

FORMULACION Y VALOR NUTRITIVO DE DOS
SUSTITUTOS LACTEOS EN BASE A LUPINO DULCE
(*Lupinus albus*, var. Multolupa)

Daniza Ivanović,¹ Digna Ballester¹ y Enrique Yáñez¹

Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos (INTA),
Universidad de Chile, Santiago, Chile

RESUMEN

Se formularon dos sustitutos lácteos (A y B), en base a lupino dulce, trigo y leche descremada, los que se elaboraron con base en las exigencias químicas y nutricionales que el Sistema Nacional de Servicio de Salud (SNSS) de Chile establece para la elaboración de mezclas proteínicas. Las fórmulas A y B contienen 12% de harina de lupino dulce y difieren principalmente en el contenido de leche descremada, que es de 15% en la primera, y 10% en la segunda. Tomando como referencia un contenido de humedad de 2%, la fórmula A contiene 17.6% de proteínas, y la fórmula B 16.4%, con un contenido calórico de 420 Kcal/100 g. El cómputo aminoacídico para ambas fórmulas fue 0.80. La calidad biológica de las proteínas de A y B, medidas como índice de eficiencia proteínica (PER), dio valores de 2.2 y 2.1, respectivamente, los que no difieren estadísticamente, aunque sí con respecto al valor de 2.5 obtenido para caseína ($P < 0.01$).

Manuscrito modificado recibido: 4-10-82

1 Los autores son miembros del Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos (INTA), Universidad de Chile, Casilla 15138, Santiago 11, Chile.

INTRODUCCION

La mayoría de las semillas de lupino dulce acusan un contenido de proteína similar a la soya y superior al de otras leguminosas. La principal desventaja es la deficiencia de aminoácidos azufrados, tal vez más marcada que en el resto de las leguminosas. Esta desventaja puede, sin embargo, ser fácilmente corregida por suplementación con metionina sintética, o por complementación con la proteína de los cereales (1).

Los ensayos efectuados en ratas han revelado que el lupino dulce no es tóxico para esta especie (2). En lo que respecta a la presencia de inhibidores del crecimiento, en la semilla de lupino no se han detectado inhibidores de proteasas ni hemaglutininas (3) y, a diferencia de la soya, no requiere tratamiento térmico (4).

El alto contenido proteínico de la harina de lupino y su buen aporte de lisina, señalan a esta leguminosa como un buen complemento de la proteína de los cereales que, como se sabe, contribuyen en forma importante a la dieta del hombre.

Diversos estudios en materia de alimentación humana sobre la complementación de la proteína de lupino con cerealés, han revelado una calidad aceptable del producto y una buena palatabilidad (5).

En Chile se han efectuado también varias investigaciones a este respecto, observándose buena tolerancia y aceptabilidad (6).

Tradicionalmente, los alimentos infantiles han sido formulados usando soya, por su alto contenido proteínico y buen patrón aminoácido. Opinamos que los antecedentes de composición química y nutricionales del lupino dulce, justificarían, por lo tanto, la sustitución de la soya por esta leguminosa, sin desmedro de la calidad biológica del producto. Ello nos indujo a formular y evaluar química y nutricionalmente dos sustitutos lácteos para preescolares, cuyos ingredientes son harina de lupino, harina de trigo y leche descremada, junto con la adición de vitaminas y minerales. Para este propósito tuvimos muy en cuenta las exigencias del Sistema Nacional de Servicios de Salud (SNSS) de Chile para alimentos infantiles que utilizan en el Programa Nacional de Alimentación Complementaria (PNAC).

MATERIAL Y METODOS

Harina de Lupino

Se utilizó harina de *Lupinus albus* var. Multolupa obtenida

del Campo Experimental de Gorbea, en Temuco, Chile. La harina de lupino se obtiene sometiendo la semilla de esta leguminosa a un proceso de tostación entre 80 y 90°C por espacio de 10 minutos. Luego el grano se descascara mecánicamente y se muele. Su análisis químico proximal, expresado en términos de porcentaje, dio los siguientes valores: humedad, 8.0; cenizas totales, 3.5; extracto etéreo, 12.4; proteínas (Nx6.25), 36.4; fibra cruda, 2.0; hidratos de carbono (por diferencia), 37.7. El contenido de alcaloides (lupanina) fue de 0.02% y se determinó de acuerdo al método de Ruiz (7). La leche descremada, harina de trigo, aceite de soya, vitaminas y minerales fueron adquiridos en el comercio local.

Formulación

La fórmula de las mezclas A y B se muestra en la Tabla 1. Según señalan los datos, ambas contienen 12% de harina de lupino dulce y difieren principalmente en el contenido de leche descremada, que es de 15% para A, y 10% para B. El aporte de proteína animal es de 33.5% y 24.3% para A y B, respectivamente. Cada fórmula contiene vitaminas y minerales agregados por 100 g de producto.

Análisis Químico Proximal

La composición química proximal de las fórmulas A y B se determinó según las técnicas de la AOAC (8), y la determinación de N por el método de Kjeldahl, seguido de una microdestilación en una solución de ácido bórico al 2%, usando el indicador de Conway (9). Para la conversión de N a proteína se aplicó el factor 6.25, y el extracto no nitrogenado se calculó por diferencia.

Composición Aminoacídica

La composición aminoacídica de las fórmulas se determinó de acuerdo al procedimiento de Kohler y Palter (10), para lo cual de 25 a 50 mg de proteína se sometieron a hidrólisis con HCl 6 N a 110°C durante 22 horas. El hidrolizado se evaporó en un evaporador rotatorio y se llevó a un volumen apropiado con buffer citrato (pH 2.2). Se analizaron alícuotas de 0.5 ml empleando un analizador de aminoácidos Hitachi-Perkin Elmer, Modelo KLA-38, el cual se basa en el principio de Spackman, Stein y Moore (11).

TABLA 1

INGREDIENTES Y CONTRIBUCION PROTEINICA DE LAS FORMULAS A Y B*

Fórmula	Ingredientes	Contenido %	Proteína g/100 g	Contribución proteínica %	Proteína animal %	Proteína vegetal %
A	Harina de trigo	68.0	6.3	39.1	—	39.1
	Harina de lupino	12.0	4.4	27.3	—	27.3
	Leche descremada	15.0	5.4	33.5	33.5	—
	Aceite de soya	5.0	—	—	—	—
Total		100.0	16.1	100.0	33.5	66.4
B	Harina de trigo	73.0	6.8	45.9	—	45.9
	Harina de lupino	12.0	4.4	29.7	—	29.7
	Leche descremada	10.0	3.6	24.3	24.3	—
	Aceite de soya	5.0	—	—	—	—
Total		100.0	14.8	100.0	24.3	75.6

* Cada fórmula contiene las siguientes cantidades de minerales y vitaminas por 100 g: calcio (calcio precipitado liviano, CaCO₃), 450 mg; yodo (yoduro de potasio), 100 mcg; hierro (sulfato ferroso), 9 mg; tiamina (clorhidrato de tiamina), 180 mcg; riboflavina USP, 285 mcg; vitamina B₁₂ (cristales USP), 2 mcg; ácido fólico, 200 mcg; niacinamida, 3 mg; ácido ascórbico USP, 20 mg; vitamina A (palmitato 250 CWS), 330 mcg; vitamina D₂ (calciferol 1 mcg = 40 UI), 10 mcg.

Valoración Biológica de la Proteína

En ambas fórmulas se midió la calidad biológica de la proteína mediante el índice de eficiencia proteínica (PER), conforme al procedimiento de Chapman, Castillo y Campbell (12). Se utilizaron 10 ratas Wistar comprendidas entre 21 y 23 días de edad por grupo experimental, las cuales se alojaron en jaulas metálicas individuales, con fondo cribado, en un ambiente cuya temperatura fluctuaba entre 23 y 25°C. Como patrón se utilizó caseína ANRC. La dieta y el agua de bebida fueron proporcionadas *ad libitum* durante 28 días, controlándose el peso y la ingesta de los animales cada 7 días. Los resultados se expresan en términos de PER corregido, tomando como referencia caseína estandarizada a un valor de PER de 2.50. La composición porcentual y contenido de nitrógeno de las dietas experimentales, se exponen en la Tabla 2.

TABLA 2

COMPOSICION PORCENTUAL Y CONTENIDO DE N DE DIETAS PREPARADAS EN BASE A LAS FORMULAS A Y B Y CASEINA

Ingredientes	Dietas		
	Caseína	Fórmula A	Fórmula B
Caseína	11.0	—	—
Fórmula A	—	62.5	—
Fórmula B	—	—	67.8
Aceite de maíz	10.0	5.3	5.0
Vitaminas ^a	1.0	1.0	1.0
Mezcla mineral ^b	4.0	4.0	4.0
Fibra no nutritiva ^c	5.0	4.8	4.8
Maicena	69.0	22.4	17.4
% de nitrógeno	1.57	1.61	1.63

^a De acuerdo a Chapman, Castillo y Campbell (12).

^b Salt mixture USP XVIII, ICN Pharmaceuticals, Inc. Life Sciences Group, Cleveland, Ohio, EUA.

^c Alphacel, ICN Pharmaceuticals, Inc. Life Science Groups, Cleveland, Ohio, EUA.

Análisis Estadístico

El análisis de los datos incluyó la media aritmética, desviación estándar, análisis de varianza (13) y test de rango múltiple de Duncan (14).

RESULTADOS*Composición Química Proximal y Valor Calórico*

La composición química proximal de las fórmulas A y B se indica en la Tabla 3, observándose pequeñas diferencias entre ambas. Así, la fórmula A contiene 16.0% de proteína, y la fórmula B, 14.8%.

El contenido de humedad, cenizas, extracto etéreo, fibra cruda y extracto no nitrogenado es muy similar en ambas fórmulas. En referencia a un producto elaborado mediante el sistema de pulverizado (spray) con 2% de humedad, la fórmula A tendría un contenido de proteína de 17.6%, y la fórmula B, de 16.4%, aportando ambas fórmulas 420 Kcal/100 g de producto. El bajo porcentaje de humedad del producto incrementa proporcionalmente el contenido proteínico-calórico. En este sentido, el porcentaje de extracto etéreo de 7.2 y 7.3% para A y B, respectivamente, contribuye a proporcionar las calorías adecuadas del producto.

TABLA 3

COMPOSICION QUIMICA PROXIMAL DE LAS FORMULAS A Y B

	Fórmulas	
	A	B
	%	%
Humedad	10.9	11.3
Cenizas	1.9	1.5
Proteína (Nx6.25)	16.0	14.8
Extracto etéreo	7.2	7.3
Fibra cruda	1.0	1.0
Extracto no nitrogenado*	63.0	64.1

* Por diferencia.

Composición Aminoacídica de la Proteína

La composición aminoacídica de la proteína de las fórmulas se muestra en la Tabla 4. Según se aprecia, el cómputo aminoacídico para ambas fórmulas fue de 0.80, siendo el primer aminoácido limitante metionina + cistina, seguida de lisina y treonina.

TABLA 4

COMPOSICION AMINOACIDICA DE LA PROTEINA DE LAS FORMULAS A Y B

Aminoácidos	mg/g de proteína			
	A	B	Leche de vaca	Patrón FAO/OMS (1973)*
Isoleucina	53	52	47	40
Leucina	86	84	95	70
Lisina	49	45	78	55
Fenilalanina + tirosina	91	89	102	60
Metionina + cistina	28	28	33	35
Treonina	39	38	44	40
Triptofano	12	11	14	10
Valina	53	51	64	50

* Ref. (17).

Valor Biológico de la Proteína

En la Tabla 5 se da a conocer el valor biológico de la proteína de ambas fórmulas. Como lo revelan los datos, la fórmula A dio un valor de PER de 2.20, y la fórmula B, de 2.10, en relación al control de caseína cuyo PER fue 2.50. Los valores de PER obtenidos para las fórmulas no acusan diferencias de significado estadístico, pero sí los de caseína ($P < 0.01$). Los animales alimentados con esta última proteína registraron una menor ingesta que los alimentados con las fórmulas, pero su crecimiento fue levemente superior.

TABLA 5

VALOR BIOLÓGICO DE LA PROTEÍNA DE LAS FÓRMULAS A Y B,
MEDIDO COMO RAZÓN DE EFICIENCIA PROTEÍNICAS (PER)

Dietas	Ganancia de peso g	Ingesta proteínica g	PER corregido
Fórmula A	92.6 ± 8.6*	36.6 ± 3.6	2.20 ^a
Fórmula B	88.0 ± 7.9	36.4 ± 3.3	2.10 ^a
Caseína ANRC	94.2 ± 13.1	32.7 ± 2.0	2.50 ^b

Peso promedio inicial de las ratas: 44.0 ± 1.6 g.

* Media ± DE.

Las letras diferentes en la columna indican diferencias significativas ($P < 0.01$), según el test de rango múltiple de Duncan (14).

DISCUSION

El alto contenido de proteínas y calorías de la harina de *L. albus* var. Multolupa, señalan a esta leguminosa como potencial sustituto de la soya. La calidad biológica de su proteína mejora notablemente al complementarla con otras de origen vegetal, la proteína de los cereales, por ejemplo, o con proteínas de origen animal. Los sustitutos lácteos que se proponen en este estudio se basan en lo expuesto. La proporción en que están presentes los ingredientes que suministran proteína, es decir harina de trigo, harina de lupino y leche descremada, obedece a que con los porcentajes señalados se logra el mejor puntaje ("score") aminoacídico, con un buen aporte de proteína animal (Tabla 1).

La composición química proximal de estas fórmulas indica que la A tiene un contenido proteínico de 16.0%, y la B, de 14.8% (Tabla 3). En contraste con un producto elaborado con un contenido de humedad de 2% mediante el proceso de pulverizado (spray), la fórmula A tendría un contenido de proteínas de 17.6% y la B, de 16.4%, o sea mayor que el de los sustitutos lácteos que en la actualidad se distribuyen a través del PNAC, y ambas fórmulas proporcionan 420 Kcal/100 g de producto. De esta forma, las fórmulas propuestas en este estudio, se ajustan a las normas establecidas por el SNSS, en relación a la elaboración de mezclas

proteínicas, las cuales deben contener como mínimo 15.0^o/o de proteínas y proporcionar 420 Kcal/100 g de producto (15).

Las fórmulas aportan un buen contenido de aminoácidos esenciales. El puntaje aminoacídico para ambos productos fue de 0.80, valor que se ajusta al de las mezclas proteínicas actuales que se distribuyen en Chile a todos los preescolares comprendidos entre las edades de 2 a 5 años a través del PNAC (Tabla 4). El valor biológico de la proteína de las fórmulas A y B es igual, pero los valores difieren significativamente en lo referente a caseína ($P < 0.01$) (Tabla 5). Sin embargo, los valores obtenidos son similares a los registrados en el caso de los sustitutos lácteos distribuidos a través del PNAC (16).

El aporte de las fórmulas, considerando una ingesta diaria de 50 g de producto en dilución al 10^o/o, cubriría aproximadamente el 14^o/o y el 49^o/o de las recomendaciones calóricas y proteínicas de acuerdo a las cifras de FAO/OMS establecidas en 1973 (17). No menos importante es su aporte en hierro, vitamina B₁₂, vitamina A y ácido fólico, cuya finalidad es contribuir a la prevención de anemias nutricionales e hipovitaminosis. La contribución de las fórmulas a las recomendaciones de ingesta de nutrientes establecidas para preescolares, es comparativamente mayor para gran parte de los nutrientes, en contraste a las mezclas proteínicas que, según se dijo ya, se distribuyen a través del PNAC (Tabla 6).

La elaboración de las fórmulas A y B significaría contar con una disponibilidad de aproximadamente 1,880 toneladas de harina de lupino, a fin de satisfacer la demanda de 15,655.92 toneladas de mezclas proteínicas que se necesitaron en Chile en 1979 para cubrir las demandas de una población objetivo representada por 869,770 preescolares atendidos por el PNAC (18). En los momentos actuales, la producción de lupino en Chile es de aproximadamente 20,000 toneladas para una superficie sembrada en el año agrícola 1979-1980 de 8,000 has, con un rendimiento promedio del orden de 25 qq/ha. El cultivo del lupino en Chile ha adquirido gran desarrollo en la IX Región del país, donde las condiciones climáticas son especialmente favorables para su cultivo (19).

En Chile las industrias lecheras nacionales han elaborado algunos sustitutos lácteos en base a lupino, incorporando harina de esta leguminosa en niveles de 12 y 15^o/o, en productos como Superchil, Superlac y Lactodá, con buenos resultados (20). Por lo tanto, la utilización del lupino en su elaboración es perfectamente factible, conforme lo atestiguan los resultados de este trabajo. Hay

TABLA 6

CONTRIBUCIÓN PROMEDIO DE A Y B A LAS RECOMENDACIONES
DIARIAS DE INGESTA DE NUTRIENTES (FAO/OMS, 1973),
PARA PREESCOLARES

Nutrientes	Recomendaciones diarias FAO/OMS, 1973		Aporte de las fórmulas A y B*	
	1 - 3 años	4 - 6 años	Aporte diario	% de las recomendaciones
Kilocalorías	1,320	1,830	210 Kcal	14
Proteínas (g)	16	20	8.5 g	49
Vitamina A (mcg)	250	300	165 mcg	60
Vitamina D (mcg)	10	10	5 mcg	50
Vitamina B ₁ (mg)	0.5	0.7	90 mcg	15
Vitamina B ₂ (mg)	0.8	1.1	143 mcg	15
Niacina (mg)	9	12.1	1.5 mcg	15
Acido fólico (mcg)	100	100	100 mcg	100
Vitamina B ₁₂ (mcg)	0.9	1.5	1 mcg	83
Vitamina C (mg)	20	20	10 mg	50
Calcio (g)	0.4-0.5	0.4-0.5	225 mg	50
Hierro (mg)	5-10	5-10	4.5 mg	60
Yodo (mcg)	70	90	50 mcg	62

* El aporte de las fórmulas A y B se establece en función del consumo diario de 50 g en dilución al 10^o/o.

que considerar que los costos de producción de las fórmulas propuestas son inferiores a los de las actuales mezclas proteínicas distribuidas por el PNAC. En 1979 éstas tuvieron un costo promedio de adquisición por parte del SNSS de US.\$1,560 por tonelada, en comparación con el costo de la fórmula A, que es de US.\$1,398 y de la fórmula B, de US.\$ 1,244 (21). En consecuencia, la utilización de una u otra de estas fórmulas significaría un ahorro de 10^o/o (A) y 20^o/o (B), respectivamente, en los costos de dicho programa.

A partir de los resultados del estudio tema de este artículo, se concluye que el lupino dulce representa una alternativa digna de tener en cuenta en el caso de Chile, en la alimentación del pre-

escolar, mediante la elaboración de mezclas proteínicas de buen valor nutritivo y factibles de utilizar en otros países de desarrollo similar.

SUMMARY

FORMULATION AND NUTRITIVE VALUE OF TWO PROTEIN MIXTURES BASED ON SWEET LUPINE (*Lupinus albus*, var. Multolupa)

Two protein mixtures, A and B, based on sweet lupine, wheat flour and dried skim milk powder were formulated, bearing in mind the chemical and nutritional standards set by the National System of Health Services for protein mixtures used through the National Program of Complementary Feeding (PNAC) for preschool children. Both formulas contained 12% of sweet lupine flour, but they differed in their skim milk content, which was 15% in mixture A, and 10% in mixture B. Taking as reference value a content of 2% moisture, formula A contains 17.6% protein and mixture B, 16.4%, with a caloric content of 420 kcal/100 g for both of them. The amino acid score was 0.80 for both mixtures. The biological quality of the proteins of A and B, measured as protein efficiency ratio (PER), was 2.2 and 2.1, respectively. These values are not statistically different, although they are lower than the value of 2.5 obtained for casein ($p < 0.01$).

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Sr. Erick Von Baer, del Campo Experimental de Gorbea, Temuco, Chile, la harina de *L. albus*, var. Multolupa que tuvo a bien proporcionarnos, gracias a lo cual fue posible la realización de este estudio.

Agradecen igualmente a la Sra. Viola Lyon Larronde su excelente labor secretarial en la preparación del manuscrito correspondiente.

BIBLIOGRAFIA

1. Yáñez E., V. Gattás & D. Ballester. Valor nutritivo del lupino y su potencial como alimento humano. *Arch. Latinoamer. Nutr.*, **29**: 510-520. 1979.

2. Ballester, D., E. Yáñez, R. García, S. Erazo, F. López, E. Haardt, S. Cornejo, S. López, J. Pokniak & C.O. Chichester. Chemical composition, nutritive value and toxicological evaluation of two species of sweet lupine (*Lupinus albus*, and *L. luteus*). *J. Agr. Food Chem.*, **28**: 402-405, 1980.
3. Hill, G.D. The composition and nutritive value of lupin seed. *Nutr. Abst. Revs.*, **47**: 511-529, 1977.
4. Wilke, H., D. Hopkins & D. Waggle. **Soy Protein and Human Nutrition**. New York, N.Y., Academic Press, Inc., 1979.
5. Gross, R. Lupino, una contribución a la nutrición en los Andes. 3. Investigaciones fisiológicas-nutricionales con harina de lupino dulce (*Lupinus albus*). *Ernaehrungswiss*, **15**: 391-395, 1976.
6. Soza, G., O. Linn, J. Inostroza, H. Pettinelli, F. Araneda, E. Saavedra, M.E. Gaona & M. Bosagna. Recuperación nutricional de lactantes marásmicos con fórmula láctea adicionada de producto farináceo en base a lupino dulce. *Rev. Chilena Pediat.*, **50**(5): 21-30, 1979.
7. Ruiz, L.P.A. Alkaloid analysis of "sweet" lupin seed by GLC. *New Zealand J. Agric. Res.*, **21**: 241-242, 1978.
8. Association of Official Agricultural Chemists. **Official Methods of Analysis of the AOAC**. 12th ed. Washington, D.C., The Association, 1975.
9. Yáñez, E., D. Ballester & G. Donoso. Harinas de jibia y de ballena fabricadas en Chile: su composición química, aminoacídica y calidad biológica en la proteína. *Nutr. Bromatol. Toxicol.*, **5**(4): 134-143, 1966.
10. Kohler, G.O. & R. Palter. Studies on methods for amino acid analysis of wheat products. *Cereal Chem.*, **44**: 512-520, 1967.
11. Spackman, D.H., W.H. Stein & S. Moore. Automatic recording apparatus for use in the chromatography of amino acids. *Anal Chem.*, **30**: 1190-1206, 1958.
12. Chapman, D.G., R. Castillo & J.A. Campbell. Evaluation of protein efficiency ratios. *Can. J. Biochem. Physiol.*, **37**: 679-686, 1959.
13. Snedecor, G.W. & W.G. Cochran. **Statistical Methods**. Ames, Iowa, The Iowa State University Press, 1967.
14. Duncan, D.B. Multiple range and multiple F tests. *Biometrics*, **11**: 1-42, 1955.
15. Ministerio de Salud. Propuesta Pública No. 32/81. Central de Abastecimiento del Sistema Nacional de Servicios de Salud, Depto. de Adquisiciones. Santiago, Chile, 8 de abril de 1981.
16. Ministerio de Salud. Programa Nacional de Alimentación Complementaria. Departamento de Apoyo a los Programas, Ministerio de Salud de Chile, 1979.
17. **Necesidades de Energía y de Proteínas**. Informe de un Comité Mixto

- de Expertos FAO/OMS, Roma, 22 de marzo a 2 de abril de 1971. Publicado por FAO y OMS, Ginebra, 1973, 118 p. (FAO, Serie de Informes de Reuniones sobre Nutrición No. 52, y Serie de Informes Técnicos de la OMS, No. 522).
18. INTA, CONPAN, Ministerio de Salud. Efecto de un PNAC modificado en el nivel de salud y nutrición de sus beneficiarios. Santiago, Chile, 1980.
 19. Von Baer, E. Comunicación personal, agosto de 1980.
 20. Castro, E. Lupino: Cultivo y utilización, *El Campesino*, agosto de 1978, p. 24-42.
 21. Ivanovic, D., E. Yáñez & D. Ballester. Estudios de costos de producción de dos sustitutos lácteos en base a lupino dulce (*Lupinus albus*, cv. Multolupa). *Rev. Chilena Nutr.*, 10(1): 55-70, 1982.