

VALOR NUTRITIVO DEL LUPINO Y SU POTENCIAL COMO ALIMENTO HUMANO

Enrique Yáñez, V. Gattás y D. Ballester

Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos,
Universidad de Chile, Casilla 15138, Santiago 11, Chile

RESUMEN

Se determinó la composición química y algunos índices de calidad biológica de la proteína de dos especies de lupino dulce cultivadas en el Centro Experimental de Gorbea, Chile: *Lupinus albus* y *Lupinus luteus*. Ambas presentaron un alto contenido de proteína (39.5 y 44.6%) (N x 6.25). El índice de eficiencia proteínica (PER) medido en la rata fue baja en ambas muestras (PER: 0.48 y 0.71, respectivamente), comparado con 2.57 para la caseína. La suplementación con 0.3% de DL-metionina mejoró significativamente este índice, alcanzando valores semejantes al de la caseína, lo que es una demostración de que la proteína del lupino está limitada por su bajo contenido de dicho aminoácido. Con el fin de investigar el efecto del proceso de cocción-extrusión sobre la harina de lupino se determinó la composición química, PER, suplementación con metionina y digestibilidad de la proteína en una muestra de *L. albus*. La composición química no experimentó cambios. El PER se elevó de 0.50 a 0.75 ($P < 0.05$), índice que mejoró significativamente por la suplementación con 0.3% de DL-metionina. La digestibilidad de la proteína no varió por efecto de la cocción-extrusión (76.5 y 77.8%, respectivamente). La suplementación de harina de trigo con harina de lupino (5, 10, 15 y 20%) mejoró la eficiencia proteínica de 0.92 para harina de trigo a 1.39 con 10% de harina de lupino, y a 1.60 con 15%

de suplementación. Estos estudios permiten concluir que el lupino dulce constituye un interesante recurso proteínico para la alimentación humana.

INTRODUCCION

Las especies del género *Lupinus* han sido conocidas desde la antigüedad como fuente de alimento para el hombre y los animales. El Imperio Romano conocía el cultivo de *Lupinus albus* y lo mismo aplica a otras civilizaciones antiguas que florecieron en torno al Mediterráneo. En América Latina los habitantes del altiplano andino consumían el *L. mutabilis* que poseía un fuerte sabor amargo, al que dieron el nombre de tarhuí, con el que todavía se le conoce entre los pobladores de esas zonas. Aparte de la ya citada, también se han cultivado las especies *L. angustifolius* y *L. luteus*. En todo caso, el consumo de lupino era un hábito practicado por los más desposeídos (1).

En épocas más recientes se ha producido un renacer del interés por el cultivo de esta leguminosa, ya sea para usarla como abono verde, como planta entera en forraje para animales, o como semilla para la alimentación humana. Sin embargo, el lupino continúa presentando la desventaja de que contiene alcaloides de sabor amargo y toxicidad asociada (2). Afortunadamente los alcaloides pueden ser eliminados mediante el lavado acuoso de las semillas.

En situaciones de escasez crítica de alimentos, algunos países han recurrido al lupino como fuente de proteína y de aceite (3), iniciándose programas de selección genética a fin de obtener especies con un bajo contenido de alcaloides o libres de ellos. En los años 1928-29, von Sengbush, en Alemania, logró aislar algunas variedades de *L. luteus* y *L. angustifolius* con bajo contenido de alcaloides a las que llamó variedades "dulces" (4). Estas contendrían entre 0.01 y 0.05% de alcaloides, mientras que las variedades amargas contienen entre 1 y 2% de esas sustancias. Pocos años después se obtuvieron variedades dulces de *L. albus*. Aparte del desarrollo de variedades "dulces" el interés más reciente se ha orientado hacia la búsqueda de variedades de alto contenido en proteína y aceite. Estudios realizados en Chile y en Bolivia (5) plantean la posibilidad de desarrollar variedades de *L. mutabilis* en estos países, con un contenido de hasta 30% de aceite y 55% de proteína en sus semillas. Es fácil comprender, pues, el importante rol que las variedades "dulces" de esta leguminosa pueden

desempeñar en la alimentación humana como fuente de calorías y de proteínas. En el presente artículo se comunican los resultados concernientes a composición química, valor biológico de la proteína y complementación de ésta con la de los cereales.

MATERIAL Y METODOS

En la serie de experimentos de que aquí damos cuenta, se analizaron las especies *L. albus*, var. Astra; *L. luteus*, var. Aurea, y *L. mutabilis*, var. Multolupa obtenidas del Centro Experimental de Gorbea (Chile). Las semillas se molieron en un molino de martillos y en el material así obtenido se realizó el análisis químico proximal, que incluyó determinaciones de humedad, cenizas, proteínas y fibra cruda por los métodos de la AOAC (6). En el mismo producto se determinó también la calidad biológica de la proteína en la rata.

Valor Biológico de la Proteína

La calidad biológica de la proteína de lupino se determinó en ratas mediante el índice de eficiencia proteínica (PER) y de acuerdo al procedimiento de Chapman *et al.* (7). Estos investigadores utilizan en sus estudios 10 ratas de 21-23 días de edad, las que se alojan en jaulas metálicas individuales con fondo cribado, alimentándose con el material en estudio al 10% de proteína durante 28 días. Las dietas respectivas incluyen además un suplemento vitamínico y mineral suficiente para satisfacer las necesidades diarias de los animales (7). La dieta y el agua de bebida se ofrecen *ad libitum*. Cada 7 días los animales se pesan y se registra su ingesta. Como patrón, en nuestro estudio se usó una dieta a base de caseína aprobada por el Animal Nutrition Research Council de los Estados Unidos de América.

Suplementación con DL-Metionina

La literatura (8) y nuestros propios resultados (9) indican que la proteína de lupino es altamente deficitaria en aminoácidos azufrados y, en menor grado, en valina y triptofano. Por esta razón se investigó el efecto que la suplementación de la proteína de lupino con DL-metionina ejerce sobre el crecimiento de la rata y su eficiencia proteínica.

Efecto de la Cocción-Extrusión

Se usó harina de semilla decorticada mediante molienda de discos del grano y separación de la corteza por soplado. El proceso de cocción-extrusión se realizó en un extrusor Wenger X-25. Básicamente, este proceso consiste en plastificar un material harinoso en un equipo extrusor que tiene un tubo en el que se combinan humedad, calor, presión y corte mecánico. En el procesamiento de la muestra la temperatura en la descarga de la matriz fue de 130°C, la humedad del material se ajustó a 15% y la velocidad de flujo fue de 3,500 g/min. El material así obtenido se sometió a molienda y posteriormente a análisis químico proximal. La valoración biológica de la proteína se determinó en ratas como índice de eficiencia proteínica (PER). También se midió el efecto de la suplementación con DL-metionina sobre el PER y la digestibilidad (D) de la proteína. Esta última se calculó mediante la fórmula:

$$D = \frac{I - F}{I} \times 100$$

donde I y F significan ingesta de nitrógeno y nitrógeno fecal, respectivamente.

Evaluación de Combinaciones de Trigo-Lupino

El alto contenido de proteína de la harina de lupino y su buen aporte de lisina, señalan a esta leguminosa como un buen complemento para la proteína de los cereales que, como es bien sabido, contribuyen en forma muy importante a la dieta del hombre en los países subdesarrollados (10). Por esta razón, nos pareció conveniente investigar el efecto de la combinación de harina de trigo y lupino en concentraciones de 5, 10, 15 y 20% sobre la calidad biológica de la proteína en la rata.

RESULTADOS Y DISCUSION

El análisis químico de las especies *L. albus* y *L. luteus* (Tabla 1) reveló el alto contenido de proteína de esta leguminosa, siendo mayor en el caso de *L. luteus*. El contenido de proteína es más alto que el de las leguminosas consumidas corrientemente por el hombre, excepto la soya. El extracto etéreo varió inversamente con el contenido de proteína, siendo mayor para el *L. albus*.

TABLA 1

COMPOSICION QUIMICA DE DOS ESPECIES DE LUPINO
CULTIVADAS EN CHILE (g/100 g de peso seco)

	<i>L. albus</i>	<i>L. luteus</i>
Proteína (N x 6.25)	39.5	44.6
Extracto etéreo	12.5	5.4
Fibra cruda	13.4	19.2

El contenido de fibra cruda fue alto en ambas muestras analizadas variando entre 13.4 para *L. albus* y 19.20/o para *L. luteus*. Estos resultados confirman los datos existentes con respecto a diversas especies de lupino (11). El bajo contenido de aceite de *L. luteus* ha sido señalado ya por otros investigadores (9). El *L. albus* tiene un contenido intermedio de aceite.

El experimento de valoración biológica de tres especies de lupino reveló que éstas indujeron una pequeña ganancia de peso en las ratas que lo consumieron como única fuente de proteína (Tabla 2). La ingesta de estos animales también fue comparativamente menor que la de los otros grupos experimentales. El índice de eficiencia proteínica de *L. multolupa*, *L. albus* y *L. luteus* fue muy bajo, con valores de 0.68, 0.48 y 0.71, respectivamente. Estos resultados son indudablemente el reflejo de un deficiente balance aminoacídico de la proteína de lupino que, como lo han señalado previamente otros autores, es marcadamente deficiente en aminoácidos azufrados (5). Efectivamente, al suplementar las dietas a base de *L. albus* y *L. luteus* con 0.30/o de DL-metionina se produjo un aumento significativo ($P < 0.01$) en la ingesta, en la ganancia de peso y en la eficiencia proteínica. En ambos casos este parámetro alcanzó un valor muy cercano al de la caseína. La extrusión de *L. albus* no mostró cambios importantes en la composición química con respecto a la composición de harina de lupino sin procesar (Tabla 3). La prueba de eficiencia proteínica en estos materiales reveló un aumento significativo en el crecimiento de los animales (12) (Tabla 4). Del mismo modo, el PER aumentó de 0.50 para el lupino sin procesar, a 0.76 para el material cocido-extruido. El aumento significativo en el peso de los animales que recibieron la dieta de lupino cocido-extruido en la

TABLA 2

DETERMINACION DE LA EFICIENCIA PROTEINICA (PER)
DE TRES ESPECIES DE LUPINO DULCE.
EFECTO DE LA SUPLEMENTACION CON DL-METIONINA

Experimento	Peso inicial g	Ganancia de peso g		Ingesta g	PER
1. <i>L. multolupa</i>	37.8 ± 3.3	8.8 ± 3.6		127.7 ± 14.8	0.68 ± 0.22*
Caseína	37.6 ± 3.3	98.6 ± 10.6		317.9 ± 16.3	2.50 ± 0.20
2. <i>L. albus</i>	34.3 ± 3.4	6.3 ± 3.9		156.0 ± 24.8	0.48 ± 0.15
Idem + 0.3% DL-metionina	36.7 ± 1.9	54.0 ± 8.3		203.4 ± 29.4	2.31 ± 0.16
Caseína	34.4 ± 3.4	59.0 ± 6.6		230.5 ± 19.4	2.57 ± 0.21
3. <i>L. luteus</i>	37.0 ± 3.9	12.4 ± 1.8		158.8 ± 17.8	0.71 ± 0.04
Idem + 0.3% DL-metionina	36.8 ± 1.7	60.4 ± 11.7		246.7 ± 28.9	2.48 ± 0.30
Caseína	36.8 ± 1.7	59.8 ± 6.5		219.2 ± 13.0	2.76 ± 0.18

* Media ± DE.

TABLA 3

COMPOSICION QUIMICA DE HARINA DE LUPINO CRUDO
Y DE HARINA DE LUPINO COCIDA-EXTRUIDA

	<i>Lupinus albus</i>	
	Crudo	Cocido-extruido
Humedad	6.7	7.9
Cenizas	3.4	3.4
Proteína (N x 6.25)	43.2	43.5
Extracto etéreo	12.1	13.0

TABLA 4

INDICE DE EFICIENCIA PROTEINICA (PER) Y DIGESTIBILIDAD
DEL LUPINO CRUDO Y LUPINO COCIDO-EXTRUIDO.
EFECTO DE LA SUPLEMENTACION CON DL-METIONINA*

	Aumento de peso, g	PER	Digestibilidad %
<i>Lupinus albus</i> crudo	7.7 ^a ± 1.1	0.50 ^a ± 0.04	—
Idem + 0.3% DL-metio- nina	60.6 ^b ± 1.4	2.60 ^b ± 0.09	76.5 ± 1.9
<i>L. albus</i> cocido-extruido	13.0 ^c ± 2.6	0.76 ^c ± 0.16	—
Idem + 0.3% DL-metio- nina	60.5 ^b ± 2.8	2.23 ^b ± 0.25	77.8 ± 0.7
Caseína	63.1 ^b ± 3.4	2.54 ^b ± 0.24	87.2 ± 1.1

* Media ± DE.

Los promedios de las columnas verticales seguidos por diferentes letras son diferentes al nivel del 5% de acuerdo al Test de Rango Múltiple de Duncan (14).

prueba de eficiencia proteínica (Tabla 4) es, con mucha probabilidad, el resultado de una mejor palatabilidad de la harina de lupino sometida a dicho tratamiento. Al respecto, Mustakas *et al.* (13) han señalado que por efecto de la cocción-extrusión, las harinas vegetales como la de soya pierden su sabor a crudo mejorando sus características organolépticas. No cabe duda de que el mismo resultado puede producirse por efecto de dicho tratamiento aplicado a la harina de lupino. Estos resultados, al igual que los del experimento anterior, muestran que la proteína de lupino sin suplementar es de bajo valor biológico. Por el contrario, la suplementación con 0.3% de DL-metionina elevó los parámetros de aumento de peso y la eficiencia proteínica a valores que no difieren estadísticamente de los de la caseína. La digestibilidad de la proteína de lupino crudo y cocido-extruido suplementado con 0.3% de DL-metionina dio el mismo resultado para ambas

muestras. Este valor es considerablemente alto para una proteína vegetal, pero inferior al de la caseína. Los valores concuerdan con los notificados en la literatura (13).

Como era de esperar, en la prueba de complementación con harina de trigo se observaron bajos valores de ingesta, de aumento de peso y de eficiencia proteínica en la dieta preparada exclusivamente a base de harina de trigo o harina de lupino. La sustitución de 5% de harina de trigo por harina de lupino indujo un aumento importante en la ingesta, pero no se constataron incrementos significativos ni en ganancia de peso ni en eficiencia proteínica. En otras palabras, la incorporación de 5% de harina de lupino no fue suficiente para modificar estos parámetros. Sin embargo, la incorporación de 10% de harina de lupino sí mejoró satisfactoriamente los tres índices mencionados, alcanzando la eficiencia proteínica un valor de 1.39. Al nivel de 15% de harina de lupino la ingesta disminuyó y la ganancia de peso se mantuvo estacionaria, pero la eficiencia proteínica alcanzó 1.60, que fue el máximo logrado. El 20% de harina de lupino muestra una leve declinación en los tres parámetros, aunque el valor de 1.58 para la eficiencia proteínica no fue significativamente distinto del valor obtenido con la inclusión de 15% de harina de lupino (Tabla 5).

La mejoría de la eficiencia proteínica de la harina de trigo con diferentes niveles de harina de lupino, seguramente es el resultado del aporte de lisina de esta leguminosa a la proteína de trigo que, como se sabe, es deficiente en este aminoácido esencial. La estabilización de los valores de PER observada con el uso de 15 a 20% de harina de lupino podría ser modificada ventajosamente mediante la suplementación con DL-metionina. Consideramos que estos resultados son importantes porque demuestran que sí se puede mejorar el valor biológico de la harina de trigo, de tan extensas aplicaciones en la alimentación humana. Por otra parte, los resultados de esta investigación indican que el lupino puede contribuir a mejorar la nutrición de las poblaciones autóctonas de algunos países andinos que lo usan actualmente en su alimentación. Aún más, creemos que el rol del lupino en la alimentación puede extenderse a otros sectores que actualmente no lo consumen.

TABLA 5
CRECIMIENTO DE LOS ANIMALES, INGESTA Y RAZON DE EFICIENCIA PROTEINICA DE MEZCLAS
DE HARINA DE TRIGO Y HARINA DE LUPINO*

Mezcla	Harina		Proteína g/o	Peso inicial g	Ganancia de peso g	Ingesta g	PER
	Trigo %	Lupino %					
1	100	0	7.7	45.1 ± 2.9	12.2 ± 3.3	157.4 ± 13.6	0.92 ^a ± 0.17**
2	95	5	8.9	44.9 ± 2.6	17.4 ± 3.3	202.4 ± 15.6	0.97 ^a ± 0.14
3	90	10	11.5	44.9 ± 2.6	40.0 ± 5.8	248.2 ± 23.4	1.39 ^b ± 0.17
4	85	15	11.2	44.9 ± 2.6	39.4 ± 5.9	221.0 ± 15.3	1.60 ^c ± 0.14
5	80	20	10.9	44.8 ± 2.6	37.7 ± 5.0	214.2 ± 24.2	1.58 ^c ± 0.16
6	0	100	10.1	44.9 ± 2.6	8.6 ± 6.5	126.6 ± 17.0	0.58 ^d ± 0.22
Caseína			10.1	45.2 ± 2.5	71.9 ± 9.3	243.8 ± 25.0	2.98 ^e ± 0.35

* El experimento duró 3 semanas.

** Media ± DE.

Los promedios de la columna vertical seguidos por diferentes letras son significativamente diferentes al nivel del 5% de acuerdo al Test de Rango Múltiple de Duncan (14).

SUMMARY

NUTRITIVE VALUE OF LUPIN AND ITS POTENTIAL
AS HUMAN FOOD

The chemical composition and some indices of protein quality were measured in two species of sweet lupine *Lupinus albus* and *Lupinus luteus* grown at the Experimental Station in Gorbea, Chile: both samples showed a high protein content (39.5 and 44.6%). The protein efficiency ratio (PER) was measured in the rat and found to be 0.48 and 0.71, respectively, as compared to 2.57 for casein. Supplementation with 0.3% DL-methionine increased significantly those values, thus indicating that lupine protein is deficient in said amino acid. In another experiment the effect of cooking-extrusion on lupine flour (*L. albus*) was investigated and the chemical composition, protein efficiency ratio, methionine supplementation and digestibility of the protein were measured. The chemical composition was not changed but PER increased from 0.50 for raw lupine to 0.76 for processed lupine ($P < 0.05$). Both values increased significantly with the addition of 0.3% DL-methionine. The protein digestibility of the supplemented lupine was not affected by the cooking extrusion process (76.5 and 77.8%, respectively). Supplementation of wheat flour with 5, 10, 15 and 20% lupine flour increased the PER of wheat flour from 0.92, to 1.39 for wheat flour supplemented with 10% lupine flour, and to 1.60 for the 15% level of the supplement. These studies seem to support the conclusion that sweet lupine is an interesting protein resource for human nutrition.

BIBLIOGRAFIA

1. Gross, R. & R. Von Baer. Posibilidades del *Lupinus mutabilis* y *Lupinus albus* en los países andinos. Arch. Latinoamer. Nutr., 27: 451-474, 1977.
2. Von Baer, R. El lupino dulce. Antecedentes generales de cultivo y de utilización en el sur de Chile. Semente, 42: 20-24, 1972.
3. Hill, G. D. The composition and nutritive value of lupine seed. Nutr. Abs. Revs., 47: 511-529, 1977. (Livestock Feeds and Feeding).
4. Gladstone, J.S. Lupins as crop plants. Field Crop Abstr., 23: 123-148, 1970.
5. Gross, R. & E. Von Baer. Die lupine ein Beitrag zur Nahrungsversorgung in den Anden. 1. Allgemeine Gesichtspunkte Z. Ernahrungswiss., 14: 224-228, 1975.
6. Association of Official Agricultural Chemists. Official Methods of

- Analysis of the AOAC.** 11th ed. Washington, D.C., The Association, 1970.
7. Chapman, D.G., R. Castillo & J.A. Campbell. Evaluation of protein in foods. 1. A method for the determination of protein efficiency ratio. **Can. J. Biochem. Physiol.**, 37: 679-686, 1959.
 8. Hove, E.L. Composition and protein quality of sweet lupin seed. **J. Sci. Food Agr.**, 25: 851-859, 1974.
 9. Ballester, D., E. Yáñez, R. Madrid, S. Erazo, F. López, E. Haardt, S. Cornejo. A. López & J. Pokniak. Chemical composition, nutritive value and toxicity test of two species of sweet lupine: *Lupinus luteus* and *Lupinus albus*. En prensa.
 10. Reddy, V. Lysine supplementation of wheat and nitrogen retention in children. **Am. J. Clin. Nutr.**, 24: 1246-1249, 1971.
 11. Aguilera, J.M. & A. Trier. The revival of the lupin. **Food Technol.**, 32: 70-76, 1978.
 12. Mustakas, G.C., W.J. Albrecht, G.N. Bookwalter, J.E. McGhee, W.F. Kowlek & E.L. Griffin, Jr. Extruder-processing to improve nutritional quality, flavor and keeping quality of full-fat soy flour. **Food Technol.**, 24: 102-108, 1970.
 13. **Contenido en Aminoácidos de los Alimentos y Datos Biológicos sobre las Proteínas.** Roma, Italia, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 1970, p. 99, 177. (FAO, Estudios sobre Nutrición No. 24).
 14. Duncan, D.B. Multiple range and multiple F tests. **Biometrics**, 11: 1-42, 1955.