

SELECCION DE PARAMETROS PARA TRATAMIENTOS TERMICOS EN SOJA MEDIANTE INACTIVACION DE ENZIMAS

Marta Hilda Gómez¹, Margarita Armada² y Julio R. Corimayo³

Instituto de Investigaciones para la Industria Química (INIQUI),
Buenos Aires,

Universidad Nacional de Salta, Salta, Argentina

RESUMEN

Se informan los efectos del tratamiento térmico, calor seco y húmedo, sobre el grano de soja y productos molidos, evaluados mediante la activación ureásica, anti-triptica y dispersibilidad de proteínas.

En la operación de inactivación enzimática se consideraron los parámetros siguientes: tiempo y temperatura de exposición, humedad y tamaño de la partícula.

De los distintos tratamientos térmicos aplicados en este trabajo se dedujo que las condiciones de procesos adecuados para obtener un producto apto para consumo humano, son: grano de soja molido humectado (25% de humedad) sometido a una corriente de vapor (97°C) durante un período de cuatro a ocho minutos.

INTRODUCCION

Con miras a contribuir a la solución de los problemas nutricionales del Norte Argentino, en la actualidad se está desarrollando la tecnología necesaria para el diseño y organización de la producción de alimentos que suplan calidad proteínica y energía, de origen vegetal y de bajo costo.

Los productos fortificados con soja son ampliamente usados, particularmente en derivados de panadería y elaboración de cereales, compitiendo así con alimentos de alta calidad proteínica. El mayor potencial nutri-

Manuscrito modificado recibido: 14-6-84.

- 1 Ingeniera en Industrias de los Alimentos y Profesora Adjunta en Ciencias y Tecnología de los Alimentos, Universidad Nacional de Salta, Buenos Aires 177 (4400) Salta, Argentina.
- 2 Ingeniera Química y Profesora Adjunta en Bromatología, Universidad Nacional de Salta.
- 3 Ingeniero Químico, Auxiliar de Investigación del Consejo de Investigación de la Universidad Nacional de Salta, ya citada.

cional de la soja se relaciona con el aporte que pueda hacer para balancear la composición de aminoácidos esenciales en que los cereales son deficientes (1).

Cuando se utiliza el grano de soja crudo para alimentar ratas u otros animales de experimentación, se observa inhibición del crecimiento; disminución de absorción de grasas y metabolismo energético; reducción de digestibilidad de proteínas; hipertrofia pancreática; hiposecreción de enzimas pancreáticas, y reducción de disponibilidad de minerales y vitaminas, así como de aminoácidos (2).

El tratamiento térmico de la soja es una operación necesaria para el mejoramiento de su valor nutritivo; la conversión de proteínas nativas a formas más digeribles; la eliminación del sabor amargo, y la inactivación de factores biológicamente activos. Los tratamientos térmicos excesivos dañan la calidad proteínica detectándose este efecto en la reducción en lisina disponible y/o en su valor nutritivo.

La ureasa, enzima que se encuentra en la soja, cataliza la conversión de urea en amoníaco y dióxido de carbono, pero no afecta la funcionalidad de productos de soja. Sin embargo, en la producción de alimentos balanceados, la inactivación de la ureasa es necesaria cuando la soja es utilizada en mezclas que contienen urea. La ureasa es un factor termolábil y puede ser inactivada durante procesos térmicos, proporcionando su evaluación un índice del grado de inactivación de factores antinutricionales tales como el inhibidor de tripsina. La actividad ureásica puede ser expresada en unidades de pH. Por ejemplo, un incremento de $\text{pH} = 0.3$ indica que el producto retiene actividad ureásica pero probablemente ha recibido suficiente tratamiento térmico para inactivar factores antinutricionales, considerándose apto para consumo humano. Un producto con incremento de $\text{pH} = 0.02$ se sospecha sobrecalentado, pero este test no es lo suficientemente sensible como para determinar un tratamiento térmico excesivo.

Los inhibidores de tripsina, presentes en la soja, afectan la calidad nutricional del producto, porque son sustancias que inhiben la actividad proteolítica de ciertas enzimas (inhibidores de proteasas), causando los problemas citados (2).

La cantidad de nitrógeno dispersible en agua está inversamente relacionada con la amplitud del tratamiento térmico (3). Los valores de proteína dispersible comprendidos entre 120/o y 250/o, señalan probablemente que el tratamiento térmico ha sido adecuado para lograr el valor óptimo de calidad nutricional de la proteína. Los valores más altos, en cambio, señalan tratamientos insuficientes, y los más bajos, tratamientos excesivos.

Desde el punto de vista nutricional, la etapa más importante es la inactivación de factores antinutricionales tales como lipoxidasas, ureasa, inhibidores de proteasas, etc. El objetivo de este trabajo, por consiguiente, fue la selección de parámetros que permitan un tratamiento térmico adecuado.

Los parámetros considerados en nuestro estudio fueron: tiempo y temperatura de exposición, humedad y tamaño de la partícula.

Los efectos de los diferentes tratamientos térmicos, calor seco y húmedo, sobre el grano de soja y productos molidos, se evaluaron mediante la actividad ureásica y antitriptica, así como dispersibilidad de proteínas.

MATERIAL Y METODOS

Se utilizó soja Hallesoy 321 de la cosecha 1978-79, con procedencia de General Guemes-Salta, y sus productos fueran tratados térmicamente por medio de calor seco y húmedo, variando los tiempos de residencia y las temperaturas de trabajo. Los ensayos se llevaron a cabo en muestras que presentaban diferencia en tamaño de partícula y contenido de humedad.

Tratamientos

Calor seco, experiencia I. Para este tipo de tratamiento se utilizó una lámpara de rayos infrarrojos (I. R.). La temperatura se registró mediante termocuplas adheridas a la superficie de bandejas de aluminio. El producto fue colocado sobre dichas bandejas en capas de aproximadamente 5 mm.

Calor húmedo, experiencia II. En este caso, el producto fue sometido a una corriente de vapor. La temperatura fue registrada por medio de termómetros.

En todos los casos la temperatura de trabajo, en el producto, se alcanzó entre los 25 y 40 segundos.

El producto a analizar en cada tratamiento se obtuvo a partir de cuatro o cinco lotes de producto tratado.

Preparación de las Muestras

Experiencia I. Incluyó lotes de 40 a 100 g de soja y soja molida, a 100/o y 250/o de humedad. Estos fueron sometidos a calor seco, alcanzando 97º, 120º y 140ºC (temperaturas de trabajo) durante 2, 4, 8 y 12 minutos.

Experiencia II. Se trabajó con lotes de 40 a 100 g de soja y soja molida a 100/o y 250/o de humedad, los que fueron sometidos a calor seco y a una corriente de vapor (calor húmedo) a $960 \pm 20^\circ\text{C}$, durante 2, 4, 8 y 12 minutos.

Experiencia III. En este caso, el ensayo se llevó a cabo en lotes de 40 a 100 g de soja molida (40 A.T.S.M.) humectada a 250/o de humedad. Luego se sometieron a calor húmedo (vapor) $960 \pm 20^\circ\text{C}$, durante 2, 4, 8, 12 y 15 minutos.

Las muestras de grano de soja, grano de soja molido, grano de soja humectado y grano de soja molido humectado se identifican como G; M; GH y MH, respectivamente.

Métodos Analíticos

Los contenidos de humedad, proteína, grasa, fibras y cenizas fueron determinados de acuerdo a la AOAC (4). Los hidratos de carbono se obtuvieron por diferencia.

Luego se analizó el índice de dispersibilidad de proteínas según procedimiento de la AOAC Ba 11-65 (5).

La actividad antitriptica, expresada en UI/mg y porcentaje de actividad antitriptica, fueron determinados por la técnica de Kakade *et al.* (6).

La actividad ureásica, expresada en incrementos de pH y porcentajes de actividad ureásica residual se estableció mediante el método de Caskey Knapp (1944), AOAC Tentative Method, Ba 9-58 (6).

La conversión de valores de actividad ureásica expresada en incrementos de pH a porcentajes de actividad ureásica residual fue realizada de acuerdo a Bakes y Mustakas (7). Para ello se mezclaron distintas proporciones de soja cruda y soja totalmente inactivada, determinándose la actividad ureásica de dichas mezclas. Los resultados se expresan gráficamente delta pH (Δ pH), actividad ureásica residual (Figura 1).

Por último, el valor biológico se determinó por el método rápido de curvas de consumo, de Farina, Río y Sanahuja (8).

RESULTADOS

La composición química porcentual de la soja se detalla en la Tabla 1. Según pueden observarse, hay altas actividades enzimáticas: ureásica

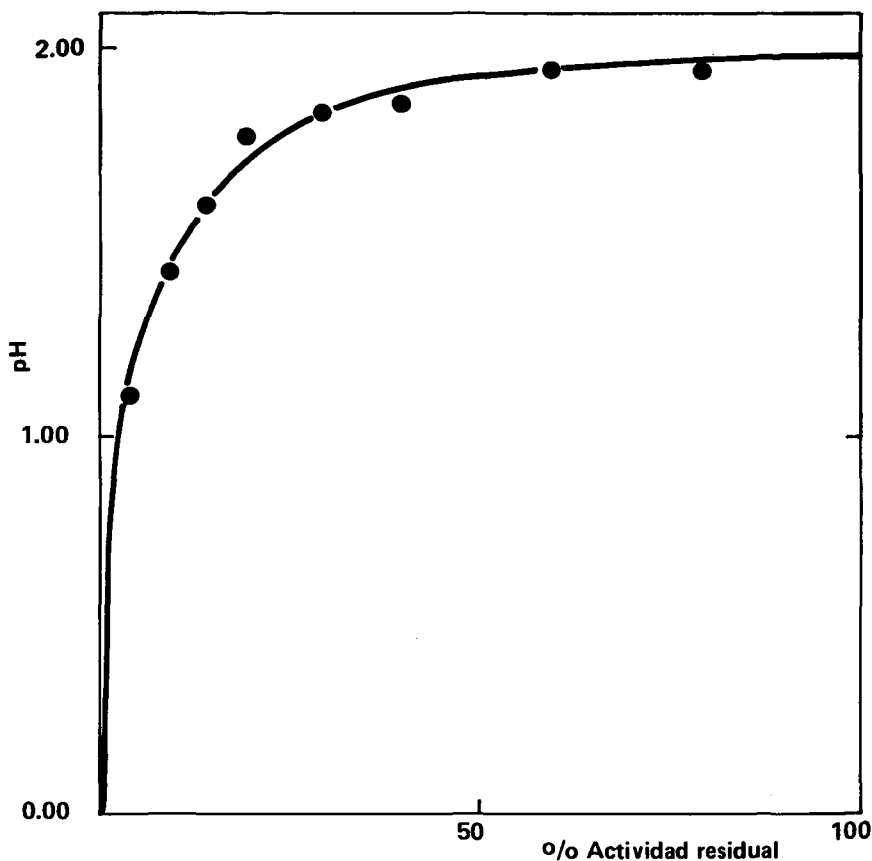


FIGURA 1

Conversión de valores de actividades ureásicas

TABLA 1

COMPOSICION QUIMICA PORCENTUAL Y OTRAS CARACTERISTICAS
DEL GRANO DE SOJA, VARIEDAD HALLESOY 321

Humedad	o/o	8.95
Proteína (N x 6.25)	o/o	36.37
Grasa	o/o	22.34
Fibra cruda	o/o	4.39
Cenizas	o/o	5.12
Hidratos de carbono	o/o	22.83
Actividad ureásica	Δ pH	1.98
Actividad antitriptica	VI/mg	69.96
Indice de dispersibilidad de proteínas	o/o	88.04
Valor biológico		28.3

(Δ pH: 1.98) y antitriptica (69.96 U.L/mg); también se aprecia una alta dispersibilidad proteínica (88.04^o/o) indicativa de que es un producto "crudo". El bajo valor biológico (28.3) (valor biológico de la caseína 88.3) se debe a que la soja contiene proteínas con deficiencias en aminoácidos (aminoácidos limitantes: metionina y cisteína); además posee factores antinutricionales.

Experiencia I – La actividad ureásica y evaporación de productos de soja sometidos a calor seco, se presentan en la Tabla 2. De los distintos tratamientos se observa que:

El tratamiento a 97^oC es insuficiente para inactivar la ureasa. En productos sin humectación previa, G y M se observa que éstos retienen hasta un 9.00^o/o (Δ pH = 1.36) y 40.00^o/o (Δ pH = 1.90) de actividad ureásica residual cuando se exponen a calor seco durante 12 minutos. Los productos humectados, GH y MH reducen su actividad ureásica hasta 7.00^o/o (Δ pH = 1.23) y 28.00^o/o (Δ pH = 1.83) a los 12 minutos de exposición.

A 120^oC: los productos G y GH reciben tratamiento térmico adecuado para inactivar factores antinutricionales, pero se aprecian bajos índices de dispersibilidad proteínica, variando desde aproximadamente 90^o/o en el producto crudo, a 23^o/o y 28^o/o (en G y GH) a los 4 min de tratamiento y a 14^o/o y 10^o/o (en G y GH) a los 12 minutos de tratamiento.

Los productos molidos y molidos humectados, M y MH no reciben tratamiento térmico adecuado en los tiempos considerados, ya que retienen altas actividades ureásicas.

A 140^oC: G y GH reciben energía suficiente para inactivar la ureasa, pero se observa baja dispersibilidad de proteínas que varían desde 90^o/o en el producto crudo hasta 12^o/o y 8^o/o (en G y GH) a los cuatro y 12 minutos de exposición.

M y MH retienen altas actividades ureásicas, lo que indica tratamientos térmicos insuficientes.

Los resultados de este tipo de tratamiento señalan que:

El grado de inactivación es función del tamaño de partícula, observándose en general mayor inactivación en los granos de soja que en los productos molidos.

TABLA 2

ACTIVIDAD UREÁSICA Y EVAPORACION DE PRODUCTOS DE SOJA
SOMETIDOS A CALOR SECO — EXPERIENCIA I

			97°C			
Producto			Tiempo (min)			
			2	4	8	12
G	Act. ureásica	Δ pH	2.04	2.02	1.00	1.36
	Evaporación	o/o	4.26	10.11	23.40	35.11
GH	Act. ureásica	Δ pH	2.04	2.01	1.85	1.23
	Evaporación	o/o	6.72	16.57	32.54	54.40
M	Act. ureásica	Δ pH	2.00	1.98	1.94	1.90
	Evaporación	o/o	14.89	46.81	84.04	94.68
MH	Act. ureásica	Δ pH	1.99	1.97	1.85	1.83
	Evaporación	o/o	17.65	47.06	83.53	95.29
			120°C			
G	Act. ureásica	Δ pH	1.84	0.03	0.02	0.01
	Evaporación	o/o	3.91	22.23	32.96	56.98
GH	Act. ureásica	Δ pH	n.d.	0.38	0.11	0.09
	Evaporación	o/o	n.d.	43.16	64.42	74.86
M	Act. ureásica	Δ pH	2.02	2.01	1.98	1.89
	Evaporación	o/o	47.49	63.13	83.24	57.54
MH	Act. ureásica	Δ pH	1.95	1.92	1.81	1.16
	Evaporación	o/o	55.89	73.40	84.73	88.22
			140°C			
G	Act. ureásica	Δ pH	1.80	n.d.	n.d.	n.d.
	Evaporación	o/o	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
GH	Act. ureásica	Δ pH	n.d.	n.d.	0.06	0.05
	Evaporación	o/o	n.d.	27.26	53.07	68.72
M	Act. ureásica	Δ pH	2.00	1.94	1.61	0.73
	Evaporación	o/o	n.d.	n.d.	74.41	86.03
MH	Act. ureásica	Δ pH	n.d.	1.81	1.19	1.14
	Evaporación	o/o	n.d.	77.10	81.21	88.00

n.d.: no determinado.

El grado de inactivación es función del contenido de humedad pretratamiento, ya que hay una relación directa entre el porcentaje de evaporación durante el tratamiento y la inactivación. La velocidad de inactivación es menor durante la deshidratación que el suministrado utiliza principalmente para evaporar.

En el grano entero hay menor evaporación por tamaño de partícula, impulsando mayor inactivación y menor dispersibilidad de proteínas. La modificación de las proteínas puede explicarse como una mejor transmisión de calor por mayor contenido de agua.

Experiencia II – La actividad ureásica y los porcentajes de evaporación de productos de soja sometidos a una corriente de vapor, se presentan en la Tabla 3.

TABLA 3

ACTIVIDAD UREASICA Y EVAPORACION DE PRODUCTOS DE SOJA
SOMETIDOS A VAPOR – EXPERIENCIA II

Producto			96.8°C			
			Tiempo (min)			
			2	4	8	12
G	Act. ureásica	Δ pH	1.95	1.89	1.84	1.70
	Evaporación	o/o	-57.45	-71.27	-72.34	-85.11
GH	Act. ureásica	Δ pH	1.72	1.68	1.51	1.29
	Evaporación	o/o	-25.00	-15.67	-15.67	- 7.46
M	Act. ureásica	Δ pH	1.94	1.88	1.81	1.68
	Evaporación	o/o	-39.36	-46.81	-51.06	-121.28
MH	Act. ureásica	Δ pH	1.47	0.08	0.03	0.01
	Evaporación	o/o	-16.08	-39.22	-64.71	-70.59

Nota: el signo negativo en los porcentajes de evaporación significa que el producto sufre humectación durante el tratamiento con vapor.

Los productos sin humectación previa, G y M, requieren mayores tiempos de exposición (+ 12 minutos) para alcanzar niveles de inactividad aceptables para consumo humano. Por ejemplo, después de 12 minutos de tratamiento se obtienen productos con 18% (Δ pH = 1.68) de actividad ureásica residual.

Las actividades ureásicas alcanzadas por GH indican que el tratamiento con vapor fue insuficiente para inactivar los factores antinutricionales.

Los productos molidos y humectados MH, sometidos a vapor, alcanzan actividades ureásicas aceptables para consumo humano de 0.05% (Δ pH = 0.08) a los cuatro minutos, y 0.00% (Δ pH = 0.03) a los ocho minutos.

Experiencia III. Esta fue diseñada a partir de las observaciones de las Experiencias I y II.

Los análisis realizados arrojaron los datos que se exponen en la Tabla 4. Según se observa, partiendo de un producto molido y humectado a 240/o de humedad, con IDP de 88.040/o, actividad ureásica, expresada en $\Delta pH = 2.06$, 1000/o de actividad antitriptica y valor biológico (VB) de 28.3, a los dos minutos de tratamiento con vapor se obtiene un producto que retiene 68.50/o del IDP original con actividad ureásica de 1.50, actividad antitriptica de 75.040/o, y VB de 38.5.

TABLA 4

PRODUCTOS DE SOJA SOMETIDOS A CALOR HUMEDO — EXPERIENCIA III

Muestra	Tiempo de tratamiento (min)	Proteína (Nx6.25) o/o	IDP o/o	A. U. ΔpH	A. U. o/o	A. A. o/o	A. A. U.I./mg	VB
M ₁	0	36.37	88.04	1.98	100.0	100.00	69.96	28.3
M ₂	2	37.37	60.37	1.50	12.0	75.04	52.50	38.5
M ₃	4	37.06	35.99	0.20	0.5	35.27	23.22	70.4
M ₄	8	36.94	22.22	0.03	0.0	14.08	9.85	78.0
M ₅	12	37.48	26.36	0.20	0.0	12.15	8.00	
M ₆	15	37.00	17.41	0.01	0.0	6.58	4.60	

IDP: Índice de dispersibilidad de proteína.

A. U.: Actividad ureásica.

A. A.: Actividad antitriptica.

VB: Valor biológico.

A los cuatro minutos de tratamiento, el producto retiene 40.900/o del IDP original, su actividad ureásica es de 0.20, y el VB = 70.4, lo que indica que el tratamiento térmico recibido fue adecuado.

A los ocho minutos de tratamiento térmico, el IDP es de 25.240/o del original, la actividad ureásica, de 0.03, la actividad antitriptica, de 14.080/o y el VB = 78.0. Los valores de las actividades enzimáticas y evaluaciones biológicas señalan la inactivación de factores biológicamente activos.

Los productos obtenidos después de 12 ó 15 minutos de tratamiento sugieren un tratamiento térmico excesivo, con factores antinutricionales inactivados y bajos índices de dispersibilidad proteínica.

CONCLUSION

De los tratamientos térmicos aplicados en este trabajo, al grano de soja y grano molido, se deduce que las condiciones de proceso adecuadas para obtener un producto apto para consumo humano son:

Grano de soja molido (malla 40 A.T.S.M.), humectado (aproximadamente 25% de humedad) sometido a una corriente de vapor (temperatura de trabajo 97°C) durante cuatro a ocho minutos.

SUMMARY

SELECTION OF PARAMETERS FOR THE THERMAL TREATMENT OF SOYBEAN PRODUCTS THROUGH ENZYME INACTIVATION

The effects of thermal treatment, dry heat and steam on the physiologically active substances: urease and trypsin inhibitors of soybean products, were evaluated by means of urease activity and trypsin inhibitor activity. The parameters time and temperature, moisture and particle size were considered.

From these analyses it can be concluded that the best conditions to obtain optimum soybean products were 25% of initial moisture content, exposed to steam (97°C) during four to eight minutes.

BIBLIOGRAFIA

1. Bressani, R. Calidad proteínica de la soya y su efectividad suplementaria. En: *Memoria de la Primera Conferencia Latinoamericana sobre la Proteína de Soya*, México D. F., noviembre 9-12, 1975. México D. F., Asociación Americana de Soya, 1976, p. 118-133.
2. Rackis, J. J. Biological and physiological factors in soybean. *J. Am. Oil Soc.*, 51: 161 A, 1974.
3. Smith, A. K. & S. J. Circle. *Soybeans Chemistry and Technology*. Westport, Conn., The Avi Publishing Company, Inc., 1972.
4. Association of Official Analytical Chemists. *Official Methods of Analysis of the AOAC*. 12th ed. Washington, D. C., The Association, 1975.
5. Association of Official Analytical Chemists. *Official Methods of Analysis of the AOAC*. 10th ed. Washington, D. C., The Association, 1965.
6. Kakade, M. L., J. R. Rachis, J. E. Mac Ghee & G. Puski. Determination of trypsin inhibitor activity of soy products. *Cereal Chem.*, 51(3): 376, 1974.
7. Baker, R. & G. C. Mustakas. Heat inactivation of trypsin inhibitor lipoxigenase and urease in soybean. *J. A. O. Ch. Soc.*, 50:137, 1973.
8. Farina, R., M. E. Rio & J. C. Sanahuja. A rapid method for the evaluation of protein quality. *Nutr. Repts. Internat.*, 16: 293, 1977.