

**ENSAYO ACELERADO DE ALMACENAMIENTO
PARA EL ESTUDIO DE LA PERDIDA DE VALOR NUTRITIVO
DE LAS PROTEINAS DE HARINA DE POROTOS**
(*Phaseolus vulgaris*)

*M. P. Buera*¹, *A. M. R. Pilosof*² y *G. B. Bartholomai*²

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de
Buenos Aires, y Consejo Nacional de Investigaciones
Científicas y Técnicas de la República Argentina

RESUMEN

Se estudió la pérdida de valor nutritivo de las proteínas de harina de porotos a través de un ensayo cinético de la pérdida de lisina disponible de dicha harina, a altas temperaturas (70-110°C) y con distintos contenidos de humedad. La pérdida de lisina siguió una cinética de orden uno; las energías de activación calculadas según los distintos niveles de humedad estuvieron comprendidas entre 8 y 13 Kcal/mol. Por su parte, el contenido de humedad tuvo un efecto muy importante en la velocidad de pérdida de lisina.

Los parámetros cinéticos obtenidos a altas temperaturas fueron utilizados para predecir la retención de lisina disponible a 34°C. Estos valores coincidieron con los que se obtuvieron luego de almacenar la harina de porotos con distintos contenidos de humedad a 34°C.

INTRODUCCION

En vista de la necesidad que existe en todo el mundo de aumentar las proteínas de la dieta, particularmente en los países en desarrollo, desde el punto de vista científico se han propuesto distintas soluciones. Estas tienden hacia la utilización de nuevas fuentes proteínicas en reemplazo de las proteínas de origen animal, que son caras en términos de requerimiento de tierra, y precios en el mercado.

Las leguminosas son constituyentes de importancia en la dieta de muchos países del mundo, especialmente de los países en desarrollo, como los

Manuscrito modificado recibido: 13-12-83.

- 1 Departamento de Industrias de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Ciudad Universitaria, 1428 Buenos Aires, República Argentina.
- 2 Miembros del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de la República Argentina.

de América Latina. Aun cuando la producción de leguminosas es mucho menor que la de cereales, cumplen una función nutritiva importante a causa de su aporte proteínico. En efecto, son ricas en lisina, deficientes en aminoácidos azufrados y, desde el punto de vista nutricional, se complementan bien con las proteínas de cereales (1, 2). La mayoría de las leguminosas se consumen secas y en estas condiciones la humedad es suficientemente baja como para evitar su deterioro por acción de microorganismos e insectos si se almacenan adecuadamente. Los cambios de tipo bioquímico, químico y físico —si bien no son totalmente anulados a estos niveles de humedad— son lo suficientemente lentos como para permitir una conservación prolongada. Las altas temperaturas y humedades de almacenamiento son desfavorables, ya que conducen a la infestación, al crecimiento microbiano, al aumento de la actividad enzimática y al deterioro químico que producen pérdidas cuantitativas y cualitativas de proteínas. Inducen, asimismo, la destrucción de vitaminas, situación que se magnifica en productos tales como harinas y concentrados proteínicos.

El mayor inconveniente para predecir la pérdida de calidad durante el almacenamiento es el largo tiempo requerido para evaluar el cambio producido. Con miras a superar este inconveniente, se han desarrollado ensayos acelerados de almacenamiento (3) que se basan en el seguimiento de los cambios de calidad que sufre el alimento sometido a un deterioro rápido a altos niveles de humedad y temperatura.

Como se sabe, la lisina es uno de los aminoácidos esenciales más lábiles frente al tratamiento térmico, por lo que se le utiliza como índice de retención de calidad de la proteína.

El presente trabajo tuvo por objetivo estudiar la pérdida de valor nutritivo de harinas de porotos (*Phaseolus vulgaris*, variedad Alubia) durante su almacenamiento, a través de un ensayo cinético de retención de lisina disponible en condiciones aceleradas de almacenamiento.

MATERIALES Y METODOS

Materiales

Se utilizaron los porotos enteros (*Phaseolus vulgaris*, variedad Alubia), los que fueron molidos y tamizados a través de una malla No. 80.

La composición aproximada de la harina fue: humedad 12.30/o, proteína, 20.70/o, y almidón, 440/o.

Métodos

Para estos propósitos se realizaron las siguientes pruebas:

El *contenido de humedad* se determinó gravimétricamente en estufa, a 110°C., y el *contenido de nitrógeno*, por el método de Kjeldahl.

La *lisina disponible* se determinó por el método D.B.D. de Hurrell y Carpenter (1975) dada su simplicidad y buena correlación con los métodos que utilizan el fluordinitrobenzeno.

Tratamientos térmicos. Se prepararon muestras de harina de distintas humedades (20/o a 520/o) que se envasaron en ampollas de vidrio, colocándose en una estufa a temperatura controlada ($\pm 1^\circ\text{C}$); ahí fueron calen-

tadas por distintos períodos de tiempo al cabo de los cuales se sometieron a enfriamiento rápido para luego analizar su contenido de lisina disponible. Las temperaturas estudiadas fueron 70, 90 y 110°C, respectivamente.

RESULTADOS Y DISCUSION

Ensayo Acelerado de Almacenamiento

Según se indicó, los ensayos acelerados de almacenamiento se llevaron a cabo a temperaturas comprendidas entre 70 y 110°C y revelaron que la pérdida de lisina disponible en harina de porotos se puede describir adecuadamente por una cinética de orden uno durante un primer período al cabo del cual se llegó aparentemente a un nivel estacionario, tal como se observa en la Figura 1, a modo de ejemplo.

Un comportamiento análogo se observó aplicando los otros niveles de humedad (20/o, 30/o, 42/o y 52/o). Las pendientes de las rectas obtenidas al graficar en escala semilogarítmica, la retención porcentual de lisina disponible en función del tiempo representó la constante específica de velocidad de orden uno.

Aplicando la ecuación de Arrhenius con las constantes de velocidad específicas obtenidas a distintas temperaturas se pudo calcular la energía de activación correspondiente a la pérdida de lisina para los distintos niveles de humedad. Los valores obtenidos oscilaron entre 8 y 13 Kcal/mol, dependiendo del nivel de humedad.

La Figura 2 muestra claramente la enorme influencia que la humedad ejerce sobre la velocidad de pérdida de lisina. A título de ejemplo, es de notar que cuando el contenido de humedad aumentó de 14/o a 30/o la velocidad de pérdida de lisina aumentó aproximadamente el triple.

Predicción de la Retención de Lisina Disponible durante el Almacenamiento

Como se ha visto, la pérdida de lisina disponible siguió una cinética de orden uno por lo que

$$\frac{dc}{dt} = -K c \quad (1)$$

donde c = concentración de lisina, t = tiempo y K = constante de velocidad.

Introduciendo el término RTN (porcentaje de retención) definido como:

$$RTN = \frac{c}{c_0} \cdot 100 \quad (2)$$

La integración de la ecuación (1) da:

$$RTN = \exp(4,6051 - K t) \quad (3)$$

que describe la retención de lisina en función del tiempo a temperatura y humedad constantes.

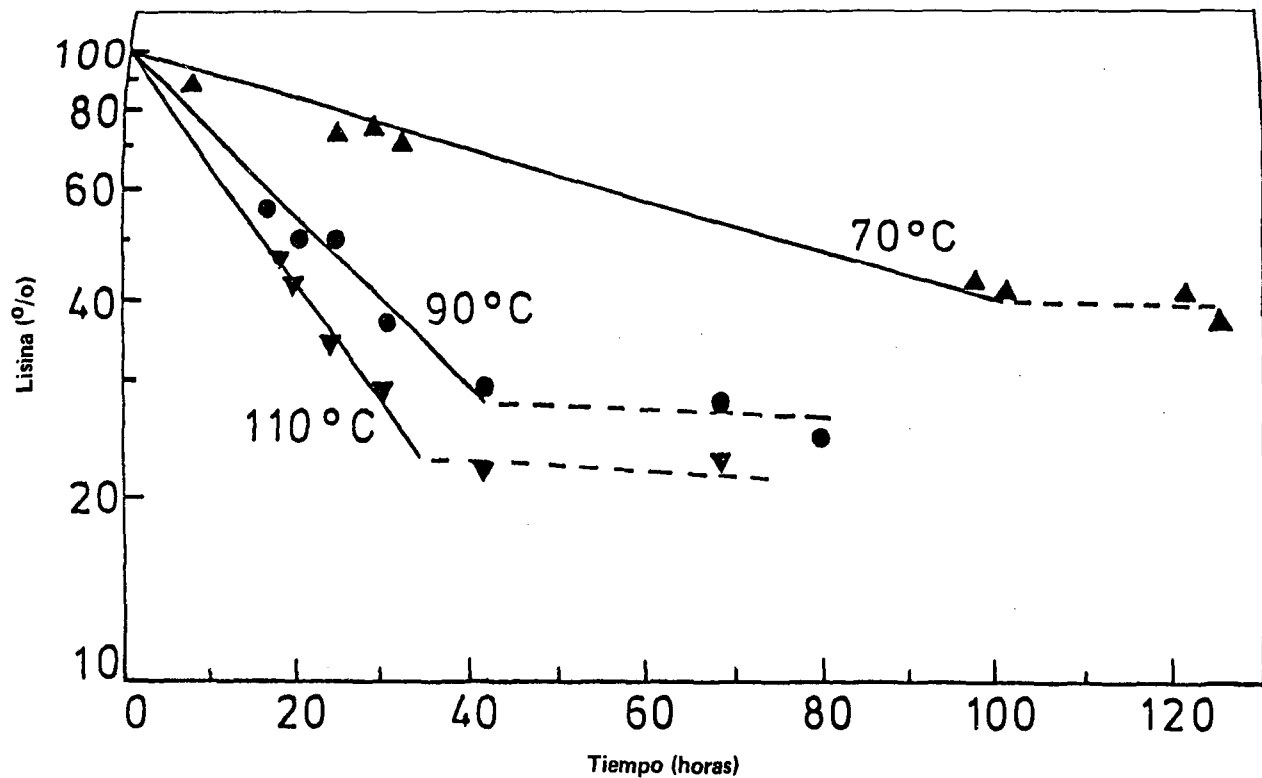


FIGURA 1

Pérdida de lisina disponible en harina de porotos de 14% de humedad, calentada a distintas temperaturas

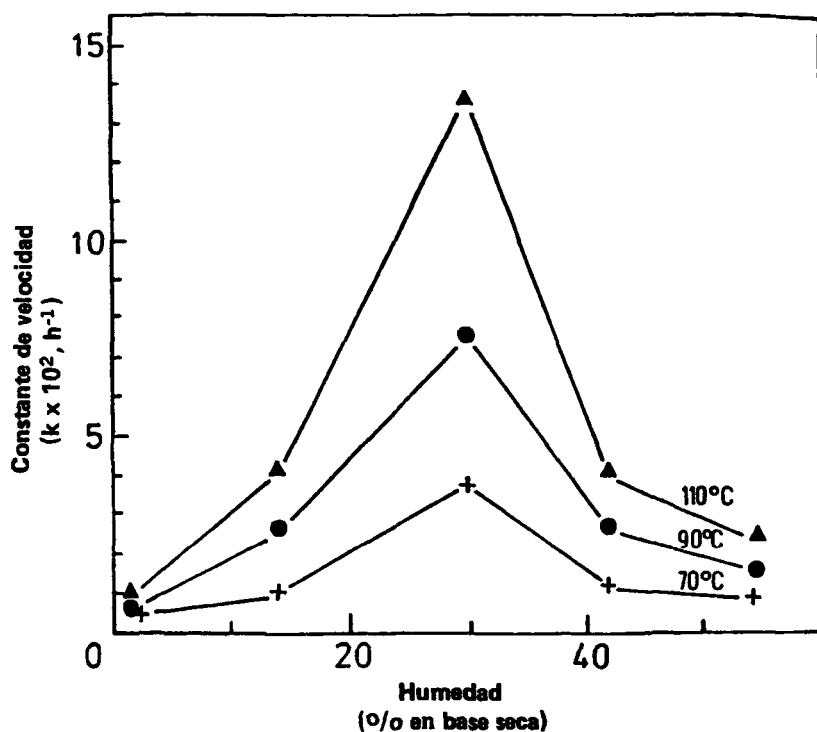


FIGURA 2

Influencia de la humedad en la velocidad de pérdida de lisina disponible en harina de porotos calentada a distintas temperaturas

El efecto de la temperatura en la constante de velocidad K se puede describir a través de la ecuación de Arrhenius:

$$K = K_0 \exp(-E_a/RT) \quad (4)$$

donde: K = Constante de velocidad
 K_0 = Factor de frecuencia
 E_a = Energía de activación
 R = Constante universal de los gases, y
 T = Temperatura

Introduciendo K en la ecuación (3), se obtiene

$$RTN = \exp 4,6051 - K_0 \exp(-E_a/RT) t \quad (5)$$

La ecuación (5) da la retención de lisina disponible en función del tiempo y de la temperatura, para un nivel de humedad constante. La retención de lisina para distintos tiempos de almacenamiento a 34°C y a distintas humedades se calculó mediante la ecuación (5) introduciendo los valores de K_0 y E_a correspondientes al nivel de humedad estudiado, los que se obtuvieron del estudio cinético a altas temperaturas, según se describió anteriormente.

Dichos valores se denominaron "Retención de lisina calculada" y se presentan en la Tabla 1 junto con los valores de "Retención de lisina experimental" que fueron obtenidos almacenando muestras de harina de distintos niveles de humedad a 34°C por distintos períodos de tiempo, al cabo de los cuales se analizó el contenido de lisina disponible. Se muestran asimismo, los valores de humedades relativas de equilibrio que corresponden a las distintas humedades de la harina (4).

Los resultados indican que la extrapolación hecha para predecir la retención de lisina disponible a temperaturas de almacenamiento es válida,

TABLA 1

RETENCION DE LISINA DISPONIBLE EN HARINA DE POROTOS
DE DISTINTOS CONTENIDOS DE HUMEDAD A 34°C

% Humedad (base seca)	Humedad relativa de equilibrio %	Tiempo (días)	Retención de	
			Lisina "calculada" %	Lisina "experimental" %
2	5	5	98	96
		10	92	89
		20	82	80
		30	70	75
		65	48	45
14	72.5	5	94	97
		10	85	87
		20	70	72
		30	52	55
		65	31	36
30	89.5	5	69	74
		10	40	43
42	92	5	72	76
		10	45	47
		20	26	24
55	95	5	79	76
		10	60	—

RTN = Porcentaje de retención.

ya que los valores experimentales coinciden aceptablemente con los calculados.

La pérdida de lisina disponible en la harina de porotos ocurrió rápidamente aun a temperaturas de almacenamiento (34°C) y a contenidos de humedad por debajo del que tiene normalmente (14%). Al ser almacenadas a 34°C y con un contenido de humedad de 14% por 30 días, se retuvo el 50% de la lisina disponible; al reducir su humedad a 2% , la retención fue de aproximadamente 70% .

Se puede observar, además, cuán importante es el control de la humedad relativa del ambiente donde dicha harina se almacena. Así, una variación de la humedad relativa de 72.5% a 89.5% conduce a un aumento de la humedad de la harina de 14% a 30% lo cual produce un incremento muy grande en la pérdida de lisina. En una harina con una humedad de 30% , por ejemplo, se pierde casi 50% más de lisina en el término de 10 días que en una harina cuya humedad es de 14% .

Los resultados de este trabajo señalan la validez de la metodología utilizada para determinar la retención de lisina disponible en harina de porotos. Desde un punto de vista general, esta metodología sería recomendable para estudiar otros factores de calidad con el objeto de predecir cuantitativamente la retención de los mismos en los alimentos, ya sea durante las fases de almacenamiento o de procesamiento.

SUMMARY

ACCELERATED TESTS FOR STUDYING THE LOSS OF THE NUTRITIVE VALUE OF BEAN FLOUR (*Phaseolus vulgaris*) PROTEIN

The loss of the nutritive value of bean flour protein was studied through a kinetic assay on the loss of available lysine of the flour at high temperatures ($70-110^{\circ}\text{C}$) and at different moisture contents. Lysine loss followed a first-order reaction kinetics; the activation energies for the different moisture levels were calculated and ranged between 8-13 kcal/mole. The moisture content had a very important effect on the rate of loss of available lysine. Kinetic parameters at high temperatures were used to predict the retention of available lysine at 34°C ; these values were in accordance with those obtained by storing bean flour with different moisture contents, at 34°C .

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la ayuda económica brindada por la Subsecretaría de Estado de Ciencia y Tecnología de la República Argentina (Programa Nacional de Tecnología de Alimentos), y por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de la República Argentina.

BIBLIOGRAFIA

1. Bressani, R., L. G. Elías & D. A. Navarrete. Nutritive value of Central American beans. IV. The essential amino acid content of samples of black beans, red beans, rice beans and cowpeas of Guatemala. *J. Food Sci.*, **26**: 525-528, 1961.

2. Bressani, R., A. T. Valiente & C. E. Tejada. All-vegetable protein mixtures for human feeding. VI. The value of combinations of lime-treated corn and cooked black beans. *J. Food Sci.*, **27**: 394-400, 1962.
3. Mizrahi, S., T. P. Lbuza, & M. Karel. Feasibility of accelerated tests for browning in dehydrated cabbage. *J. Food Sci.*, **35**: 804-1970.
4. Pilosof, A. M. R., G. B. Bartholomai & J. Chirife. Effect of heat treatment on sorption isotherms and solubility of flour and protein isolates from bean, *Phaseolus vulgaris*. *J. Food Sci.*, **47**: 1288, 1982.