

# ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES Y NUTRICIONALES DE PROTEINAS MODIFICADAS DEL AJONJOLI (*Sesamum indicum*, L.)

R. Saad L.<sup>1</sup> y C. Pérez G.<sup>2</sup>

Departamento de Tecnología de Procesos Biológicos y Bioquímicos,  
Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela

## RESUMEN

Un estudio encaminado a determinar las propiedades funcionales y nutricionales de harina, concentrado e hidrolizados enzimáticos de ajonjolí, demostró que la solubilidad del nitrógeno de los hidrolizados se mejoran, tanto en agua (85%) como a diferentes pH (91-95%), mediante la hidrólisis enzimática, debido a la acción de las enzimas neutrasa 0.5L y alcalasa 0.6L. Se obtuvo un producto con buenas propiedades emulsificantes y mejores propiedades espumantes. Los hidrolizados obtenidos por el método del pH estático y secados por liofilización y por atomización, presentaron un índice de eficiencia proteínica (PER) de 1.1 y 0.9, respectivamente. La harina y el concentrado acusaron valores de PER de 1.2. La suplementación de uno de los hidrolizados con hidrolizado de soya (1:1), mejoró el PER a valores similares al de la caseína. La digestibilidad del nitrógeno de los hidrolizados fue comparable a la de la caseína. Se concluye que el uso de las enzimas neutrasa 0.5L y alcalasa 0.6L mejora la solubilidad de las proteínas del ajonjolí, sin modificar mayormente su índice de eficiencia proteínica (PER). Además, se obtiene un producto deshidratado con propiedades emulsificantes y espumantes mejoradas.

## INTRODUCCION

El crecimiento de la población y la escasez de proteínas de bajo costo, han impulsado a muchos investigadores a enfocar su atención hacia la búsqueda de proteínas a partir de fuentes no convencionales. Las proteínas de oleaginosas pueden ser utilizadas en la alimentación humana siempre

---

Manuscrito modificado recibido: 21-6-84.

- 1 *Magister Scientifical* en Ciencia de los Alimentos; estudiante graduado de la Maestría en Ciencia de los Alimentos, Departamento de Tecnología de Procesos Biológicos y Bioquímicos, Universidad Simón Bolívar, Apartado Postal 80659, Caracas 1080-A, Venezuela.
- 2 Profesor Agregado del citado Departamento.

que se logren presentar en forma aceptable y atractiva, ajustándose a los patrones alimentarios de los grupos de población a los cuales se dirigen.

La industria de procesamiento de alimentos está haciendo énfasis en la producción y utilización de proteínas vegetales como ingredientes funcionales y nutricionales en una variedad de productos formulados. Alternativamente, las fuentes de proteínas vegetales ofrecen flexibilidad en alimentos formulados debido a su economía y disponibilidad, así como propiedades funcionales y nutricionales.

El ajonjolí (*Sesamum indicum*, L.) es la semilla oleaginosa de mayor cultivo en Venezuela, siendo una buena fuente de proteínas, con un alto contenido de aminoácidos azufrados (1), aun cuando presentan una deficiencia moderada en lisina (2) que limita su calidad nutricional. Esta deficiencia en las proteínas del ajonjolí es superable, mediante la suplementación con otras proteínas ricas en lisina como la soya, mejorando así su calidad nutricional.

Las proteínas del ajonjolí, sin embargo, presentan una pobre solubilidad en agua (3), la que es susceptible de mejorar aplicando un proceso enzimático controlado, como es el método del pH estático (4). Esto permite la obtención de hidrolizados solubles con proteasas comerciales de tipo neutrasa 0.5L y alcalasa 0.6L, activas a un pH de 7 y 8, respectivamente. Bajo condiciones controladas de pH, temperatura y tiempo, dichos hidrolizados evitan la formación de péptidos de sabor amargo, y de enlaces entre las cadenas de algunos aminoácidos, así como la racemización de los residuos de aminoácidos (5-7). A su vez, el mejoramiento de la solubilidad del nitrógeno en agua permite una mayor habilidad de las proteínas de formar emulsiones aceite:agua (8-10), y para la formación de espuma (11, 12). Es necesario considerar, además, que un producto soluble es más fácil de incorporar a muchos alimentos que otro insoluble (13).

Las propiedades funcionales determinan el campo de aplicación de las proteínas, haciendo posible la utilización, como ingredientes, de proteínas de nuevas fuentes, lo que permite hacerlas competitivas en el mercado.

El presente trabajo se llevó a cabo con la mira de estudiar las propiedades funcionales y nutricionales de harina, concentrados e hidrolizados enzimáticos de ajonjolí, obtenidos a partir de tortas residuales provenientes de la extracción del aceite.

## MATERIALES Y METODOS

### *Materia Prima*

**Harina.** Esta se obtuvo a partir de tortas comerciales de ajonjolí, de una variedad cultivada en Acarigua, Venezuela, las que se molieron en un molino Thomas Wiley, Modelo 4, y tamizaron hasta una granulometría de malla 60 en un tamizador Tyler, Modelo RX24.

**Concentrado.** La harina de ajonjolí fue tratada con hidróxido de sodio hasta un pH de 9.5 para solubilizar las proteínas, las cuales fueron precipitadas a un pH de 4.5 y luego secadas en un liofilizador Labconco, Modelo 12 (14).

**Hidrolizados.** El concentrado de ajonjolí se obtuvo mediante el método del pH estático (4) con proteasas comerciales neutrasa 0.5L a un pH de

7.60/o de concentración de sustrato, 0.190/o de concentración de enzima, temperatura  $500 \pm 10^{\circ}\text{C}$  y un grado de hidrólisis de 80/o; y con alcalasa 0.6L, a un pH de 8; 80/o de concentración de sustrato, 0.180/o de concentración de enzima a  $580 \pm 10^{\circ}\text{C}$  de temperatura y un grado de hidrólisis de 100/o, secado por liofilización y por atomización (14).

Los hidrolizados obtenidos fueron identificados así: hidrolizado con neutrasa, liofilizado (HNL) y atomizado (HNA); hidrolizado con alcalasa, liofilizado (HAL), y atomizado (HAA).

### *Propiedades Funcionales*

Las propiedades funcionales fueron medidas en harina, concentrado e hidrolizados enzimáticos de ajonjolí.

*Densidad aparente.* Se estimó por un método basado en la medida del peso que ocupa un volumen determinado del material (15) expresándose los resultados en g/ml.

*Color.* Estas medidas se hicieron en un colorímetro Triestímulo Gardner XL-23, calibrándose el instrumento con una placa estándar blanca cuyos parámetros L, a y b son  $L = 92.83$ ,  $a = 0.99$ ,  $b = 0.56$ , en muestras deshidratadas y en suspensión de agua destilada al 30/o (p/v). Los cálculos de color se expresaron como índice de blancura, mediante la ecuación siguiente:

$$\text{Índice de blancura} = \frac{\text{Valor L de la muestra}}{\text{Valor L de la placa estándar}} \times 100 \quad (1)$$

*Absorción de grasa.* Esta fue determinada por un método basado en la cantidad de aceite que absorbe la muestra (16). Los resultados se expresan como gramos de aceite absorbidos entre el peso de la muestra, por 100.

*Absorción de agua (AA).* Se determinó preparándose una suspensión al 50/o en agua destilada p/v (17).

*pH.* Se determinó en una suspensión al 30/o en agua (p/v) y a una temperatura de  $250 \pm 10^{\circ}\text{C}$ , con un potenciómetro digital marca Corning, Modelo 125.

*Viscosidad aparente.* Se midió en suspensiones de 10/o, 30/o y 50/o en agua destilada (p/v), calentadas durante una hora a  $900 \pm 10^{\circ}\text{C}$ , y luego se enfriaron a temperatura ambiente. Las lecturas de viscosidad se hicieron en un rotovisco Haake, Modelo RV2, usando un cabezal N. V. y a 120 rpm. Los resultados se expresaron en centipoise (cp).

*Actividad de agua.* Para medir este parámetro se usó un higrómetro hidrodinámico, Modelo 15-3050, con un rango de medición de humedad relativa en equilibrio de 0-1000/o, dependiendo del sensor utilizado. Los resultados se expresaron como actividad de agua ( $A_w$ ), calculados por la relación porcentual de humedad relativa entre 100.

*Solubilidad del nitrógeno en agua.* El método descrito por Franzen fue el empleado para determinarla (10). El contenido de nitrógeno soluble en agua se estableció por el método Microkjeldahl (18).

*Solubilidad del nitrógeno a diferentes pHs.* La solubilidad del nitrógeno a diferentes pH se determinó aplicando la técnica descrita por Franzen (10). El contenido de nitrógeno soluble a un intervalo de pH de

2 a 12 se hizo por el método Microkjeldahl (18). Los cálculos se hicieron tomando como 100% el nitrógeno presente en la extracción, a un pH de 12.

**Emulsificación y estabilidad de las emulsiones al calor.** Para su determinación se usó el método de Yasumatsu *et al.* (8), modificado por Dench, Rivas y Caygill (19). El procedimiento consiste en emulsionar en una licuadora a alta velocidad, durante tres minutos, una muestra al 3.50% (p/v) en una mezcla de 1:1 de agua:aceite.

**Capacidad de formar espuma (EE).** Se ajustaron a un pH de 7, dispersiones al 3% de las muestras en agua destilada (p/v); luego se introdujo aire usando una licuadora a baja velocidad, durante 10 minutos (16, 19). Los resultados se expresaron en porcentaje del volumen de espuma final, tomando como 100% el volumen inicial de la suspensión.

**Estabilidad de la espuma.** Dicha estabilidad se estudió midiendo el volumen de espuma obtenido anteriormente, en un cilindro graduado a diferentes tiempos (0, 1, 15, 30, 60, 90 min). Se tomó como el 100% el porcentaje de espuma en el tiempo cero.

### *Propiedades Nutricionales*

Las propiedades nutricionales fueron evaluadas en la harina, concentrado e hidrolizados de ajonjolí.

**Índice de eficiencia proteínica (PER).** Este se determinó según la metodología de la AOAC (18), suministrando una dieta al 100% de proteínas a seis ratas (machos y hembras) de la raza Sprague-Dawley durante 28 días, usándose una dieta de caseína como proteína de referencia.

**Suplementación de hidrolizado de ajonjolí.** La suplementación de HAL se hizo con hidrolizados de soya APP-048 de Novo Industri A/S (Dinamarca), en una relación de 1:1 (20, 21).

**Razón de proteínas netas (NPR).** Se determinó por el método de Bender y Doell (22), evaluándose la pérdida de peso de los animales durante 15 días con una dieta apteica, para obtener las proteínas necesarias para la manutención de las ratas.

**Digestibilidad verdadera (DV).** La DV se determinó aplicando el procedimiento de Allison (23), para lo cual se recolectaron las heces de las ratas durante 15 días. El nitrógeno ingerido se calculó por el método de la AOAC (18). El nitrógeno excretado se determinó por la técnica colorimétrica de Shahinian y Reinhold (24).

**Análisis estadístico.** Los resultados de las propiedades funcionales y nutricionales se analizaron estadísticamente usando análisis de varianza (25), comparándose las medias con la distribución "t". El nivel de confiabilidad de significación estadística se fijó en 95% en todos los casos.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### *Densidad, Color, Absorción de Grasa, Absorción de Agua, pH, Viscosidad y Aw de Harina, Concentrado e Hidrolizados de Ajonjolí*

La harina de ajonjolí mostró una densidad de 0.62 g/ml, el concentrado 0.42 g/ml, y los hidrolizados secos variaron en su densidad, siendo afec-

tados mayormente por el método de secado. Los hidrolizados liofilizados presentaron valores de 0.35 g/ml (neutrassa) y 0.39 g/ml (alcalasa), mientras que en los atomizados, dichos valores fueron de 0.06 y 0.08 g/ml para neutrassa y alcalasa, respectivamente (Tabla 1). Es evidente el efecto del proceso de secado sobre la densidad de los hidrolizados, obteniéndose una menor densidad con el secado por atomización. Este hecho puede justificarse por la incorporación de aire caliente a las partículas durante el proceso (26).

TABLA 1

ALGUNAS PROPIEDADES FUNCIONALES DE HARINA, CONCENTRADO E HIDROLIZADOS DE AJONJOLI

	Harina	Concentrado	Hidrolizados			
			HNL	HNA	HAL	HAA
Densidad (g/ml)	0.62	0.42	0.35	0.06	0.39	0.09
Absorción de grasa (g/100 g muestra)	157	189	240	536	194	544
Absorción de agua (g/100 g muestra)	276	328	13	25	13	21
Viscosidad (cp)	—	—	5.00	4.00	4.00	4.00
pH (25°C)	5.75	4.70	4.62	4.71	4.69	4.65
Aw (21°C)	0.67	0.67	0.68	0.67	0.68	0.67

Las muestras atomizadas (Figura 1), fueron más claras, mostrando un índice de blancura de  $L = 87^{\circ}/o$ ; en cambio, en las liofilizadas este índice fue de  $L = 71^{\circ}/o$  y  $68^{\circ}/o$ ; la harina y el concentrado acusaron índices de blancura más bajos y, por lo tanto, son más oscuras ( $L = 66^{\circ}/o$  y  $L = 61^{\circ}/o$ , respectivamente). Sin embargo, es de subrayar que al humedecerse, la harina, el concentrado y los hidrolizados se oscurecen, siendo más oscuros los hidrolizados atomizados ( $L = 35^{\circ}/o$  y  $32^{\circ}/o$ ) que los liofilizados ( $L = 45^{\circ}/o$  y  $40^{\circ}/o$ ).

La absorción de grasa en el concentrado (Tabla 1) fue mayor que en la harina ( $189^{\circ}/o$  y  $157^{\circ}/o$ , respectivamente), lo que se justifica por el menor contenido de carbohidratos del concentrado, y su mayor cantidad de proteínas (27). Los hidrolizados secados por liofilización no presentaron diferencias significativas a nivel del 95% de confiabilidad en la absorción de grasa con respecto a la harina y el concentrado; en cambio los secados por atomización acusaron valores de  $536^{\circ}/o$  (neutrassa) y  $544^{\circ}/o$  (alcalasa), lo que pudo ser favorecido por el tamaño de la partícula, la cual era de 200 mallas para los hidrolizados atomizados (19), además de la correlación

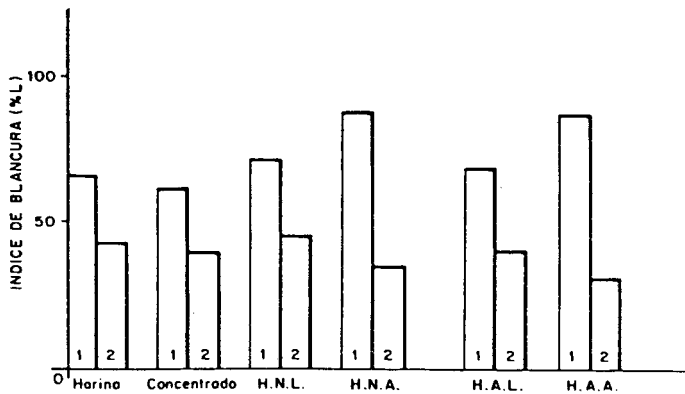


FIGURA 1

Variación del índice de blancura en muestras secas (1), y en una suspensión al 30/o en agua (2)

entre la densidad y la absorción de grasa que resultó ser de 0.9427.

El concentrado y la harina demostraron tener mayor capacidad de absorción de agua (3280/o y 2760/o, respectivamente), que los hidrolizados (130/o y 250/o) (Tabla 2). Este hecho quizás se deba a la conformación globular de las proteínas del ajonjolí y a los grupos hidrofílicos ubicados en la superficie exterior de la molécula, todavía presentes en la harina y el concentrado (28,29). El proceso de hidrólisis enzimática libera del interior de la molécula aminoácidos hidrofóbicos, lo que unido a que el método obliga a descartar la mayor parte del nitrógeno soluble en agua, contribuye a que los valores de absorción de agua en los hidrolizados resulten tan bajos.

El pH del concentrado y de los hidrolizados se mantuvo entre 4.64 y 4.71 (promedio de 4.67), mostrando la harina un valor de 5.75, todas en suspensiones al 30/o (Tabla 1). La diferencia se debe al valor de un pH de 4.5 usado para precipitar las proteínas para la obtención del concentrado, y de 4.5 para la inactivación de la enzima en los hidrolizados.

La viscosidad aparente de las muestras en concentraciones de 10/o y 30/o fue muy baja para ser registrada a todos los rangos de velocidad empleados con el viscosímetro. Así, en concentraciones de 50/o (Tabla 1), la harina y el concentrado no pudieron ser registrados dada la insolubilidad de las muestras. Todos los hidrolizados se comportaron de manera similar, obteniéndose valores de viscosidad de 4 cp para los hidrolizados

TABLA 2

**SOLUBILIDAD DEL NITROGENO EN AGUA Y PROPIEDADES DE  
EMULSIFICACION DE HARINA, CONCENTRADO E HIDROLIZADOS  
DE AJONJOLI**

Muestra	Solubilidad en agua	Actividad emulsificante	Estabilidad al calor
	g/100 g Nitrógeno	ml/100 ml	ml/100 ml
Harina	9.3 <sup>a</sup>	47 <sup>a</sup>	52 <sup>a</sup>
Concentrado	3.5 <sup>b</sup>	44 <sup>a</sup>	51 <sup>a</sup>
HNL	86.3 <sup>c</sup>	81 <sup>b</sup>	85 <sup>b</sup>
HNA	84.3 <sup>c</sup>	69 <sup>c</sup>	71 <sup>c</sup>
HAL	85.3 <sup>c</sup>	79 <sup>b</sup>	87 <sup>b</sup>
HAA	83.5 <sup>c</sup>	65 <sup>c</sup>	69 <sup>c</sup>

Los promedios que no presentan letras comunes alcanzan entre sí diferencias significativas a un nivel de 95% de confiabilidad.

con alcalasa liofilizado y atomizado, y con neutrasa atomizado. El hidrolizado con neutrasa liofilizado, tuvo una viscosidad de 5 cp. La baja viscosidad de los hidrolizados se debe a la presencia de proteínas de bajo peso molecular (30, 31).

La actividad de agua de todas las muestras resultó ser igual, 0.67 - 0.68 (Tabla 1).

*Solubilidad del Nitrógeno en Agua y a Diferentes pH, Propiedades Emulsificantes y Espumantes*

La solubilidad del nitrógeno en agua mejoró en los hidrolizados enzimáticos nueve veces con respecto a la harina, y 24 veces con respecto al concentrado, acusando los hidrolizados un promedio de 85% de solubilidad del nitrógeno (Tabla 2).

Las propiedades emulsificantes correlacionan positivamente con la solubilidad del nitrógeno ( $r = 0.8332$ ). La baja actividad emulsificante de la harina, 47%, y del concentrado, 44%, se deben a la insolubilidad del nitrógeno de estas muestras, en agua. Esto hace que la fase de aceite se separe de la fase acuosa, ya que al ser insolubles, las proteínas flotan sobre la superficie del aceite sin contribuir a la emulsión del sistema aceite:agua (10). Los hidrolizados de ajonjolí presentaron una buena actividad y estabilidad emulsificante, aun los deshidratados por atomización cuyos valores resultaron ser más bajos (Tabla 2). Todas las emulsiones formadas por las diferentes muestras sometidas a estudio fueron estables al calor (80°C durante 30 minutos), y el volumen de la emulsión aumentó durante el calentamiento. Ello pudo ser debido a que la emulsión —al ser preparada a una concentración de 3.5%— originó un incremento del espesor de la película por incorporación de mayor cantidad de grupos polares y apolares, los cuales tienden a aumentar la estabilidad de la emulsión cuando se

usan en concentraciones mayores de 2.7 (32).

La solubilidad del nitrógeno, determinada a diferentes pH (Figuras 2 y 3) muestra un comportamiento típico para el ajonjolí (3) y parecido al de la soya (33). El pH de mínima solubilidad fue 4, aproximadamente, para todas las muestras. La harina y el concentrado aumentaron su solubilidad a partir de este pH desde menos de 10% hasta 80% a un pH de 10. El nitrógeno de los hidrolizados demostró ser altamente soluble al pH de mínima solubilidad (91% o 95%); este valor aumentó a 98-99% cuando el pH era de 6, y se mantuvo en estos niveles a mayores pH.

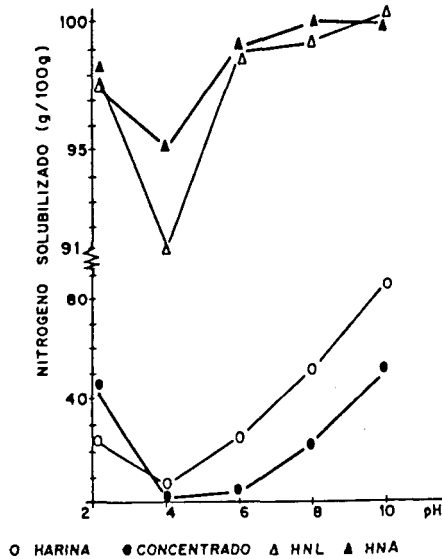


FIGURA 2

Solubilidad del nitrógeno de harina, concentrado e hidrolizados enzimáticos (neutrasa) de ajonjolí a diferentes pH

El proceso de secado para obtener los hidrolizados deshidratados no afectó la solubilidad del nitrógeno.

La harina de ajonjolí presentó una expansión de la espuma de 340%, y el concentrado de 254% (Figura 4), siendo éste 86% menos expandible en espuma; este hecho se explica por la menor solubilidad del nitrógeno del concentrado a un pH de 7. Al comparar los hidrolizados obtenidos con neutrasa y alcalasa en el caso del concentrado se observó que el HNL y HAL se expandieron 2.2 veces más, el HNA 1.9 veces y HAA 1.5 veces. Un análisis de varianza indicó que no existen diferencias estadísticamente significativas al nivel de 95% de confianza entre los hidrolizados enzimáticos, a excepción del HAA. Esta diferencia pudo haberse debido a que el hidrolizado con alcalasa tiene un grado de hidrólisis mayor (10%) que el hidrolizado con neutrasa (8%), y esto influyó en la expansión de la

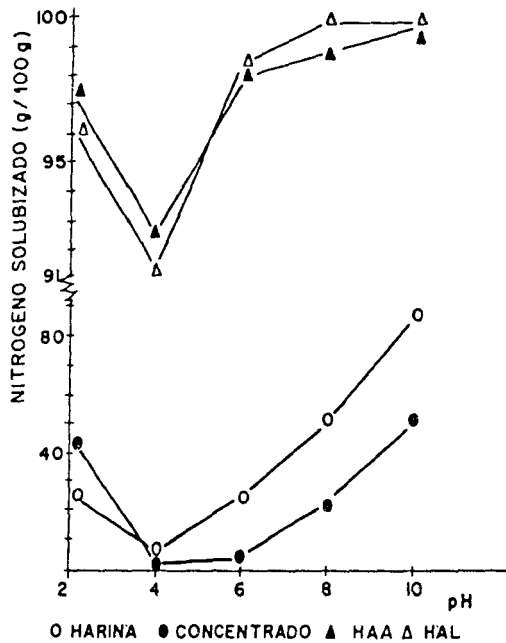


FIGURA 3

Solubilidad del nitrógeno de harina, concentrado e hidrolizados enzimáticos (alcalasa) de ajonjolí, a diferentes pH

espuma (34). Sin embargo, el hidrolizado HAA continuó acusando mayor expansión (3800/o) en relación al concentrado (2540/o) y a la harina (3400/o), debido quizás a la alta solubilidad del nitrógeno obtenida en todos los hidrolizados, indistintamente de la enzima usada o del proceso de secado aplicado.

En relación a la estabilidad de la espuma (Tabla 3), los datos revelan que a los 90 minutos, la espuma del concentrado había bajado en un 210/o, el HNL en un 270/o y el HNA en un 350/o; con la enzima alcalasa esta disminución fue de 360/o aproximadamente, en ambos procesos de secado. Esta variación es explicable por la inestabilidad de las espumas sometidas a hidrólisis enzimática (35) y por la baja viscosidad encontrada en los hidrolizados (Tabla 1).

### Propiedades Nutricionales

El calor del proceso de secado por atomización, pareció afectar negativamente la disponibilidad de aminoácidos (Tabla 4). Esto se deduce del análisis de varianza de los PER, en los que se muestra una diferencia significativa al 950/o de confianza entre los hidrolizados con neutrasa y alcalasa atomizados, y los otros hidrolizados. Estos valores de PER son sin embargo muy pequeños: 0.9 para HNA y HAA, 1.1 para HNL y HAL,

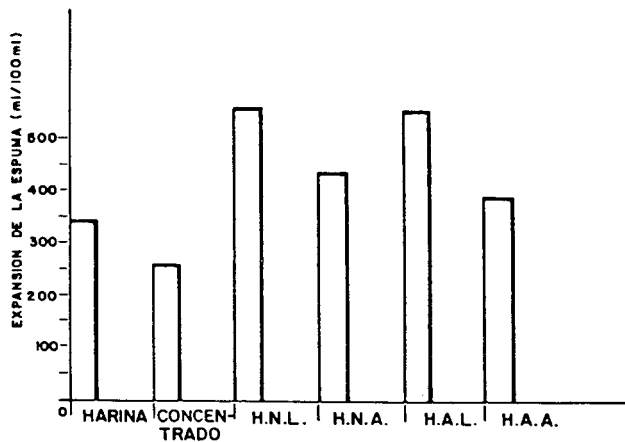


FIGURA 4

Variación de la expansión de la espuma de harina, concentrado e hidrolizados enzimáticos de ajonjolí

TABLA 3

VARIACION DE LA ESTABILIDAD DE LA ESPUMA DE HARINA, CONCENTRADO E HIDROLIZADOS DE AJONJOLI

Muestra (ml/100 ml)	Tiempo (minutos)					
	1	10	15	30	60	90
Harina	90	80	78	76	64	60
Concentrado	89	79	75	71	69	69
HNL	98	74	74	72	70	70
HNA	96	77	77	69	60	60
HAL	96	77	77	69	52	52
HAA	83	71	71	68	50	50

y 1.2 para la harina y el concentrado. La suplementación del hidrolizado con alcalasa liofilizado, con hidrolizado de soya, mejoró la calidad de la mezcla (20, 21), y pudo aumentarse el valor de PER a 2.4, compensándose la deficiencia de lisina en el ajonjolí (1) con la deficiencia de metionina en la soya.

Los valores de NPR para todos los casos resultaron ser mejores que los valores de PER, pero aún así fueron 50% más bajos que el de la caseína. El HAL suplementado con hidrolizado de soya mejoró el valor del NPR en 41%, pero continuó siendo un 15% más bajo que el de la caseína (Tabla 4).

La digestibilidad verdadera (DV) de la harina de ajonjolí (840/o) mejoró en el concentrado a 96.80/o y, aún más, en los hidrolizados, entre 97.20/o y 98.80/o (Tabla 4), lo que posiblemente indique que no se formó lisinoalanina o racemización de aminoácidos en el proceso enzimático, ya que estos compuestos originan una disminución de la digestibilidad (7).

TABLA 4

RELACION DE EFICIENCIA PROTEINICA (PER), RELACION DE PROTEINAS NETAS (NPR) Y DIGESTIBILIDAD VERDADERA (DV) DE LAS DIETAS PREPARADAS CON HARINA, CONCENTRADOS E HIDROLIZADOS DE AJONJOLI Y CASEINA

Dietas	PER	NPR	DV
Harina	1.2 ± 0.1 <sup>a</sup>	1.7 ± 0.2 <sup>a</sup>	84.0 ± 0.6 <sup>a</sup>
Concentrado	1.2 ± 0.1 <sup>a</sup>	1.5 ± 0.1 <sup>a</sup>	96.8 ± 0.7 <sup>b</sup>
HNL	1.1 ± 0.1 <sup>a</sup>	1.9 ± 0.3 <sup>a</sup>	97.8 ± 0.6 <sup>b</sup>
HNA	0.9 ± 0.1 <sup>b</sup>	1.6 ± 0.2 <sup>a</sup>	97.3 ± 0.7 <sup>b</sup>
HAL	1.1 ± 0.1 <sup>a</sup>	1.5 ± 0.2 <sup>a</sup>	98.2 ± 0.8 <sup>b</sup>
HAA	0.9 ± 0.1 <sup>b</sup>	1.9 ± 0.3 <sup>a</sup>	97.2 ± 0.8 <sup>b</sup>
HAL + hidrolizado de soya (1:1)	2.4 ± 0.3 <sup>c</sup>	2.9 ± 0.2 <sup>b</sup>	98.8 ± 0.6 <sup>b</sup>
Caseína	2.9 ± 0.3 <sup>c</sup>	3.4 ± 0.3 <sup>b</sup>	97.3 ± 0.8 <sup>b</sup>

Los promedios en las columnas que no presentan letras comunes alcanzan entre sí diferencias significativas al 950/o de confiabilidad.

### CONCLUSIONES

Los hidrolizados secados por atomización tienen una densidad menor que la harina, el concentrado y los demás hidrolizados. En otros términos, es de 87 a 900/o menos denso que la harina, de 81 a 860/o menos que el concentrado, y de 80 a 830/o menos aún que los otros liofilizados. Además, los productos atomizados mostraron un índice de blancura mayor, siendo 320/o más claros que la harina, 430/o más que el concentrado, y 240/o más que los hidrolizados secados por liofilización.

La solubilidad del nitrógeno en agua mejoró considerablemente en los hidrolizados, en el rango de 2 a 10 de pH, siendo ésta entre 91 y 950/o, mientras que la harina y el concentrado mostraron una solubilidad menor de 100/o al pH de mínima solubilidad. Así, la baja viscosidad y las buenas propiedades emulsificantes de los hidrolizados, permitirían su uso en alimentos líquidos y en aquellos tipo salsas, sopas, mayonesas, etc.

Los hidrolizados tuvieron mejor capacidad de espuma que el concentrado, pero con menor estabilidad en reposo a temperatura ambiente. Los hidrolizados deshidratados por liofilización tuvieron una mayor expansión que los atomizados. En todos los casos hubo una correlación positiva entre la solubilidad del nitrógeno en agua y la capacidad de formación de espuma.

No se constataron diferencias a nivel de 95% de confiabilidad entre los valores de eficiencia proteínica (PER) obtenidos para la harina, el concentrado y los hidrolizados liofilizados. El valor promedio del PER para estas muestras fue de 1.1. Los hidrolizados atomizados sí mostraron diferencias, aun cuando su valor fue bajo: 0.9. La suplementación de uno de los hidrolizados (HAL) con hidrolizado de soya mejoró la relación PER a 2.4. Los valores de NPR resultaron ser 50% más bajos que el de la caseína. La digestibilidad de los hidrolizados no acusó diferencias significativas al compararlas con la de la caseína, al aplicar el mismo tratamiento estadístico.

El uso de las enzimas neutrasa 0.5L y alcalasa 0.6L permitió mejorar algunas propiedades funcionales de la harina de ajonjolí, sin que el producto fuese afectado nutricionalmente en el proceso.

### SUMMARY

#### STUDY ON THE FUNCTIONAL AND NUTRITIONAL PROPERTIES OF SESAME (*Sesamum indicum*, L.) MODIFIED PROTEINS

A study on the functional and nutritional properties of sesame (*Sesamum indicum*, L.) flour, concentrate and enzymatic hydrolysates, demonstrated that nitrogen solubility of the hydrolysates is improved, in water (85%) and at different pHs (9.1-9.5), by the action of neutrasa 0.5L and alcalasa 0.6L, yielding a product with good emulsifying and improved foaming properties.

Hydrolysates produced by the pH-stat method, then freeze-dried and spray-dried presented a PER of 1.1 and 0.9, respectively. The flour and the concentrate had PER values of 1.2. Supplementation of one of the hydrolysates with soya hydrolysate (1:1), improved the PER to a value similar to that of casein. Use of neutrasa 0.5L and alcalasa 0.6L enzymes, enhances the sesame protein solubility without modifying extensively the PER. Besides, it yields a dehydrated product with improved emulsifying and foaming properties.

### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Compañía Weber Representaciones, Caracas, su valiosa colaboración en el suministro de muestras e información acerca de las enzimas.

Asimismo, a la Empresa FACEGRA, por el suministro de la torta de ajonjolí utilizada en el estudio.

### BIBLIOGRAFIA

1. El Tinay, A. H., A. H. Khattab & M. O. Khidir. Protein and oil compositions of sesame seed. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 53:648-653, 1976.
2. Rivas, N., J. Dench & J. C. Caygill. Nitrogen extractability of sesame (*Sesamum indicum*, L.) seed and the preparation of two protein isolates. *J. Sci. Food Agr.*, 32:565-571, 1981.
3. Guerra, M. J. & Y. K. Park. Extraction of sesame seed protein and determination

- of its molecular weight by sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis. *J. Am. Oil Chem., Soc.*, **52**:73-75, 1975.
4. Adler-Nissen, J. Enzymatic hydrolysis of food protein. *Process. Biochem.*, **12**: 18-32, 1977.
  5. Friedman, M. Inhibition of lisinoalanine synthesis by protein acylation. En: **Nutritional Improvement of Food and Feed Proteins**. Mendel Friedman (Ed.). New York, N. Y., Plenum Press, 1978, p: 613-648.
  6. Master, P. M. & M. Friedman. Racemization of amino acids in alkali-treated food proteins. *J. Agr. Food Chem.*, **27**:507-511, 1979.
  7. Friedman, M., J. C. Zahnley & P. M. Master. Relationship between *in vitro* digestibility of casein and its content of lisinoalanine and D-amino acids. *J. Food Sci.*, **46**:127-134, 1981.
  8. Yasumatsu, K., J. Sawada, S. Moritaka, M. Misake, J. Toda, T. Wada & K. Ishii. Whipping and emulsifying properties of soybean products. *Agr. Biol. Chem.*, **36**: 719-727, 1972.
  9. Crenwelge, D., C. W. Dill, P. T. Tybor & W. A. Landmann. A comparison of the emulsification capacities of some protein concentrates. *J. Food Sci.*, **39**:175-177, 1974.
  10. Franzen, K. L. **The Preparation, Functional Characterization, and Uses of Chemically Derivated Food Protein**. Tesis doctoral (Ph.D.) Food Technology, Cornell University. Ithaca, New York, 1976.
  11. Lawhon, J. T., C. M. Cater & K. F. Mattil. A comparative study of the whipping potential of an extract from several oil seed flours. *Cereal Sci. Today*, **17**:240-294, 1972.
  12. Huffman, V. L., C. K. Lee & E. E. Burns. Selected functional properties of sunflower meal. *J. Food Sci.*, **40**:70-74, 1975.
  13. Kinsella, J. E. Functional properties of soy proteins. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **56**: 242-258, 1979.
  14. Pérez, G. C. & R. Saad L. Modificación enzimática de las proteínas de tortas comerciales de ajonjolí (*Sesamum indicum*, L.). *Arch. Latinoamer. Nutr.*, **34**: 735-748, 1984.
  15. Nip, W. K. Development and storage stability of drum-dried-guava-and papayatao flakes. *J. Food Sci.*, **44**:222-225, 1979.
  16. Lin, M. J. Y., E. S. Humbert & F. W. Sosulski. Certain functional properties of sunflower meal products. *J. Food Sci.*, **39**:368-370, 1974.
  17. Betschart, A. A., R. Y. Fond & M. M. Hanomoto. Safflower protein isolates: functional properties in simple systems and breads. *J. Food Sci.*, **44**:1022-1035, 1979.
  18. Association of Official Agricultural Chemists. **Official Methods of Analysis of the AOAC**. 12th ed. Washington, D. C., The Association, 1975.
  19. Dench, J. E., N. Rivas & J. C. Caygill. Selected functional properties of sesame (*Sesamum indicum*, L.) flour and two protein isolates. *J. Sci. Food Agr.*, **32**:557-564, 1981.
  20. Evans, R. J. & S. L. Bandemer. Nutritive values of some oilseeds proteins. *Cereal Chem.*, **44**:417-426, 1967.
  21. Brito, O. J. & N. Núñez. Evaluation of sesame flour as a complementary protein source for combinations with soy and corn flours. *J. Food Sci.*, **47**:457-460, 1982.
  22. Bender, A. E. & B. H. Doell. Biological evaluation of proteins: a new aspect. *Brit. J. Nutr.*, **11**:140-148, 1957.
  23. Allison, J. B. Biological evaluation of protein. *Physiol. Revs.*, **35**:664-669, 1965.

24. Shahinian, J. & J. G. Reinhold. Application of the phenolhypochlorite reaction to measurement of ammonia concentrations in Kjeldahl digests of serum and various tissues. *Clin. Chem.*, **17**:1077-1080, 1971.
25. Duncan, R. C., R. G. Knapp & M. C. Miller. *Bioestadística*. México D. F., México, Editorial Interamericana, 1978.
26. Olsen, S. H., J. Adler-Nissen, H. J. Jensen & O. Moller. Enzymatic hydrolysis of soy proteins. Processing developments and applications in low pH foods. In: *International Congress of Food Science and Technology. Abstracts*. Bagsvaerd DK-2880, Novo Industri. A/S Enzymes Division, 1978, p. 128.
27. Hutton, C. W. & A. M. Campbell. Functional properties of a soy concentrate and a soy isolate in simple systems and in a food system. *J. Food Sci.*, **42**:457-460, 1977.
28. Sosulski, F. Concentrated seed proteins. In: *Food Colloids*. Graham (Ed.). Westport, Conn., The Avi Publishing Co., 1977, p. 152-206.
29. Prakash, V. & P. K. Nandi. Isolation and characterization of globulin of sesame seed (*Sesamum indicum* L.). *J. Agr. Food Chem.*, **26**:320-323, 1978.
30. Fleming, S. E., F. W. Sosulski & E. S. Humbert. Viscosity and water absorption characteristics of slurries of sunflower and soybean flours, concentrates and isolates. *J. Food Sci.*, **39**:188-191, 1974.
31. Novo Industri A/S. *Enzyme Processing of Food Proteins*. Enzymes Division, Denmark. 1978.
32. Wang, J. C. & J. E. Kinsella. Functional properties of novel proteins: alfalfa leaf protein. *J. Food Sci.*, **41**:286-292, 1976.
33. Smith, A. K. & S. J. Circle. Protein products as food ingredients. In: *Soybeans Chemistry and Technology*. A. K. Smith and S. J. Circle (Eds.). Westport, Conn., The Avi Publishing Co., 1972.
34. Kuehler, C. A. & C. M. Stine. Effect of enzymatic-hydrolysis on some functional properties of whey protein. *J. Food Sci.*, **39**:379-383, 1974.
35. Grunden, L. P., D. V. Vadehra & R. C. Baker. Effects of proteolytic enzymes on the functionality of chicken egg albumen. *J. Food Sci.*, **39**:841-843, 1974.