

DESARROLLO Y EVALUACION QUIMICA Y NUTRICIONAL DE UN ALIMENTO INFANTIL A BASE DE LUPINO DULCE, TRIGO Y LECHE^{1,2}

*Ricardo Catricheo³, Fernando Sánchez⁴, Marcela Aguayo⁵,
Digna Ballester⁵ y Enrique Yáñez⁶*

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

RESUMEN

De desarrolló un alimento infantil en base a 27.5% de harina de trigo candeal, 20% de harina de lupino dulce y 20% de leche en polvo con 18% M.G., agregado de vitaminas y minerales, sometiendo las harinas a un tratamiento de cocción-extrusión.

El análisis químico proximal reveló que los resultados encontrados tanto en materias primas como en la mezcla de lupino-trigo-leche (LTL), concuerdan con los valores informados por otros autores. El análisis de aminoácidos de harina de lupino, mostró un bajo contenido en aminoácidos azufrados, a la vez que la harina de trigo candeal evidenció su deficiencia en lisina. La mezcla final (LTL), parece ser suficiente en todos los aminoácidos esenciales, excepto los azufrados. Las harinas de trigo y de lupino acusaron valores de PER de 1.3 y 1.7 respectivamente.

La calidad biológica de la proteína medida como PER dio un valor de 2.6 para la mezcla LTL, y 2.8 para la proteína control (huevo en polvo). La proteína de la mez-

Manuscrito modificado recibido: 6-7-89.

- 1 Esta investigación fue financiada parcialmente por la Subvención No. A-303-803 del Departamento de Investigación y Bibliotecas de la Universidad de Chile.
- 2 El trabajo corresponde a la Tesis de Grado del primer autor, Ricardo Catricheo, previo a la obtención del Grado de *Magister* en Planificación en Alimentación y Nutrición, otorgado por el INTA.
- 3 Instituto Profesional de Chillán, Chile.
- 4 Miembro de la Fundación Chile.
- 5 Científicos del Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos (INTA), Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- 6 Toda correspondencia y solicitud de reimpresos debe dirigirse al Profesor Enrique Yáñez, INTA, Universidad de Chile, Casilla 15138, Santiago 11, Chile.

la LTL mostró una digestibilidad tan alta como la del huevo (85.60/o y 85.00/o, respectivamente).

Los resultados obtenidos demuestran la factibilidad de emplear el proceso de cocción-extrusión en una fórmula de lupino-trigo y leche en las proporciones señaladas, como una nueva alternativa para el uso del lupino dulce en la alimentación humana, especialmente en programas alimentarios destinados a preescolares y escolares.

INTRODUCCION

En el área de la producción de alimentos de buena calidad nutricional y bajo costo, hace ya algún tiempo que se viene proponiendo el uso de mezclas proteínicas que, con una tecnología que puede ser de costo relativamente bajo, puedan emplearse para satisfacer las necesidades alimentarias de grandes grupos de poblaciones.

El lupino dulce (*Lupinus* sp) surge como una nueva alternativa en la elaboración de este tipo de alimentos, a juzgar por los avances que han tenido las investigaciones sobre esta leguminosa. Ello permite, por lo tanto, considerarla cada vez más con mejores expectativas en la alimentación humana (1).

Las semillas de los lupinos dulces tienen concentraciones de alcaloides inferiores a 0.090/o y no presentan problemas de toxicidad (2, 3).

La semilla de lupino tiene características nutricionales valiosas para la alimentación humana, por su alto contenido proteínico y de ácidos grasos insaturados (4-6).

Es importante señalar que no se han detectado niveles significativos de factores antinutricionales en la semilla de lupino (4), como ocurre en el caso de la soya (7).

La cocción-extrusión es una tecnología conveniente para tratar térmicamente los materiales crudos de origen vegetal, debido a que gelatiniza los almidones, desnaturaliza los inhibidores de crecimiento, mejora la digestibilidad y las características funcionales. Los costos de mantención y de operación resultan ser más bajos que otros métodos conocidos de cocción industrial (8).

El objetivo del presente trabajo fue desarrollar una mezcla proteínica compuesta de trigo-lupino dulce sometida a cocción-extrusión y leche, como una alternativa a los programas alimentarios destinados a preescolares y escolares.

MATERIAL Y METODOS

La harina de lupino dulce (*L. albus* cv Multolupa) (HL) se obtuvo del "Campo Experimental Semillas Baer" de Gorbea (Temuco, Chile). La harina de trigo candeal (*Triticum durum*) (HTC), y los otros ingredientes necesarios para la formulación de la mezcla, fueron adquiridos en el mercado local. La adición de vitaminas y minerales se realizó según la Norma Chilena para este tipo de alimentos (9). La composición de la mezcla lupino-trigo-leche (LTL) se muestra en la Tabla 1.

Se preparó una premezcla de harinas de lupino y trigo (1:1.375) la que se homogeneizó en una mezcladora de cinta con velocidad fija de

TABLA 1

COMPOSICION DE LA MEZCLA LUPINO—TRIGO—LECHE (LTL)
PROPUESTA COMO ALIMENTO INFANTIL

Ingredientes	Porcentaje (o/o)
Harina de lupino	20
Harina de trigo candeal	27.5
Leche en polvo 18 ^o /o M.G.	20
Sacarosa	23
Aceite (estabilizado) de maravilla	4
Cacao en polvo	4
Vitaminas y minerales	1.5
<i>Vitaminas</i>	
Tiamina (clorhidrato)	0.15 mg
Riboflavina	0.2 mg
Vitamina B ₁₂ (cristales)	2 mcg
Niacina (niacinamida)	2 mg
Acido fólico	0.2 mg
Acido ascórbido	20 mg
Retinol (palmitato hidrosoluble)	1,500 UI
Calciferon	400 UI
<i>Minerales</i>	
Yoduro de potasio	10 mcg
Calcio precipitado liviano (CaCO ₃)	0.3 g
Sulfato ferroso	10 mg

36 rpm. Se agregaron los antioxidantes BHT y ácido cítrico en proporción de 0.1^o/o cada uno, en base al contenido de materia grasa de la mezcla a extruir. La extrusión se hizo en un equipo Wenger X-25, hasta lograr 100 kilos de material extruido. El extrusor acondicionado para el proceso se alimentó con la premezcla a velocidad de 3,500 g por minuto; la humedad aplicada uniformemente fue de 15^o/o; la temperatura de extrusión fue de 145–150°C y la matriz Wenger utilizada constaba de dos orificios de 1/4 de pulgada. Los pellets resultantes se secaron sobre bandejas a temperatura ambiente de 22°C. Posteriormente se molieron, primero en un molino Rietz con mallas de 0.23 pulgadas, y después a grano fino, en un molino de púas Alpine-Kolloplex, Modelo P 16.

Finalmente, se agregó el resto de los ingredientes en una mezcladora de cinta con velocidad de 36 rpm. Para lograr la emulsificación adecuada del aceite adicionado a la mezcla final, se agregó 0.25^o/o de lecitina de huevo en polvo por cada 100 g de aceite.

Las materias primas y la mezcla LTL se sometieron a un análisis químico proximal que incluyó: humedad, cenizas, fibra cruda, proteína y extracto etéreo por métodos aprobados (10). El extracto no nitrogenado

se obtuvo por diferencia y el contenido energético por los factores de Atwater (4-9-4 para proteínas, lípidos e hidratos de carbono, respectivamente).

La composición aminoacídica, se determinó en una muestra hidrolizada con HCl 6 N a 110°C por 22 horas. El hidrolizado se cromatografió en un analizador automático de aminoácidos Hitachi Perkin Elmer, Modelo KLA-3B, que trabaja en base al principio de Spackman, Stein y Moore (11).

La calidad biológica de la proteína de la harina de lupino, de harina de trigo candeal y de la mezcla LTL, se midió por el método de la razón de eficiencia proteínica (PER), de acuerdo al procedimiento de Chapman, Castillo y Campbell (12). En este estudio se utilizaron 10 ratas de 21-23 días de edad por tratamiento, las que se alojaron en jaulas metálicas individuales con fondo cribado. Los animales recibieron agua y dieta *ad libitum* durante cuatro semanas. La proteína en estudio se incorporó en la dieta al 10%. Las dietas experimentales eran isoproteínicas e isocalóricas. Los animales se pesaron cada siete días y se registró su ingesta; como patrón se utilizó huevo en polvo. La composición de las dietas experimentales se detalla en la Tabla 2. Los ingredientes proteínicos, lupino, trigo y leche se presentan en forma conjunta y se le ha denominado premezcla LTL.

Se determinó también la digestibilidad aparente de la proteína de lupino, harina de trigo y de la mezcla LTL, para lo cual se recolectaron las deposiciones de cada rata durante las últimas tres semanas del ensayo biológico. En alícuotas de la muestra se determinó el contenido de nitrógeno según el método de Kjeldahl (10). Para el cálculo de este parámetro se utilizó la fórmula:

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

en la que I y F representan al nitrógeno ingerido y fecal, respectivamente.

RESULTADOS Y DISCUSION

La Tabla 3 muestra los resultados del análisis químico proximal de cada una de las materias primas y de la mezcla LTL propuesta como alimento infantil. Los resultados en las materias primas concuerdan con los valores encontrados por otros investigadores (5, 13).

Respecto a la mezcla se puede señalar que su bajo contenido de humedad (4.6%), asegura estabilidad química y microbiológica al producto, bajo condiciones de envasado y almacenamiento estándares (14). El contenido calórico (427 kcal por 100 g) y el de proteína (18.7%) son superiores al mínimo exigido en las Normas Chilenas para este tipo de alimentos infantiles (9).

En la Tabla 4 se observa el contenido de aminoácidos de las materias primas empleadas y en la mezcla LTL comparada con el patrón FAO/OMS 1973. La harina de lupino muestra claramente un bajo contenido en aminoácidos azufrados, característico de las leguminosas (6), acusando

TABLA 2

COMPOSICION DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES DE HUEVO (1),
MEZCLA DE LUPINO-TRIGO-LECHE (2), HARINA DE TRIGO (3)
Y HARINA DE LUPINO (4)

Ingredientes (gramos)	Dietas			
	1	2	3	4
Huevo en polvo	19.7	—	—	—
Harina de lupino	—	—	—	27.2
Harina de trigo candeal	—	—	64.1	—
Premezcla LTL*	—	37.8	—	—
Aceite de girasol	1.5	5.6	7.5	6.8
Mezcla vitamínica ^a	1.0	1.0	1.0	1.0
Minerales ^b	4.0	4.0	4.0	4.0
Celulosa no nutritiva ^c	5.0	4.6	4.7	4.2
Maicena	68.8	30.9	18.7	56.8
Sacarosa	—	16.1	—	—

* Premezcla LTL: lupino, trigo y leche: 1:1.375:1.

a Según ref. 12.

b USP XVIII ICN Pharmaceutical. INC Life Sciences Group. Cleveland, Ohio.

c Alphacel ICN. Pharmaceutical. INC Life Sciences Group. Cleveland, Ohio.

TABLA 3

COMPOSICION QUIMICA DE LAS MATERIAS PRIMAS Y DEL ALIMENTO
INFANTIL (LTL)

Material	Humedad	Proteínas	Extracto etéreo	Fibra cruda	Cenizas	ENN ^a
Harina de lupino	6.1	38.4 ^b	13.1	3.4	3.8	35.2
Harina de trigo candeal	7.8	15.2 ^c	4.0	1.0	2.2	69.8
Leche (18% o M. G.)	2.7	28.6 ^d	17.5	—	6.7	44.5
Cacao en polvo	4.1	26.5 ^b	11.9	5.2	8.1	44.2
LTL	4.6	18.7 ^b	12.5	1.0	3.3	59.9

* Calorías LTL: 427 kcal/100 g.

a Por diferencia.

b N x 6.25.

c N x 5.7.

d N x 6.38.

TABLA 4

COMPOSICION AMINOACIDICA DE LAS MATERIAS PRIMAS, DE LA
MEZCLA LTL SUGERIDA COMO ALIMENTO INFANTIL, Y
COMPARACION PATRON FAO/OMS (1973)

Aminoácidos	HL ¹	HTC ²	LTL ³ mg aminoácidos/g N	Patrón ⁴
<i>Esenciales</i>				
Isoleucina	256	169	262	250
Leucina	268	377	446	440
Lisina	269	142	338	340
Metionina	31	67	66	
Cistina	75	110	42	220
Fenilalanina	244	644	238	
Tirosina	300	164	209	380
Treonina	256	155	211	250
Triptofano	—	—	—	60
Valina	225	244	285	310
<i>No esenciales</i>				
Acido aspártico	594	284	495	
Acido glutámico	1350	1911	1377	
Alanina	206	202	297	
Arginina	573	316	513	
Glicina	225	205	177	
Histidina	—	—	—	
Prolina	269	578	516	
Serina	306	328	305	

1 FAO/OMS (1973); HL = Harina de lupino.

2 HTC = Harina de trigo candeal.

3 LTL = Lupino, trigo, leche (sugerido como alimento infantil).

4

un contenido de cistina dos veces mayor que el de metionina. La combinación de estos dos aminoácidos se perfila también como el primer limitante, comparado con las recomendaciones descritas. En cuanto a la harina de trigo candeal, ésta presenta una marcada deficiencia en lisina, común a todos los cereales, pero también es limitante en treonina, metionina + cistina, isoleucina y valina. Al parecer, la mezcla LTL es suficiente en todos los aminoácidos esenciales, excepto los azufrados, en relación con el patrón. La deficiencia de un 50% de metionina + cistina, podría deberse a una destrucción parcial de estos aminoácidos durante el proceso de hidrólisis en la determinación química (15).

El valor de PER para la dieta con la mezcla LTL fue de 2.6 vs 2.8 para la proteína control, no habiendo diferencia significativa ($P > 0.05$). La baja calidad de las proteínas de lupino y trigo candeal individualmente se

confirmó en este estudio (PER 1.7 y 1.3, respectivamente), y los dos sí difieren significativamente de la proteína control ($P < 0.01$). Otros investigadores han comunicado valores similares para lupino (4-6). El aumento en el valor de la eficiencia proteínica de la mezcla LTL, se explica por el mejoramiento del cómputo aminoacídico de la mezcla, ya que el lupino y la leche hacen una importante contribución de lisina al cereal.

Debe destacarse la alta digestibilidad de la proteína de la dieta con la mezcla LTL, que resultó ser igual a la del patrón de huevo (Tabla 5).

TABLA 5

CALIDAD BIOLÓGICA DE LA PROTEÍNA DE LA MEZCLA LTL, HARINA DE LUPINO (HL) Y HARINA DE TRIGO CANDEAL (HTC), MEDIDA COMO RAZÓN DE EFICIENCIA PROTEÍNICA (PER) Y DIGESTIBILIDAD

Proteína	Ganancia de peso g	Ingesta g	PER	Digestibilidad
LTL	111.9 ± 17.1*	436.8 ± 39.2*	2.6 ± 0.2 ^a *	85.6 ± 6.2*
HL	63.9 ± 8.9	355.4 ± 23.4	1.7 ± 0.3 ^b	81.5 ± 2.4
HTC	27.9 ± 7.2	206.4 ± 34.4	1.3 ± 0.2 ^c	71.8 ± 7.8
Huevo en polvo	85.9 ± 17.4	295.7 ± 37.9	2.8 ± 0.4 ^a	85.0 ± 2.4

Peso inicial \bar{x} = 53.3 g ± 2.3 g.

Las letras distintas indican diferencias significativas ($P < 0.05$).

* Los valores están expresados como media aritmética ± desviación estándar.

Los resultados obtenidos en este estudio sugieren que la calidad nutricional de este alimento infantil en polvo, en base a lupino dulce y trigo, encuadra dentro de las Normas Chilenas y del Codex Alimentario FAO/OMS (16), y podría ser utilizado para incluirlo en programas de alimentación destinados al niño preescolar y escolar. El empleo de mezclas proteínicas en base a mezclas de proteínas vegetales, con o sin leche, ha sido un procedimiento aplicado frecuentemente en diversas regiones del mundo y, especialmente en América Latina. Un ejemplo relevante ha sido el caso de la Incaparina en Guatemala. Para el éxito de los programas respectivos es muy importante que se utilicen recursos locales con el objeto de mantener bajo el precio de los productos desarrollados. Aquellos países en los que se cultiva la soya, tienen a su favor un producto de excelente calidad proteínica y calórica. En cambio, aquéllos que no disponen de soya pueden emplear otras fuentes de proteína vegetal, las que en combinaciones adecuadas dan origen a productos de excelente valor nutritivo. Tal es el caso de Chile, donde el lupino dulce constituye un recurso con gran potencialidad de expansión que podría reemplazar sin desmedro a la soya, en la formulación de alimentos para preescolares y escolares, así como también en suplementos proteínicos para embarazadas y nodrizas.

SUMMARY

DEVELOPMENT AND CHEMICAL AND NUTRITIONAL EVALUATION
OF AN INFANT FOOD BASED ON SWEET LUPIN, WHEAT AND MILK

This paper deals with the development of a food for infants and young children based upon a mixture of 27.50/o wheat flour, 200/o sweet lupin flour and 200/o powdered milk (GL) (180/o fat content) with added vitamins and minerals. The blend of wheat and lupin flour was processed in an extrusion-cooker (Wenger X 25) before mixing with the other ingredients.

The proximate chemical analysis performed on the wheat-lupin-milk blend (LTL) showed 18.70/o protein and 12.50/o fat with a calculated caloric value of 427 kcal/100 g. Amino acid analysis indicated a deficiency of methionine + cystine and of threonine in the blend. Nevertheless, studies with rats on the biological quality of the protein, such as protein efficiency ratio and apparent digestibility, revealed that this blend was as good as the reference diet (powdered egg). It is therefore felt that the LTL blend may be a useful substitute in food programs directed to infants and school children.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Dr. Ernesto Guzmán su valiosa ayuda en la preparación y revisión de este manuscrito; a la Sra. Viola Lyon, su excelente labor mecanográfica del mismo, y al Sr. Erik von Baer, su generosa contribución del material empleado en este estudio.

BIBLIOGRAFIA

1. Aguilera, J. M. & A. Trier. The revival of the lupin. *Food Technol.*, **32**: 70-76, 1978.
2. Ballester, D., M. T. Saitúa, O. Brunser, J. I. Egaña, D. F. Owen & E. Yáñez. Evaluación toxicológica del lupino dulce. I. Estudio de ratas alimentadas durante nueve meses con *Lupinus albus* var Multolupa. *Rev. Chil. Nutr.*, **10**: 177-191, 1982.
3. Ballester, D., O. Brunser, M. T. Saitúa, J. I. Egaña, E. Yáñez & D. F. Owen. Safety evaluation of sweet lupin (*Lupinus albus* cv Multolupa). II. Nine-month feeding and multigeneration study in rats. *Fd Chem. Toxic.*, **22**: 45-48, 1984.
4. Hill, G. D. The composition and nutritive value of lupin seed. *Nutr. Abstr. Revs.*, **47**: 511-529, 1977.
5. Yáñez, E., V. Gattás & D. Ballester. Valor nutritivo del lupino y su potencial como alimento humano. *Arch. Latinoamer. Nutr.*, **29**: 510-520, 1979.
6. Yáñez, E., D. Ivanović, D. F. Owen & D. Ballester. Chemical and nutritional evaluation of sweet lupines. *Ann. Nutr. Metab.*, **27**: 513-520, 1983.
7. Anderson, R. L., J. J. Rackis & W. H. Tallent. Biologically active substances in soy products. In: *Soy Protein in Human Nutrition*. H. L. Wilcke, D. T. Hopkins, and D. H. Waggle (Eds.). New York, N. Y., Academic Press, Inc., 1979, p. 209-233.
8. Johnston, J. L. Technical and practical processing conditions with single screw cooking extruder. Seminar on cooking and extruding techniques, Germany, 1978. In: *Anales del Seminario sobre Extrusión-Cocción de Alimentos en Amé-*

- rica Latina. Santiago, INTEC/OEA (1), 14, 1979.
9. Ministerio de Salud de Chile. **Central de Abastecimiento del Sistema Nacional de Servicios de Salud**. Propuesta Pública 32/81 (Especificaciones Técnicas). Santiago, Chile. 1981.
 10. Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis of the AOAC**. 11th ed. Washington, D. C., The Association, 1970.
 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 in foods. I. A method for the determination of protein efficiency ratios. *Can. J. Biochem. Physiol.*, **37**: 679-686, 1959.
 13. Schmidt-Hebbel, H. e I. Pennacchiotti. **Tabla de Composición Química de Alimentos Chilenos**. 7a. ed. Santiago, Chile, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad de Chile, 1985.
 14. Troller, J. & J. H. B. Christian. **Water Activity and Food**. New York, N. Y., Academic Press, Inc., 1978.
 15. Friedman, M. & A. T. Noma. Methods and problems in chromatographic analysis of sulfur amino acids. In: **Protein Nutritional Quality of Foods and Feeds**. Part 1. Mendel Friedman (Ed.). New York, N. Y., Marcel Dekker, Inc., 1975, p. 251-548.
 16. FAO/OMS. **Normas Internacionales Recomendadas para Alimentos para Niños de Pecho y Niños de Corta Edad**. Roma, 1976.