial de proteína en las muestras y la presencia de otros ingredientes en la harina del fruto como fibra dietética (44,10 g/100), constituyente que puede interferir en la solubilización de la proteína a pH alcalino (Tabla 1). La concentración de proteína en el concentrado fue aproximadamente el doble (24,14 g/100) a la contenida en la harina (14,56 g/100) no obstante el bajo rendimiento obtenido en preparación del concentrado. Este bajo rendimiento se debió posiblemente a la sustitución del proceso de centrifugación después de la alcalinización de la suspensión a pH 10,00, por un período de reposo de 24 h y posterior decantación del sobrenadante para su acidificación a pH 4,00.

En el estudio de solubilidad de la proteína de *P. juliflora*, se obtuvieron concentraciones de proteína solubilizada inferiores a las reportadas para proteínas como la de soya y maní (*Arachis hypogaea L.*) (13,15,16), pero similares a las reportadas para otras especies vegetales como *Phaseolus vulgaris* (12), *Moringa peregrina* (13), *Tamarindus indica* (14), *Brassica campestris* (18) y dos variedades de semillas de melón *Cucumeropsis edulis* y *Colocynthis citrullus L* (19).

TABLA I
Composición química de la harina y el concentrado
de *P. juliflora*

Componentes	Harina (g/100g)(a)	Concentrado (g/100g) (b)
Proteína cruda(c)	14,56±5,39	24,14
Extracto de hexano	3,20±0,63	9,19
Ceniza	4,22±0,20	4,46
Azúcares totales	15,47±2,18	7,73
Azúcares reductores	5,62	2,09
Sacarosa (d)	9,36±2,07	5,36
Fibra dietética total	44,10	—
Fibra insoluble	32,35	—
Fibra soluble	11,75	—

a: Promedio de siete lotes expresados en base seca

b: Base seca; variabilidad para las mismas determinaciones, ±1,5%

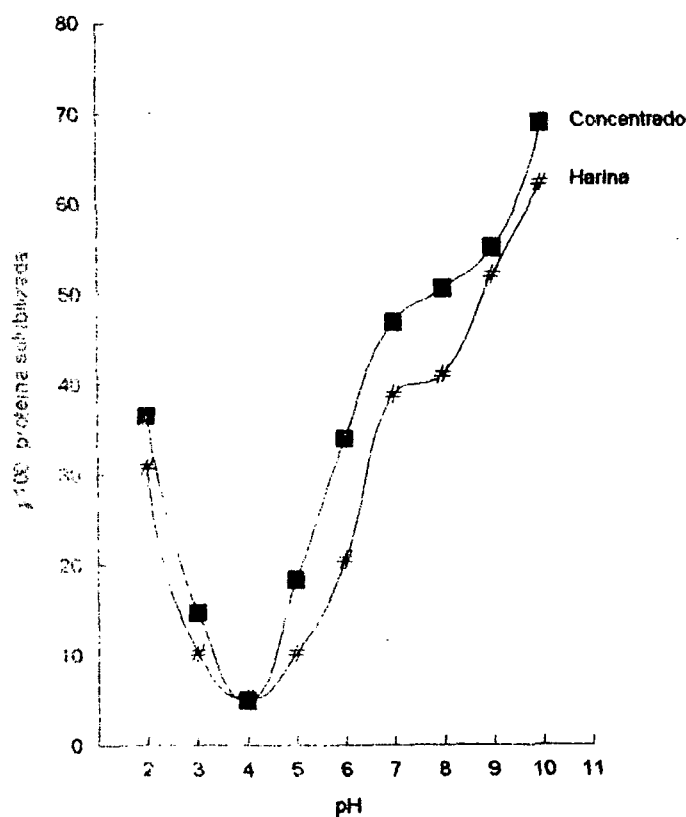
c: N x 6,25

d: Azúcares totales - azúcares reductores x 0,95

e: análisis realizado en mezcla de harina de cují proveniente de 7 lotes

GRAFICO 1

Solubilidad de la proteína como una función del pH en suspensiones al 1,00 g/100 del concentrado (■) y la harina (#) de *P. juliflora* (p=0,001)



En presencia de NaCl a concentraciones entre 0,10 - 1,00 M y a valores de pH 4,00; 7,00; 9,00 y 10,00 el índice de solubilidad (Gráfico 2) mostró un incremento altamente significativo (p=0,00) en la concentración de proteína solubilizada en suspensiones entre 0,10 y 0,75 M comparada con la obtenida en solución acuosa para los mismos valores de pH (Gráfico 1), con un máximo de solubilización a pH 9,00 y 10,00 en solución 0,75 M (99,50 g/100). Aparentemente, dependiendo del pH y la molaridad de la suspensión, el NaCl ejerce un marcado efecto en la solubilidad de la proteína de cují al alterar el equilibrio asociación-disociación, la estabilidad de su estructura y la velocidad de los cambios en la conformación de esta proteína aumentando o disminuyendo su solubilidad, siendo esta conducta un excelente índice de su funcionalidad y por consiguiente, de sus limitaciones o potenciales aplicaciones en alimentos proteicos. Conductas similares han sido reportadas para otras proteínas vegetales (12,14,16,18).

Efecto del calor húmedo en la solubilidad de la proteína: El calentamiento de la proteína a 112 °C por 5 min incrementó significativamente su solubilidad (p=0,001) a valores de pH entre 4,00 y 8,00 (Gráfico 3) comparada con la proteína cruda (Gráfico 1) o con la adición de NaCl a concentraciones entre 0,10 y 0,50 M (Gráfico 2), lográndose una concentración de proteína solubilizada a pH 8,00 de 99,50 g/100. Al incrementar el tiempo de exposición a 15 y 30 min, se observó una pérdida significativa de la solubilidad (p=0,020; p=0,006 respectivamente), en comparación con la observada a los 5 min hasta valores de pH 6,00 y 7,00 respectivamente, donde ocurrió un incremento de la misma pero sin observarse una diferencia significativa en las concentraciones de proteína solubilizada entre ambas temperaturas (p= 0,137). Resultados similares fueron reportados por Carbonaro et al (12) para *P. vulgaris* al someter a calentamiento la proteína a 120 °C por 20 min.

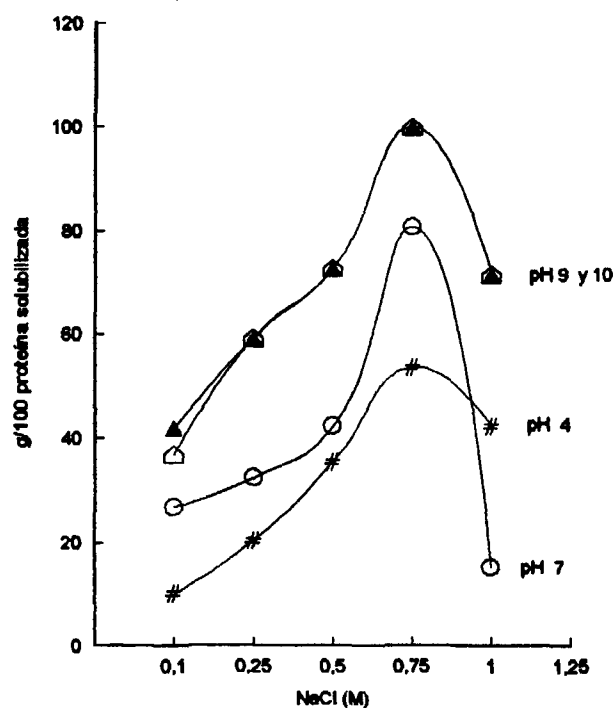
Es importante señalar que la pérdida o disminución de la solubilidad de una proteína no significa necesariamente un efecto totalmente negativo sobre la misma, ya que la desnaturalización causada por el calor puede mejorar otras de sus propiedades funcionales (32). En este caso sólo cambiaría su utilidad.

Capacidad de absorción de agua: La capacidad de absorción de agua como una función del pH a 25, 50 y 75 °C es mostrada en el Gráfico 4, donde se observó una máxima absorción a pH 6,00 para todas las temperaturas (p=0,10) y un marcado descenso al incrementar ambos parámetros (pH, Δ) debido posiblemente a la solubilización de la proteína. Los gramos de agua absorbidos para todos los valores de pH y temperatura evaluados, fueron mayores a los reportados por Hassan et al (13) para *M. peregrina* y soya; Bhattacharya et al (14) para *T. indica*; Xu y Diosady (15), Mahajan y Saroj (18) para *B. campestris* y Gbenle y Onyekachi (19) para semillas de

C. citrullus y *C. edulis*. Sin embargo, a pesar de que una alta absorción de agua como la observada a pH 6,00 a 50 y 75 °C puede ser importante en propiedades como solubilidad, viscosidad y gelación, ésta pudiera no ser de gran utilidad para otras propiedades debido a que un material con alta capacidad de absorción de agua puede embeber una cantidad desproporcionada de agua y deshidratar otros componentes en el sistema(15).

GRAFICO 2

Solubilidad de la proteína a pH 4,7,9 y 10 en suspensiones al 1,00 g/100 del concentrado en soluciones de NaCl 0,10; 0,25; 0,50; 0,75 y 1,00 M

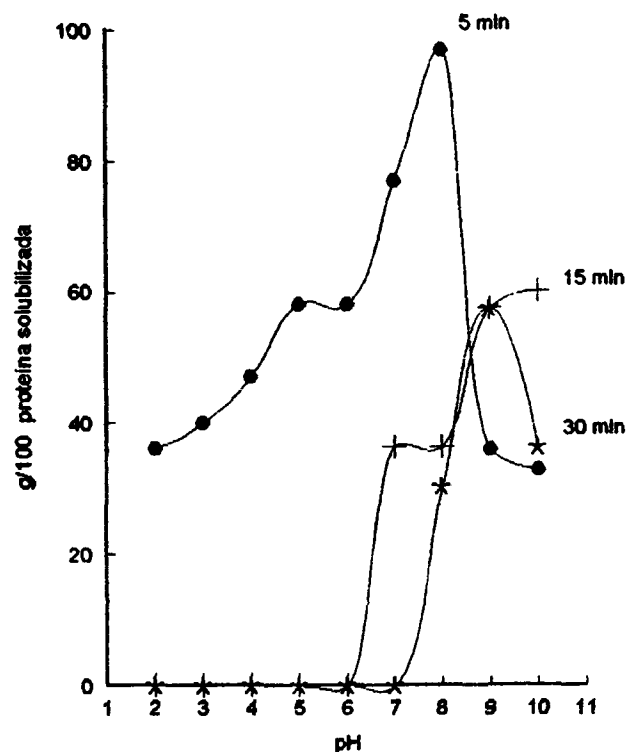


Una conducta contraria se observó al evaluar esta propiedad en presencia de NaCl a concentraciones 0,50; 0,75 y 1,00 M a los mismos valores de pH (Gráfico 5). A pH 4,00 y a concentraciones de NaCl 0,50 y 0,75 M, la proteína absorbió mayor cantidad de agua a la absorbida en ausencia de sal para luego disminuir progresivamente al aumentar el pH de la suspensión. A una concentración 1,00 M, la curva de absorción mostró un perfil similar al mostrado por la proteína en solución acuosa pero con un máximo de absorción a pH 6,00 significativamente diferente ($p=0,004$) al observado a 25, 50 y 75 °C, debido posiblemente a una disminución en la concentración de proteína solubilizada.

GRAFICO 3

Efecto del calor húmedo en la solubilidad de la proteína como una función del pH en suspensiones al 1,00 g/100 de concentrado. Temperatura 112 °C. Tiempo de calentamiento: 5, 15 y 30 min.

($p=0,001$ a los 5 min de calentamiento)



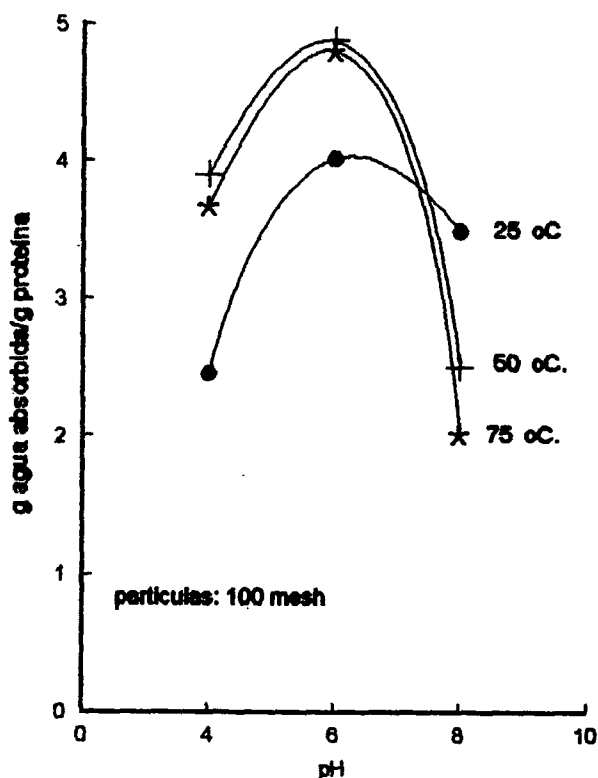
Los resultados obtenidos ponen en evidencia la influencia que factores como el pH, ionicidad y temperatura ejercen sobre la capacidad de absorción de agua de la proteína de cují, sugiriendo a su vez, la amplia variedad de condiciones bajo las cuales se puede utilizar en la elaboración de productos en los que se requiera de una buena interacción agua-proteína como los alimentos viscosos, sopas, embutidos, etc.

Capacidad de absorción de aceite: La capacidad de absorción de aceite a 25, 50 y 75 °C y en presencia de NaCl a concentraciones del 0,25; 0,50 y 1,00 g/100, está representada en la Gráfica 6 donde se apreció la poca influencia del calor sobre esta propiedad al no observarse una diferencia significativa ($p=0,082$) en los gramos de aceite retenidos por la proteína a las temperaturas estudiadas. Sin embargo, en presencia de NaCl si se observó una diferencia significativa ($p=0,024$) en los gramos de aceite retenidos, siendo mayor esta absorción al

0,25 g/100 debido posiblemente al efecto desnaturalizante del NaCl a concentraciones mayores (0,50 y 1,00 g/100) que pudieran disminuir esta capacidad. No obstante, los valores de absorción de grasa obtenidos para la proteína de cují fueron similares a los reportados para *M. peregrina*(13), *B. campentris*(15,16) y semillas de *C. citrullus* y *C. edulis* (19), y mayores a los reportados para la proteína de soya (13,15) y maní (16).

GRAFICO 4

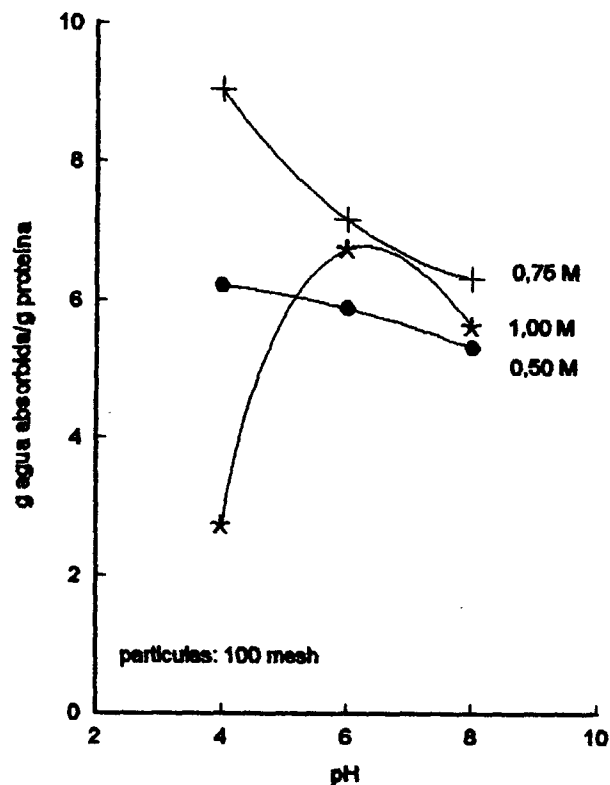
Capacidad de absorción de agua como una función del pH a 25, 50 y 75 °C en suspensiones al 1,00 g/100 del concentrado



Los resultados observados demuestran que la proteína de cují posee una capacidad de absorción de grasa adecuada tomando en cuenta que una proteína de origen vegetal posee una buena capacidad de absorción de aceite si la misma es de 3,00 g aproximadamente (32). Adicionalmente, presentan a esta proteína como una alternativa para la sustitución de proteínas de origen animal en alimentos donde la absorción de aceite sea una propiedad importante para el mejoramiento del «flavor» y la textura del producto.

GRAFICO 5

Capacidad de absorción de agua como una función del pH en suspensiones al 1,00 g/100 del concentrado en soluciones de NaCl 0,50; 0,75 y 1,00 M a temperatura ambiente



Capacidad espumante y estabilidad de la espuma: Los volúmenes (ml/100) de espuma formados por el concentrado y la albúmina de huevo son mostrados en la Tabla 2. La capacidad espumante del concentrado fue afectada por el pH y la molaridad de la suspensión. En solución acuosa a pH 6,00 y 7,00 se observaron volúmenes de espuma mayores al formado por la albúmina de huevo considerada como proteína de excelencia por su capacidad espumante y empleada generalmente como referencia comparativa al evaluar estas propiedades(32). Al determinar el efecto del NaCl, se observó un incremento en el volumen de espuma al aumentar el pH para cada una de las molaridades evaluadas, lográndose un volumen de espuma máximo a pH 7,00 a una concentración 0,50 M. Sin embargo, el incremento de la molaridad para cada pH causó una disminución en los volúmenes espuma al disminuir la concentración de proteína solubilizada, coincidiendo con lo señalado por Mahajan y Dua (18), quienes reportaron una relación directa entre la proporción de proteína solubilizada y capacidad espumante.

GRAFICO 6

(A) Capacidad de absorción de aceite a 25, 50 y 75°C. (B) Capacidad de absorción de aceite en presencia de NaCl a concentraciones del 0,25; 0,50 y 0,75 g/100 a temperatura ambiente. Tamaño de las partículas: 100 mesh

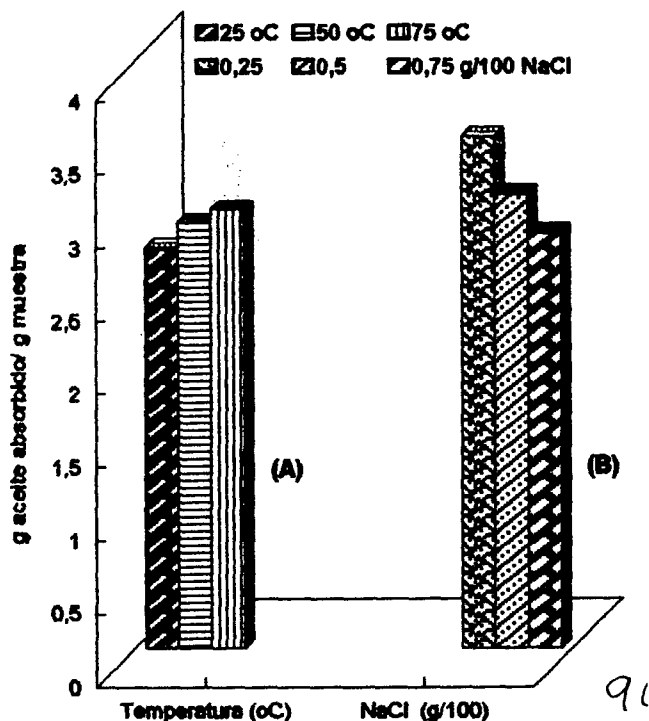


TABLA 2

Volúmenes de espuma formados por el concentrado y la albúmina de huevo (ml/100). Efecto del pH y el NaCl (M)

Suspensiones*	Concentrado			Albúmina
	pH 5,00	pH 6,00	pH 7,00	pH 5,80
Agua destilada	111,00**	157,00	149,00	128,00
NaCl 0,50 M	114,00	130,00	164,00	—
NaCl 0,75 M	116,00	130,00	140,00	—
NaCl 1,00 M	118,00	130,00	130,00	—

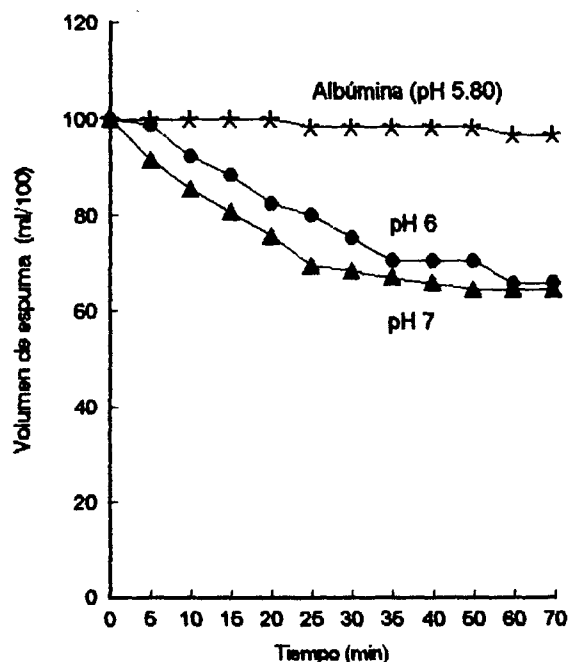
* Suspensiones del concentrado y albúmina al 1,00 g/100

** Resultados expresados como ml/100 de espuma formados tomando como 100% el volumen inicial de la suspensión.

Al comparar la estabilidad de la espuma de las suspensiones a pH 6,00 en solución acuosa y a pH 7,00 en solución de NaCl 0,50 M, con la estabilidad mostrada por la albúmina de huevo (Gráfico 7), se observó entre estas una diferencia altamente significativa ($p=0,00$) con una disminución progresiva del volumen los primeros 60 min para el concentrado y sólo una ligera disminución para la albúmina después del mismo período de tiempo.

GRAFICO 7

Estabilidad de la espuma en suspensiones a pH 6 (sol. acuosa), pH 7 (sol de NaCl 0,50 M) y albúmina de huevo (pH 5,80) como referencia comparativa. Se tomó como 100% el volumen de espuma en tiempo 0 min. Concentración de proteína al 1,00 g/100



La baja estabilidad y el marcado drenaje observado para el concentrado pudo deberse a factores como tiempo y velocidad de batido, presencia en el concentrado de componentes como azúcares y grasa (Tabla 1), que pudieron influir en la capacidad de formar espuma y/o estabilidad de la misma, retardo en el grado crítico de desnaturalización de superficie requerido para estabilizar las membranas o películas formadas alrededor de las vacuolas de aire, o a la concentración de proteína empleada (11,33). Meyer et al(1) reportaron una buena capacidad espumante y estabilidad de la misma en suspensiones al 4.0 g/100 de proteína de *P.juliflora*, y Bolnedi et al (33) observaron un incremento en la capacidad espumante y estabilidad de la misma en proteínas de origen vegetal y animal al incrementar la concentración de las suspensiones hasta 8.0 g/100, lo que sugiere que ambas propiedades para *P.juliflora* son susceptibles de ser mejoradas variando las condiciones de su evaluación.

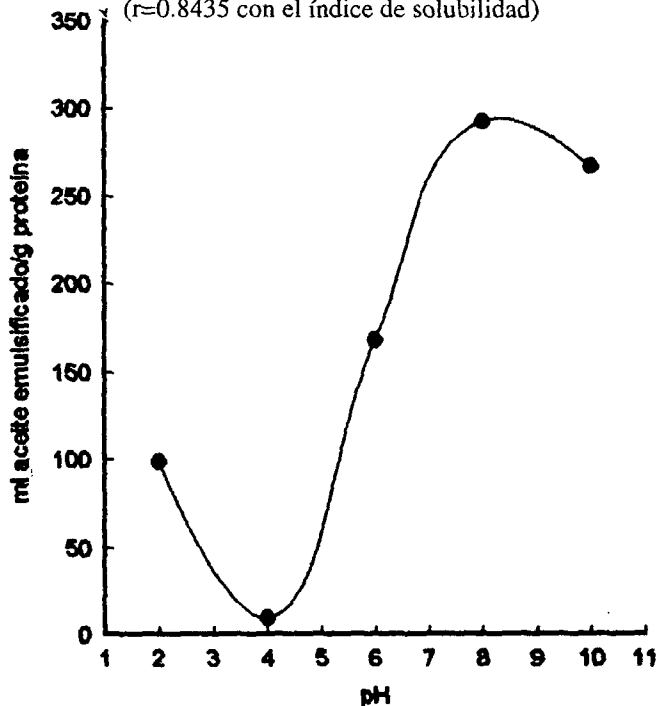
Capacidad emulsificante y viscosidad de la emulsión:

La capacidad emulsificante (CE) del concentrado como una función del pH es mostrada en la Gráfico 8. Esta propiedad al igual que el índice de solubilidad, mostró una curva de perfil en forma de U con una CE mínima al punto isoeléctrico de 9,90 ml aceite/g proteína y una máxima a pH 9,00 de 412,0 ml aceite/g proteína. Asimismo, ambas curvas mostraron una correlación positiva de $r=0,8434$ con un nivel de significación

$p=0.004$; conducta de esperarse debido a que la CE de proteínas solubles depende del balance hidrofílico-lipofílico el cual es afectado por el pH (26). resultados similares han sido reportados para proteínas de diversas especies vegetales(13,15,18,26,34), sin embargo, la comparación de resultados sobre la capacidad emulsificante de una proteína con los reportados previamente para otras, no es directamente aplicable debido al uso de métodos bajo condiciones no estandarizadas en cada uno de ellos. No obstante, los resultados indican que el concentrado de *P. juliflora* posee una CE mayor a la reportada para los concentrados proteicos de *M. peregrina* y soya (13,15,18).

GRAFICO 8

Capacidad emulsificante de la proteína como una función del pH en suspensiones al 1,00 g/100 del concentrado. ($r=0.8435$ con el índice de solubilidad)



Basados en los resultados obtenidos se midió la viscosidad de las emulsiones a pH 6,00; 7,00 y 8,00 (Gráfico 9), observándose también una conducta similar entre estas tres propiedades; solubilidad, capacidad emulsificante y viscosidad.

Contrario a lo observado al determinar el índice de solubilidad de la proteína en presencia de NaCl (M) (Gráfico 2) la capacidad emulsificante mostró un descenso progresivo a medida que incrementó la molaridad de la suspensión (Gráfico 10), observándose una diferencia significativa ($p=0,002$) en el volumen de aceite requerido para colapsar la emulsión al incrementar la molaridad de la suspensión a 0,75 y 1,00 M, por lo cual no coincide con lo señalado por otros autores (9,10,18,31,32), quienes afirmaron que el incremento de la fuerza iónica mejora la capacidad emulsificante de una proteína al mantener mayor cantidad de la misma en solución.

GRAFICO 9

Viscosidad de las emulsiones (proteína-aceite) a pH 6, 7 y 8. Temp. 23.8°C. Mediciones realizadas con aguja SPO2 a 50 rpm. para la emulsión de pH 6 y aguja SPO3 a 100 rpm para las emulsiones a pH 7 y 8

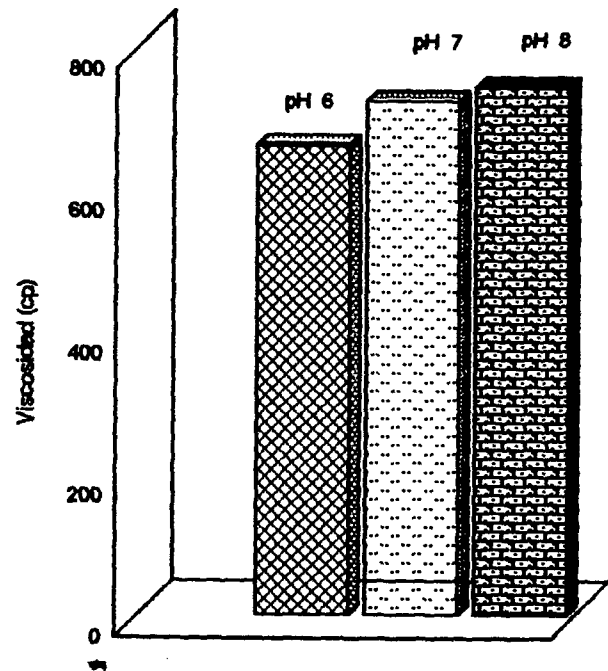
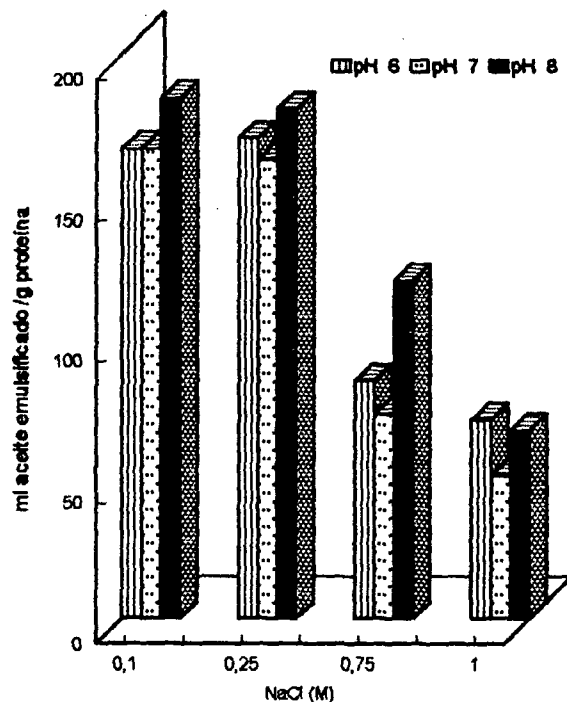


GRAFICO 10

Efecto del pH y el NaCl (M) en la capacidad emulsificante del concentrado a temp. ambiente



AGRADECIMIENTO

Se agradece al Prof. William Henríquez M. Sc Estadística Matemática, Jefe de la sección de Evaluación y Seguimiento Estudiantil de la Universidad «Francisco de Miranda», su asesoramiento y colaboración en la realización de los análisis estadísticos realizados.

REFERENCIAS

- Meyer D, Becker B, Gumbmann MR, Vohre P., Neukom H. & Saunders RM. Processing, composition, nutritional evaluation and utilization of mesquite (*Prosopis spp*) pods as a raw material for the food industry. *J Agric Food Chem* 1986; 34:914-9119.
- Salím A, Delgado M & Díaz M. Evaluación de la potencialidad de los frutos del cují (*Prosopis juliflora*) en la formulación de productos alimenticios. *Acta Científica Venezolana*. Vol 40, Supl 1, 1989; pp 193.
- Del Valle FR, Escobedo M, Muñoz MJ, Ortega R & Bourges H. Chemical and nutritional studies on mesquite benas (*P. juliflora*). *J Food Sci*. 1983;48:914-919.
- Lumen BO, Becker R and Reyes PS. Legumes and a cereal with high methionine/cysteine contents. *J Agric Food Chem* 1986;34:361-364.
- Marangoni A & Intez A. Composition and properties of seeds and pods of the tree legume *Prosopis juliflora* (DC). *J Food Agric* 1988;44:99-110.
- Satterlee LD, Marshall HF & Tennyson JM. Measuring protein quality. *J Amer Oil Chem Soc* 1979;56:103-109.
- Pak N, Araya H, Villalon R & Tagle M. Analytical study of tamarugo (*Prosopis tamarugo*) on autochthonous Chilean feed. *J Sci Food Agric* 1977;28:59-62.
- Inklaar P & Fortuin J. Determining the emulsifying and emulsion stabilizing capacity of protein meat additives. *Food Technol*. 1969;23 (1):103-107.
- McWatters KH & Cherry JP. Functional properties of peanut paste as affected by moist heat treatment of full fat peanuts. *J Food Sci* 1975;40:1205-1210.
- McWatters KH & Cherry JP. Emulsification, foaming and protein solubility properties of defatted soybean, peanut, field pea and pecan flours. *J Food Sci* 1977;42 (6):1444-1447, 1450.
- Kinsella JE. Functional properties of proteins in food. A survey. *J Food Sci* 1976;37:219-280.
- Carbonaro M, Vecchini P & Carnovale E. Protein solubility of raw and cooked beans (*Phaseolus vulgaris*): Role of the basic residues. *J Agric Food Chem* 1993;41(8):1169-1175.
- Hassan A, Al-Kahtani & Abou-Arab AA. Comparison of physical, chemical and functional properties of *Moringa peregrina* (Al-Yassar o Al-Ban) and soy proteins. *Cereal Chem* 1993;70(6):619-625.
- Bhattacharya S, Bal S & Mukherjee RK. Functional and nutritional properties of tamarind (*Tamarindus indica*) kernel protein. *Food Chem* 1994;49:1-9.
- Xu L & Diosady LL. Functional properties of chinese rapeseed protein isolates. *J Food Sci* 1994;59(5):1127-1130.
- Vincent P & Prakash V. Functional properties of homogeneous protein fractions from peanut (*Arachis hypogaea L*). *J Agric Food Chem* 1994;42(2):274-278.
- Vani B & Zayas JF. Foaming properties of rapeseed protein isolates. *J. Food Sci. Technol* 1995; 32(2):162-165.
- Mahajan A and S Dua. Functional properties of rapeseed protein isolates. *J Food Sci. Technol*. 1995;32 (2): 162-165.
- Gbenle GO & Onyekachi CN. Comparative studies on the functional properties of the proteins of some Nigerian oilseeds: groundnut, soybean and two varieties of melon seeds. *Trop Sci* 1995;35:150-155.
- Guerra MJ & Park IR. Extraction of sesame seed protein and determination of its molecular weight by gel electrophoresis. *J Amer Oil Chem Soc* 1975;52:73-75.
- A.O.A.C. Official Methods of Analysis. 14 ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC, USA 1984.
- Technical Bulletin N° TDFAB-2. Total dietary fiber assay kit. Sigma Chemical Co. St. Louis, Mo. USA, March, 1993.
- Nielsen S. Introduction to the chemical analysis of foods. Tomo 1, Ed. James and Barthlet Pub. Boston. USA 1995; pp171-180.
- Prosly L, Asp NG, Furda I, DeVries JW, Schweizer F & Harland BF. Determination of total dietary fiber in foods and food products: Collaborative study. *J Assoc Off Anal Chem* 1985;68(4):677-679.
- Lee R. Análisis de los alimentos. Métodos analíticos y de control de calidad. 2ª ed española, Ed. Acribia, Zaragoza, España, 1982; pp114-124.
- Sosulski F, Humber ES, Bui K & Jones JD. Functional properties of rapeseed flour, concentrate and isolate. *J Food Sci* 1976;41:1349-1352.
- Lowry O, Farr A, Rosenbraugh N & Randall R. Protein measurement with folin-phenol reagent. *J Biol Chem* 1951; 193:265-275.
- Salim AA. Fractionation, characterization and functional properties of the principal components of sesame seeds proteins. Fundación CIEPE. PI-041, pp 1-81, San Felipe, Yaracuy, Venezuela, 1984.
- Dench JE, Rivas N & Caygill JC. Selected functional properties of sesame (*Sesamum indicum L*) flour and two protein isolates. *J Sci Food Agric* 1981;32:557-564.
- Pérez C & Saad R. Estudio de las propiedades funcionales y nutricionales de proteínas modificadas del ajonjolí (*Sesamum indicum L*) *Arch Latinoamer Nutr* 1984;34(4):749-762.
- Swift C, Lickett C & Fryar A. Comminuted meat emulsions. The capacity of meat for emulsifying fat. *Food Technol*. 1961; 15:468-473.
- Kinsella JE. Functional properties of soy proteins. *J Amer Oil Chem Soc* 1979; 56(3):242-258m.
- Bolnedi V & Zayas JF. Foaming properties of selected plant and animal proteins. *J Food Sci* 1995; 60(5):1025-1028.
- Lin MJ, Humber ES & Sosulsky FW. Certain functional properties of sunflower meal products. *J. Food Sci* 1974; 39:368-372.

Recibido: 23-07-1996

Aceptado: 13-06-1997