

Cambios nutricionales inducidos por la germinación de leguminosas de consumo habitual en Chile

Lavinia Camacho, Cecilia Sierra, Rolando Campos R., Ernesto Guzmán C. y Dita Marcus W.

Unidad de Agroindustrias, Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos (INTA),
Universidad de Chile. Casilla 138-11, Santiago, Chile.

RESUMEN. Se estudiaron los cambios inducidos por la germinación en los contenidos de fitatos, oligosacáridos, proteína cruda aminoácido y riboflavina de frejol negro y blanco, lenteja, garbanzo y arveja. Para ello, las semillas se germinaron en oscuridad a 25° C y 85 %RH durante 72 horas, habiéndose remojado previamente por 12 horas en una solución de hipoclorito de sodio a una concentración de 50 ppm., evaluándose la capacidad germinativa mediante mediciones del largo del hipocotilo y epicotilo y porcentaje de semillas germinadas. Luego se molieron y secaron por liofilización para los análisis químicos. El proceso de germinación provocó un aumento significativo en el contenido de proteína cruda y una reducción también significativa de los niveles de fitatos. Estos cambios se atribuyeron a un aumento de la actividad de proteasas y de la enzima fitasa. En efecto, esta última estaría produciendo la solubilización de los fitatos, liberando proteína soluble y minerales. Se produjo también una reducción significativa de los oligosacáridos de la flatulencia, la que también se explicó por un aumento en la concentración de la enzima-galactosidasa. Se encontró que las semillas germinadas presentaron un contenido superior de la mayoría de los aminoácidos, aunque este cambio fue variable. Las semillas germinadas presentaron mayores contenidos de riboflavina que las mismas sin germinar. Finalmente, la germinación redujo los contenidos de cenizas y materia grasa. Los hallazgos reportados se determinaron en todas las legumbres estudiadas, aunque ambos cultivares de frejol mostraron una mayor respuesta a los cambios bioquímicos investigados.

INTRODUCCION

Las estadísticas de FAO (1) muestran a Chile como uno de los países de América Latina con mayor disponibilidad de leguminosas por habitante, estimándose un consumo anual entre 8 a 13 kg per cápita. Este último es más importante en la población rural de menores ingre-

SUMMARY. Nutritional changes caused by germination of staple Chilean legumes. The changes promoted by germination on phytates, oligosaccharides, crude protein, aminoacids and riboflavin contents of black and white cultivars of beans, lentils, chickpeas and peas, were studied. Seeds germination was carried out in darkness at 25° C and 85 % RH during 72 hours, previously soaked overnight in a solution of sodium hypochlorite at a concentration of 50 ppm. Germination capacity was assessed by determining hypocotyl and epicotyl lengths and percent of sprouted seed. The seeds were milled and freeze-dried for the chemical analysis. Germination promoted a significant increase in crude protein content and reduction also significant in phytates levels. These changes were attributed to an increase of proteases and phytase activities. In fact, this enzyme would make a solubilization of phytates and would release soluble protein and minerals. A significant reduction of flatulence oligosaccharides took place, which was also explained by an increase of alfa-galactosidase concentration. Sprouted seeds showed a higher content of almost all aminoacid than crude legumes, although this change was variable. Significant increase of riboflavin was also found. Finally, germination decreased ashes and fat contents. These findings were determined in all legumes, although both cultivars of beans showed a higher response to the biochemical changes.

... sos, la cual dependiendo de la especie participa con el 32% al 68% de la producción nacional (2), dedicando en promedio el 35% de la cosecha para el autoconsumo familiar.

A pesar de la significativa contribución de las leguminosas a la ingesta calórica-proteica de los sectores de bajos recursos, estas presentan una variedad de factores antinutricionales que causan respuestas fisiológicas y nutricionales adversas en el hombre y animales (3). Algunos antinutrientes no son alterados por los procedimientos culinarios e industriales tradicionales; este es el caso de los fitatos y oligosacáridos que permanecen en el grano luego de la preparación (4, 5).

Lavinia Camacho N.: Ingeniero Agrónomo M.S., Jefe Unidad Agroindustrias.

Cecilia Sierra A.: Ingeniero Agrónomo, Unidad de Agroindustrias.

Rolando Campos R.: Químico Farmacéutico, Unidad de Bioquímica Farmacológica.

Ernesto Guzman C.: Químico Farmacéutico, Unidad de Ciencia y Tecnología de Alimentos.

Dita Marcus W.: Bioquímica, Unidad de Agroindustrias, INTA, Universidad de Chile.

El ácido fítico (mioinositol hexafosfato) representa el 54% al 80% del fósforo total en las leguminosas (6). Al pH natural de estos alimentos, el ácido fítico forma complejos insolubles con iones di- y trivalentes y con las proteínas, reduciendo significativamente la biodisponibilidad de ellas y de los minerales esenciales para la nutrición (7,8). La enzima fitasa capaz de hidrolizar estos compuestos se encuentra en muy bajas concentraciones en el grano maduro; asimismo el organismo humano carece de esta enzima (9).

Junto al almidón, los oligosacáridos de la familia de la rafinosa constituyen la principal fuente de carbohidratos en las leguminosas. Estos últimos son galactósidos alfa 1-6 responsables de los trastornos gastrointestinales producidos luego del consumo de estos alimentos. En este caso, la enzima alfa-galactosidasa responsable de la hidrólisis de estos azúcares también es limitante (10,11).

Diversos autores han postulado que durante la germinación de las semillas aumenta la concentración de la mayoría de las enzimas que actúan sobre compuestos almacenados y los transforman en energía y en nutrientes esenciales para el desarrollo de la nueva plántula (5). Hsu et al (12) y Eskin y Wiebe (4) reportaron un incremento significativo de la enzima fitasa con la consiguiente liberación de fósforo inorgánico e inositol. Por su parte, Aman (13) y Labaneiah y Luh (14) encontraron cambios importantes en el contenido de estaquiosa y rafinosa durante la germinación de frejoles y chícharo, lo que se atribuyó a un aumento en la concentración de la enzima alfa-galactosidasa.

Chen y Thacker (15) y El-Hag et al (16) también reportaron aumentos en las reservas de nitrógeno proteico y específicamente de algunos aminoácidos por efecto de la germinación de leguminosas. Cambios en los contenidos de vitaminas como ácido ascórbico y riboflavina también son descritos en la literatura (17).

En este trabajo se estudiaron los cambios ocurridos en los contenidos de fitatos, oligosacáridos, aminoácidos y vitaminas por efecto de la germinación de la leguminosa de consumo tradicional en Chile.

MATERIALES Y METODOS

Materias Primas

Se utilizaron semillas de frejol negro (*Phaseolus vulgaris* var. Orfeo), frejol blanco (*Phaseolus vulgaris* var.

Tórtola), lenteja (*Lens esculenta* var. Centinela), garbanzo (*Cicer arietinum* var. California), arveja (*Pisum sativum* var. Botánica), cosecha 1990, todas procedentes del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Santiago.

Proceso de Germinación

Los ensayos de germinación a nivel de laboratorio se llevaron a cabo en placas Petri recubiertas con gasa estéril humedecida con una solución de 50 ppm de hipoclorito de sodio, en donde se depositaron los granos de leguminosas previamente remojados durante 12 hr en una solución similar. La germinación se realizó durante 72 hr en una cámara oscura a una temperatura de 25° C y humedad relativa promedio de 80 %. Para los análisis químicos, los granos se germinaron en bandejas de malla plástica de 40 x 30 cm recubiertas con tela porosa esterilizada y mantenidas a las mismas condiciones ambientales del laboratorio. Durante el proceso de germinación, los granos se asperjaron diariamente con la solución de hipoclorito de sodio.

Evaluación de la germinación

La capacidad de germinación de las leguminosas se determinó mediante porcentaje de granos germinados y medición del largo del epicotilo e hipocotilo, de acuerdo a la metodología descrita por Hsu et al (12). Además, se monitoreó diariamente el aspecto de los granos y el desarrollo de aromas extraños por inspección visual y olfativa; asimismo, se controló la absorción de agua por cambio de peso. Al término del proceso, las muestras se homogeneizaron y se diluyeron en buffer fosfato para recuento de bacterias aerobias mesófilas en agar Standard Plate Count (SPC) y de mohos y levaduras en agar papa:dextrosa, a las condiciones estándares del APHA (18).

Análisis químico

Los granos de leguminosas germinados y liofilizados se molieron hasta una granulometría de 0.75 mm y se sometieron a análisis químico de proteína (Nx6.25), materia grasa, cenizas, riboflavina y humedad, según los métodos estándares de la AOAC (19). Los perfiles de aminoácidos se determinaron en un analizador Beckmann, realizándose previamente una hidrólisis alcalina para determinar el contenido de triptófano. Los análisis de aminoácidos fueron realizados en el Laboratorio de la Industria Degussa, Hanau, Alemania.

La extracción de oligosacáridos se llevó a cabo por el método de Macrae y Zand-Moghaddam (20). La determi-

**CAMBIOS NUTRICIONALES INDUCIDOS POR LA GERMINACION DE LEGUMINOSAS
DE CONSUMO HABITUAL EN CHILE.**

nación se realizó por cromatografía líquida de alto rendimiento (HPLC), usando una columna de Spherisorb-NH₂ (250x5 mm i.d) en una fase móvil constituida por una mezcla de acetonitrilo: agua (72:28 v/v). Para el análisis, las muestras se desgrasaron previamente en éter de petróleo en un rango de temperatura de 50° C y 60° C.

Para el análisis de fósforo fitato, total e inorgánico se usó el método de Mohamed y col (21), adaptandose la extracción según Burton y col (22).

Análisis estadístico

Para el análisis estadístico, los resultados se ordenaron en un diseño de bloques completamente aleatorizados de estructura simple con tres repeticiones experimentales, usandose el test de F a una significancia del 95% para detectar las diferencias significativas entre los tratamientos (23).

RESULTADOS Y DISCUSION

Características de germinación

En la Tabla 1 se observa que el fréjol fué la leguminosa que presentó las mejores características de germinación. En efecto, los largos de hipocotilo obtenidos para las dos variedades estudiadas difirieron significativamente de los de las otras especies, aunque la variedad Orfeo

de fréjol negro fué la que presentó el mayor valor para este parámetro de germinación. No se detectaron diferencias significativas entre las leguminosas estudiadas para el largo de epicotilo. La arveja fué la especie con mayor capacidad de germinación bajo las condiciones de este estudio, siendo estadísticamente comparable solamente con la lenteja, la que a su vez no difirió significativamente con las otras especies para este indicador de la germinación. Al compararse los valores obtenidos para los diferentes parámetros de germinación en su conjunto, se encontró que estos fueron menores a los encontrados por otros autores para arveja y soya. Estas diferencias podrían atribuirse a la variabilidad entregada por el cultivar y por las condiciones ambientales. La cinética del crecimiento axial en la germinación de leguminosas es directamente dependiente de la temperatura y humedad, aunque la probabilidad de contaminación microbiana también aumenta a mayores temperaturas (5, 12). Por otra parte, aunque la cloración del agua es necesaria para controlar el desarrollo microbiano, también influye en reducir el crecimiento axial (12). Sin embargo, esta es absolutamente necesaria ya que una de las mayores limitantes para alcanzar una aplicación efectiva del proceso de germinación es la contaminación microbiana. En este estudio, la dosis de hipoclorito de sodio empleada fué adecuada para lograr ese objetivo microbiológico, ya que no se detectó crecimiento de mohos y levaduras ni desarrollo de aromas extraños durante la germinación.

**TABLA 1
CARACTERISTICAS DE GERMINACION DE LEGUMINOSAS DE CONSUMO
HABITUAL EN CHILE ***

Leguminosa	Hipocotilo (cm)	Epicotilo (cm)	Germinación (%)
Frejol blanco	3.2a	1.0ab	80a
Frejol negro	3.5a	1.0ab	80a
Lenteja	2.8ab	0.5b	85ab
Garbanzo	2.5b	1.5a	80a
Arveja	2.5b	1.0ab	90b

*: Las letras minúsculas indican diferencias significativas verticales (p < 0.05)

Composición proximal de legumbres germinadas

La Tabla 2 ilustra los cambios ocurridos en la composición proximal de las leguminosas estudiadas por efecto de la germinación. A excepción de lenteja y garbanzo, el contenido de nitrógeno total expresado como proteína cruda experimentó un aumento significativo en todas las leguminosas luego de 3 días de germinación. Este efecto fué notorio en la arveja y en las dos variedades del fréjol,

en las cuales se determinó un aumento en el contenido original de nitrógeno total que fluctuó entre 4% y 6%. Los cambios en la proteína cruda observados en este estudio han sido también reportados por otros autores, atribuyendose a un desdoblamiento de la estructura proteica en compuestos más simples, así como a un aumento en las síntesis de compuestos nitrogenados (15, 24).

En la Tabla 2 se aprecia igualmente una disminución en los contenidos de cenizas y materia grasa, lo que también ha sido reportado por Vanderstroep (17). Como se discutirá más adelante, durante la germinación ocurre una solubilización de los fitatos, la que probablemente podría estar acompañada de una mayor absorción de los minera-

les esenciales que estaban secuestrados por esos compuestos fosforados. Además, pudo haber ocurrido una lixiviación de minerales durante el proceso, especialmente de potasio. La reducción en el contenido de materia grasa también se atribuiría a una mayor utilización de los ácidos grasos por la nueva plántula.

TABLA 2
CONTENIDO DE PROTEINAS, CENIZAS Y MATERIA GRASA DE LEGUMINOSAS
ANTES Y DESPUES DEL PROCESO DE GERMINACION (g/100g mat.seca)*.

Leguminosa	Proteína	Cenizas	Materia Grasa
Sin germinar			
Frejol blanco	23.7a	3.50a	3.49a
Frejol negro	28.6a	4.18a	3.25a
Lenteja	24.9a	2.53a	1.51a
Garbanzo	19.2a	3.32a	7.09a
Arveja	23.7a	3.35a	2.02a
Germinadas			
Frejol blanco	29.3b	3.19b	2.47b
Frejol negro	31.3b	4.01a	1.08b
Lenteja	24.9a	2.44a	0.56b
Garbanzo	19.8a	2.98b	6.48a
Arveja	28.4b	2.86b	1.29b

* : Las letras minúsculas indican diferencias significativas entre tratamiento de germinación ($p < 0.005$)

Cambios en los fitatos y oligosacáridos

En la Tabla 3 se presentan los valores de fósforo fitato, fósforo inorgánico y fósforo total obtenidos para las cinco especies de leguminosas estudiadas. Se observa en todas ellas una clara disminución del contenido de fitatos correlacionada a un aumento de fósforo inorgánico. Diversos autores coinciden en señalar que durante las etapas iniciales de la germinación de las semillas se produce una utilización de las diferentes sustancias almacenadas, de forma de proporcionar sustratos y energía a los diversos procesos de crecimiento (12, 14, 25). Eskin y Wiebe (4) demostraron que esta utilización es posible gracias al aumento que se produce en la concentración de la mayoría de las enzimas, entre las cuales estaría la fitasa. La caída en el contenido de los fitatos ha sido reportado por varios autores en diversas especies de leguminosas y gramíneas germinadas (8, 25, 26, 27). En la Tabla 3 también se observa que la lenteja fué la legumbre que presentó el menor contenido relativo de P-fitato, sin embargo, el nivel de fósforo total determinado para esta especie fué también significativamente inferior que para las otras leguminosas.

Como se reportó previamente, durante la germinación se producen cambios cualitativos y cuantitativos en la mayoría de los constituyentes químicos de la semilla, principalmente a través de una aceleración de la cinética de algunas reacciones hidrolíticas causadas por enzimas. Según se aprecia en la Tabla 4, en este trabajo también se detectaron diferencias significativas en los contenidos de oligosacáridos de las leguminosas germinadas al compararse con los granos sin germinar, observándose una clara disminución en rafinosa y estaquiosa, ambos azúcares responsables de la flatulencia en los granos de esta familia vegetal. Este cambio fué mayor en las dos variedades de fréjol estudiadas y significativamente menor en la lenteja. Esto estaría indicando una dependencia directa entre el contenido de sustrato originalmente presente en el grano y su utilización por la enzima alfa-galactosidasa, la que de acuerdo a Labanieah y Luh (8) también se encontraría entre los compuestos bioquímicos que experimentan un aumento importante en su concentración durante la germinación. Cambios similares en el contenido de los oligosacáridos de la flatulencia en leguminosas germinadas han sido reportados por Rao y Belavady (28) y Price

CAMBIOS NUTRICIONALES INDUCIDOS POR LA GERMINACION DE LEGUMINOSAS
DE CONSUMO HABITUAL EN CHILE.

TABLA 3
CONTENIDO DE FOSFORO DE LEGUMINOSAS ANTES Y DESPUES DEL
PROCESO DE GERMINACION (mg/g mat. seca)*

Leguminosa	P Inorgánico	P-Fitado	Pi Total
Sin germinar			
Frejol blanco	0.25a	3.3a	6.6a
Frejol negro	0.33a	4.3a	6.1a
Lenteja	0.24a	3.1a	4.1a
Garbanzo	0.28a	3.9a	5.1a
Arveja	0.25a	3.9a	5.4a
Germinadas			
Frejol blanco	0.74b	2.7b	6.2a
Frejol negro	0.94b	2.1b	6.0a
Lenteja	1.03b	1.5b	4.3a
Garbanzo	0.94b	2.2b	5.2a
Arveja	0.91b	3.4a	5.3a

* : Las letras minúsculas indican diferencias significativas entre tratamientos de germinación ($p < 0.005$)

y col (29). Finalmente, se observó un leve aumento en la concentración de sacarosa de todas las leguminosas estudiadas.

Cambios en aminoácidos y riboflavina

Diversos autores concuerdan en señalar que el material proteico en la semilla se encuentra almacenado como proteína de reserva (15, 24). Durante la germinación ocurre una transformación de esta última en compuestos ni-

trogenados simples que luego son utilizados por la nueva plántula en nuevas síntesis de proteínas (30). Estos hallazgos justifican los aumentos en proteína cruda discutidos anteriormente, así como del Nitrógeno no proteico y del contenido total de aminoácidos ilustrados en la Tabla 5. Aunque no siempre significativo, todas las leguminosas estudiadas experimentaron un aumento en el contenido de la mayoría de los aminoácidos. Sin embargo, el modelo aminoacídico resultante después del

TABLA 4
CONTENIDO DE OLIGOSACARIDOS DE LEGUMINOSAS ANTES Y DESPUES DEL
PROCESO DE GERMINACION (g/100g mat. seca)*

Leguminosa	Sacarosa	Estaquiosa	Rafinosa
Sin germinar			
Frejol blanco	4.30a	5.30a	0.73a
Frejol negro	4.52a	5.43a	0.60a
Lenteja	3.38a	1.82a	0.38a
Garbanzo	2.96a	2.94a	0.43a
Arveja	2.58a	2.12a	0.74a
Germinadas			
Frejol blanco	4.65a	0.45b	0.27b
Frejol negro	4.90b	0.56b	0.18b
Lenteja	3.66a	0.20b	0.12b
Garbanzo	3.06a	0.28b	0.20b
Arveja	2.88a	0.22b	0.29b

*: Las letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos de germinación ($p < 0.05$)

TABLA 5
 PERFIL DE AMINOACIDOS EN LEGUMINOSAS ANTES Y DESPUES
 DEL PROCESO DE GERMINACION

Componente	Frejol Blanco		Frejol Negro		Lenteja		Garbanzo		Arveja	
	Sin Germ.	Germ.	Sin Germ.	Germ.	Sin Germ.	Germ.	Sin Germ.	Germ.	Sin Germ.	Germ.
N Total (g/100g)	3.39a	4.27b	4.08a	4.72b	3.56a	3.56a	2.77a	2.98b	3.39a	4.32b
Aminoácidos										
(g/100g materia seca)	22.87a	23.77a	24.72a	26.47b	18.76a	20.42b	16.75a	17.76a	22.04a	23.97a
Metionina	0.34a	0.36a	0.38a	0.41a	0.21a	0.22a	0.32a	0.33a	0.26a	0.26a
Cistina	0.35a	0.45b	0.32a	0.47b	0.23a	0.22a	0.32a	0.33a	0.36a	0.35a
Lisina	1.67a	1.83b	1.95a	2.02a	1.59a	1.36b	1.34a	1.31a	1.84a	1.87a
Treonina	1.12a	1.19a	1.25a	1.26a	0.86a	0.90a	0.76a	0.81a	0.95a	0.97a
Triptófano	0.29a	0.31a	0.32a	0.36a	0.19a	0.19a	0.26a	0.25a	0.23a	0.25a
Arginina	2.07b	1.55a	2.05a	2.01a	2.00a	1.60b	1.64a	1.56a	2.37a	2.22b
Valina	1.35a	1.52b	1.46a	1.67b	1.04a	1.14a	0.86a	0.96a	1.17a	1.25a
Prolina	0.82a	0.90a	0.89a	1.02b	0.76a	0.97b	0.67a	0.74a	0.87a	1.03b
Leucina	2.07a	2.24b	2.29a	2.56b	1.66a	1.68a	1.45a	1.56a	1.83a	2.05b
Isoleucina	1.17a	1.31b	1.28a	1.46b	0.91a	0.96a	0.83a	0.90a	1.04a	1.11a
Ac. aspártico	3.29a	3.58b	3.56a	3.91b	2.73a	4.04a	2.27a	2.46b	3.11a	3.25b
Ac. glutámico	4.01a	3.99a	4.32a	4.43a	3.14a	3.78b	3.03a	3.33b	4.11a	4.87b
Alanina	1.06a	1.19b	1.16a	1.26b	1.16a	1.01b	0.82a	0.90a	1.10a	1.27b
Glicina	1.07a	1.07a	1.18a	1.22a	-	0.91	0.83a	0.86a	1.12a	1.14a
Serina	1.56a	1.76b	1.74a	1.72a	1.18a	1.28a	1.01a	1.02a	1.20a	1.31b
NH ₃	0.48a	0.68b	0.55a	0.69b	0.46a	0.80b	0.32a	0.45b	0.47a	0.76b

* Las letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos de germinación ($p < 0.05$)

proceso de germinación fué diferente para cada una de las leguminosas, observándose los mayores cambios en frejol y arveja. Esto estaría indicando que la utilización de compuestos nitrogenados es diferente en cada una de las diferentes especies de leguminosas. En efecto, estudiando los cambios producidos por la germinación en habas, Youssef et al (31) encontraron que este proceso provoca modificaciones en el modelo electroforético de las proteínas de esta leguminosa. Pareciera ser que las diferencias en el material nitrogenado fueron producto no solamente del aumento en la concentración de proteasas que se produjo por efecto de la germinación de las semillas, sino también de la hidrólisis de los fitatos reportada anteriormente, ya que según Cheryan (7) estos compuestos fosforados también son capaces de secuestrar material proteico de carga positiva.

Además de los cambios señalados, la germinación provocó aumentos significativos en los contenidos de riboflavina de todas las leguminosas estudiadas (Tabla 6). Los mayores cambios se produjeron en frejol y arveja, llegando incluso a duplicarse los valores iniciales de esa vitamina. Los resultados obtenidos siguieron la misma tendencia reportada por Vanderstroep (17) y Segal y col (30) quienes sugieren que al aumento no solamente ocurre en riboflavina, sino también en ácido ascórbico y betacaroteno. Estos autores explican este fenómeno en el hecho que la germinación determina una movilización de las reservas de la semilla, ya que en esta etapa la nueva plántula requiere de una mayor cantidad de sustancias biológicamente activas para que participen en el intenso metabolismo que caracteriza a este proceso.

TABLA 6
CONTENIDO DE RIBOFLAVINA EN LEGUMINOSAS ANTES Y DESPUES
DEL PROCESO DE GERMINACION (mg/100g materia seca)*

Leguminosa	Sin Germinar	Germinadas
Frejol blanco	0.3890a	0.5689b
Frejol negro	0.3845a	0.7794b
Lenteja	0.3339a	0.4634b
Garbanzo	0.2007a	0.3194b
Arveja	0.2543a	0.5029b

*: Las letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.05$)

CONCLUSIONES

Las leguminosas se encuentran entre los componentes más importantes de la dieta básica de un amplio segmento de la población de menores recursos de América Latina. Entre las especies para consumo humano cabe señalar la contribución del frejol a la satisfacción de las necesidades calóricas y proteicas de la mayoría de la población de Brasil y de los países de Centroamérica. Aunque en los últimos cinco años, el consumo de leguminosas en Chile ha disminuído notoriamente en comparación a los valores históricos, estas continúan ocupando un lugar importante en la dieta de los sectores más pobres. El deterioro general en el consumo de alimentos experimentado en el último quinquenio en los quintiles de menores ingresos ha suscitado el interés de varias organizaciones agroalimentarias para mejorar el cultivo y promover el consumo de leguminosa en los sectores rurales de extrema pobreza de las tierras de secano de la Zona Centro-Sur del país. Dado

el lugar importante que estos granos pueden ocupar en la dieta de familias nutricionalmente vulnerables, se hace imprescindible diseñar tecnologías simples y de bajo costo que contribuyan a optimizar el valor nutritivo de las especies. En este trabajo se demostró que la germinación es una tecnología que cumple con esas características, pudiendo con ella conseguir reducciones significativas de componentes antinutricionales difíciles de eliminar por la simple cocción, así como aumentar los niveles de nutrientes limitantes que se consideran esenciales para la nutrición. Sin embargo, debido a los diversos cambios bioquímicos ocurridos durante este proceso no se descarta la ocurrencia de otras reacciones químicas, tanto benéficas como indeseables que es necesario investigar antes de proceder a la transferencia a los grupos metas. Asimismo, en futuros estudios se hace necesario comprobar el efecto del proceso de germinación en la disponibilidad de proteínas e hierro mediante estudios biológicos con animales de laboratorio.

CAMBIOS NUTRICIONALES INDUCIDOS POR LA GERMINACION DE LEGUMINOSAS
DE CONSUMO HABITUAL EN CHILE.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se realizó con financiamiento del Proyecto 1034/89 del Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología (FONDECYT). Los autores agradecen a los Dres Koch y Fontaine de la Industria Degussa de Hanau, Alemania, por su desinteresada contribución en la realización de los análisis de aminoácidos presentados en este estudio.

REFERENCIAS

1. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Anuario de producción. Roma FAO, 1985.
2. Echeñique, J. y Rolando, N. La pequeña agricultura. Una reserva de potencialidades y una deuda social. Santiago, Agraria, 1989.
3. Gupta, Y. Antinutritional and toxic factors in food and legumes: a review. *Plant Foods Human Nutr.* 37: 201 - 228, 1987.
4. Eskin, N. and Wiebe, S. Changes in phytase activity and phytate during germination of two fababean cultivars. *J. Food Sci.* 48: 270 - 271, 1980.
5. Nnanna, I. and Phillips, R. Changes in oligosaccharides content, enzyme activities and dry matter during controlled germination of cowpeas (*Vigna unguiculata*). *J. Food Sci.* 53: 1782 - 1786.
6. Uzogara, S., Morton, I. and Daniel, J. Changes in some antinutrients of cowpeas (*Vigna unguiculata*). *Plant Foods Human Nutr.* 40: 249 - 258, 1990.
7. Cheryan, M. Phytic acid interactions in food systems. *Critical Reviews Food Sci, Nutr.* 14: 297 - 312, 1980.
8. Thompson, D. and Erdman, J. Phytic acid determination in soybeans. *J Food Sci.* 47: 513 - 517, 1982.
9. Deshpande, S., Sathe, S., Salunkhe, D. and Cornforth, D. Effects of dehulling on phytic acid, polyphenols and enzyme inhibitors of dry beans (*Phaseolus vulgaris*). *J. Food Sci.* 42: 1094 - 1097, 1977.
10. Sosulski, F., Elkowicz, L. and Reichert, R. Oligosaccharides in eleven legumes and their air-classified protein and starch fractions. *J. Food Sci.* 47: 498 - 502, 1982.
11. Jood, S., Mehta, U., Singh, R. and Bhat, C. Effect of processing on flatulence-producing factors in legumes. *J. Agric. Food Chem.* 33: 268 - 272, 1985.
12. Hsu, D., Leung, H., Finney, P. and Morad, M. Effect of germination on nutritive value and baking properties of dry peas, lentils and faba beans. *J. Food Sci.* 45: 87 - 92, 1980.
13. Aman, P. Carbohydrates in raw and germinated seeds from mung bean and chick pea. *J. Sci. Food Agric.* 30: 869 - 875, 1979.
14. Labaneiah, M. and Luh, B. Changes of starch, crude fiber and oligosaccharides in germinating dry beans. *Cereal Chem.* 58: 135 - 138, 1981.
15. Chen, L. and Thacker, R. Germination and nitrogenous constituents of pea seeds. *J. Food Sci.* 43: 1884 - 1885, 1978.
16. El-Hag, N., Haard, N. and Morse, R. Influence of sprouting on the digestibility coefficient, trypsin inhibitor and globulin proteins of Red Kidney beans. *J. Food Sci.* 43: 1874 - 1875, 1978.
17. Vanderstoep, J. Effect of germination on the nutritive value of legumes. *Food Technology* 35: 83 - 85, 1981.
18. American Public Health Association. Standard methods for the microbiological examination of foods. New York, N.Y. 1989.
19. Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis of the AOAC. 13th ed. Washington D.C., The Association, 1980.
20. Macrae, R. and Zand-Moghaddam, A. The determination of the component oligosaccharides of lupinseeds by HPLC. *J. Sci. Food Agric.* 29: 1083 - 1086, 1978.
21. Mohamed, A., Pereira, P. and Hafez, Y. New chromophore for phytic acid determination. *Cereal Chem.* 63: 475 - 478, 1986.
22. Burton, G., Webb, A. and Ingold, K. A mild, rapid and efficient method of lipid extraction for use in determining Vitamin E/Lipid ratios. *Lipids* 20: 29 - 39, 1985.
23. Huntsberger, D. and Billingsley, P. Elements of statistical inference. Boston. Allyn and Bacon, 1979.
24. Ganesh Kumar, K. and Venkataraman, L. Chickpea seed proteins: Modification during germination. *Biochem.* 17: 603 - 609, 1978.
25. Chang, C. Study of phytase and fluoride effects in germinating corn seeds. *Cereal Chem.* 44: 129 - 134, 1967.
26. Singh, B. and Sedeh, H. Characteristics of phytase and its relationship to acid phosphatase and certain minerals in triticale. *Cereal Chem.* 56: 267 - 273, 1979.
27. Griffith, D. and Thomas, T. Phytate and total phosphorus content of field beans (*Vicia faba L.*). *J. Sci. Food Agric.* 32: 187 - 192, 1981.
28. Rao, P. and Belavady, B. Oligosaccharides in pulses: Varietal differences and effects of cooking and germination. *J. Agric. Food Chem.* 26: 316 - 319, 1978.
29. Price, K., Lewis, J., Wyatt, G. and Fenwick, R. Flatulence. Causes, relation to diet and remedies. *Die Nahrung* 32: 609 - 626, 1988.
30. Segal, B., Segal, R. et Stoicescu, A. Transformations biochimiques a la germination des petits pois. *Ind. Alimentaires et Agricoles* 119: 7 - 12, 1978.
31. Youssef, M., Abd-El-Ad, M., Shekib, L. and Ziena, H. Effects of dehulling, soaking and germination on chemical composition, mineral elements and protein patterns of faba beans (*Vicia faba L.*). *Food Chemistry* 23: 129 - 138, 1987.