

Original

Desarrollo de producto sobre la base de harinas de cereales y leguminosa para niños celíacos entre 6 y 24 meses; I: Formulación y aceptabilidad

P. Cerezal Mezquita¹, V. Urtuvia Gatica², V. Ramírez Quintanilla², N. Romero Palacios³
y R. Arcos Zavala⁴

¹Ingeniero Civil Químico. Especialista en Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Doctor en Ciencias Técnicas (Mención Alimentos). Profesor Asociado del Departamento de Alimentos. Facultad de Recursos del Mar. Universidad de Antofagasta. Antofagasta. Chile. ²Ingeniera en Alimentos. Titulada de la Universidad de Antofagasta. ³Departamento de Ciencia de los Alimentos y Tecnología Química de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. Universidad de Chile. Santiago. Chile. ⁴Director de la Corporación de Ayuda al Ser Desnutrido (CORASEDE). Calama. Antofagasta. Chile.

Resumen

La revalorización de los cultivos andinos, quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) y lupino (*Lupinus albus L.*), para ser utilizados en mezclas alimenticias, con cereales tradicionales como maíz (*Zea mays L.*) y arroz (*Oryza sativa L.*), originan mezclas sin gluten que constituyen una buena alternativa para la alimentación de niños menores de 24 meses que sufren la enfermedad celíaca, ya que mejoran la calidad de la proteína, por compensación de los aminoácidos esenciales, e incide en la diversificación de productos. En el presente trabajo se determinó la composición de los porcentajes de cada harina en la mezcla mediante Programación Lineal empleando la planilla Solver de la hoja de cálculo Excel. Se determinaron las prolaminas en las harinas de quinua y lupino por el método ELISA y se empleó la técnica del HPLC en los dos productos obtenidos, denominados “mezcla dulce” y “mezcla postre”, para definir la cantidad de aminoácidos con la finalidad de suplementar alrededor del 15% de las proteínas requeridas en el día. Las mezclas de harina seleccionadas como óptimas, *mezcla dulce*, apropiada para la preparación de queques, así como para la *mezcla postre*, que por adición de agua o leche, da origen a un postre, se evaluaron después de tres meses de almacenamiento, siendo aceptables sus requisitos microbiológicos, bromatológicos y sensoriales, corroborándose los resultados, con la buena aceptación de los productos preparados a partir de las mezclas formuladas, por parte de los menores de 2 Jardines Infantiles de la Ciudad de Antofagasta-Chile.

(Nutr Hosp. 2011;26:152-160)

DOI:10.3305/nh.2011.26.1.4862

Palabras clave: *Suplemento proteico. Harinas de quinua. Lupino. Maíz y arroz. Programación lineal. Niños celíacos.*

Correspondencia: Pedro Cerezal Mezquita.

Ingeniero Civil Químico.
Especialista en Ciencia y Tecnología de los Alimentos.
Doctor en Ciencias Técnicas (Mención Alimentos).
Profesor Asociado del Departamento de Alimentos.
Facultad de Recursos del Mar. Universidad de Antofagasta.
Avda. Universidad de Antofagasta.
02800 Campus Coloso. Casilla 170. Antofagasta. Chile.
E-mail: pcerezal@uantof.cl

Recibido: 19-VI-2010.

Aceptado: 2-IX-2010.

PRODUCT DEVELOPMENT ON THE BASIS OF CEREAL AND LEGUMINOUS FLOURS TO COELIAC DISEASE IN CHILDREN BETWEEN 6-24 MONTHS; I: FORMULATION AND ACCEPTABILITY

Abstract

The revaluation of the Andean cultivations, quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) and lupin (*Lupinus albus L.*), to be used in nutritional mixtures, with traditional cereals like corn (*Zea mays L.*) and rice (*Oryza sativa L.*), originate mixtures without gluten which constitute a good alternative for the nutrition of children under 24 months that suffer from celiac disease, since they improve the quality of the protein, by essential amino acids compensation, and also impacts in the product's diversification strategy. In the present work, the percentage composition of each flour in the mixture was determined by means of Linear Programming by means of the Solver form from the Excel spreadsheet. Prolamines were determined in the quinoa and lupin flours by the ELISA test and the HPLC technique was used in both products obtained called “sweet mix” and “dessert mix”, to define the quantity of amino acids with the purpose of providing around the 15% of the proteins required in the day. The flour mixtures selected as optimum, *sweet mix*, suitable for the preparation of sweet pancakes, as well as for the *dessert mix*, that by addition of water or milk produce a semi solid dessert, were evaluated after three months of storage, being acceptable their microbiological, bromatological and sensorial requirements, corroborating the results with the good acceptance of the products, prepared from the formulated mixtures, by the children of two Day Care centers of the City of Antofagasta-Chile.

(Nutr Hosp. 2011;26:152-160)

DOI:10.3305/nh.2011.26.1.4862

Key words: *Protein supplement. Quinoa. Lupin. Corn and rice flours. Linear programming. Coeliac disease in children.*

Introducción

La alimentación infantil debe cubrir adecuadamente los requerimientos de energía y nutrientes en cada una de las etapas a fin de promover un óptimo crecimiento y desarrollo, evitar o enfrentar oportunamente cualquier trastorno por carencia o exceso de nutrientes y favorecer un patrón de alimentación sana y variada que perdure en etapas posteriores de la vida^{1,2}. Las combinaciones de cereales-leguminosas ofrecen proteínas de alta calidad debido a la compensación de sus aminoácidos esenciales, el desarrollo de formulaciones en base a mezclas de harina de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), lupino (*Lupinus albus L.*), maíz (*Zea mays L.*) y arroz (*Oryza sativa L.*) con aditivos y saborizante, es una buena alternativa para el suplemento nutricional^{3,4}.

El primer año de vida se caracteriza por ser una etapa de crecimiento rápido y de cambios en la composición corporal. La mayoría de los niños sanos, duplican su peso de nacimiento a los cuatro meses de edad y lo triplican al año, mientras su talla aumenta en un 50% en igual período. Por esta razón, los requerimientos de energía y proteínas son muy superiores a los de otras etapas de la vida¹.

La alimentación complementaria del niño de 6 a 11 meses debe estar orientada a cumplir con todos los nutrientes que necesita y a lograr el desarrollo normal de la conducta alimentaria. La capacidad digestiva durante el primer año de vida depende de la eficiencia con que madura el aparato digestivo, tanto en lo motor como en lo enzimático^{1,5,6}. La capacidad de consumo del niño entre 12 y 24 meses está determinada por su volumen gástrico, por la densidad energética y la consistencia de los alimentos^{2,7}.

La enfermedad celíaca es una enfermedad crónica producida por la interacción entre genes, que dan la susceptibilidad, y el ambiente, que aporta las prolaminas del gluten, incluyendo las gliadinas del trigo, las secalinas del centeno, las hordeínas de la cebada, y la avenina de la avena. Se clasifica según las manifestaciones gastrointestinales presentes en: 1) presentación sintomática o clásica, que habitualmente incluye algún grado de malabsorción de nutrientes y generalmente es más frecuente en la infancia, y 2) oligo o monosintomática, o silenciosa, en que la sintomatología gastrointestinal puede tener baja intensidad o el paciente puede referir síntomas no gastrointestinales; generalmente es más frecuente en niños mayores y^{8,9}.

En la presentación clásica de la enfermedad predomina la sintomatología gastrointestinal, aparece después de un tiempo de exposición al gluten, en un lactante generalmente entre 8 y 24 meses de edad^{10,11}, hay deposiciones diarreicas, inapetencia progresiva, con el consiguiente deterioro nutricional, distensión abdominal y atrofia muscular; además, puede haber anemia¹².

Actualmente, el único tratamiento de la celiaquía consiste en la adopción de una dieta rigurosamente sin gluten, durante toda la vida; lo que conlleva a una nor-

malización clínica y funcional, así como a la reparación de la lesión vellositaria^{13,14}.

El grano de quinua, a pesar de no pertenecer a la familia de las gramíneas, se clasifica como un pseudo-cereal por su alto contenido de almidón y tiene relevancia por su contenido y calidad proteica, siendo rico en lisina y aminoácidos azufrados, deficientes en los cereales, presenta como aminoácidos limitantes para el pre-escolar, al triptófano y la leucina^{3,15}.

El lupino puede sustituir granos de cereal en muchos productos alimenticios, incrementando la calidad nutricional del producto por su contenido en proteína y caroteno, se incorpora en pastas y panes, en productos crujientes, fórmulas de bebé, sopas y ensaladas^{15,16}.

El maíz no posee gluten, por lo que es apto para el consumo de celíacos, su principal proteína es la Zeína, el aminoácido más importante es la leucina, carece de lisina y triptófano, tiene un bajo contenido de ácido nicotínico y es rico en minerales, tales como magnesio, fósforo y potasio, aporta provitamina A, en baja cantidad¹⁷.

El arroz no contiene colesterol ni gluten y no provoca alergia, una ventaja para los enfermos celíacos, la *Orzenina*, es la proteína más importante, y la leucina es el aminoácido en mayor porcentaje, contiene vitaminas (tiamina, riboflavina y niacina) y minerales (fósforo, hierro y calcio)^{18,19}.

El objetivo del trabajo fue definir una mezcla a base de harinas a partir de cereales (quinua, maíz y arroz) con una leguminosa (lupino) para niños celíacos entre 6 y 24 meses, manejando un criterio para la selección de la mezcla óptima que considerara una combinación con la menor participación de la harina de lupino, mayor proporción de harina de quinua y una intermedia para las harinas de arroz y maíz, tomando como respuesta los aminoácidos limitantes, el porcentaje de proteínas, el sabor del producto y la proporción de las harinas, además de la recomendación dietética diaria de proteínas para los niños de 6 a 24 meses, que en promedio es de 1,9 g/kg de peso/día en una dieta mixta^{20,21}, y del cual solo se quiere cubrir un 15% a través de una dieta suplementaria.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materia prima

Los granos de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) y lupino (*Lupinus albus L.*), desamargados, se adquirieron en la empresa de Productos Nutritivos, AVELUP Temuco - Chile y las harinas se obtuvieron en la Empresa Nestlé - Chile, Planta de San Fernando, Región Metropolitana, mientras que las harinas de arroz y maíz, se adquirieron en los supermercados de la región de Antofagasta-Chile. La concentración de alcaloides informada por AVELUP para la harina de lupino fue de 0,034%, siendo menor al límite máximo exigido de 0,05% por el R.S.A²², considerándose dentro de la clasificación de lupino dulce. La harina de quinua,

poseía una concentración de saponinas de 0,043%, siendo el límite máximo de 0,05%, estando dentro de la definición de quinua dulce²³.

Granulometría

Se realizó el perfil granulométrico empleando el equipo vibrador de tamices, W.S. Tyler Arquimed, modelo RX-29-10 ocupando las mallas 212, 150, 106, 75, 63 µm con su correspondiente fondo, para las diferentes harinas y las mezclas. Se colocaron los tamices en orden descendente. Se adicionaron al primer tamiz 100 g de muestra a caracterizar y se tamizaron por 15 minutos. Se procedió al pesado de la harina retenida en los diferentes tamices y el resultado se expresó en porcentaje.

Proceso de elaboración y desarrollo de la formulación

La elaboración de las mezclas de harinas se realizaron de acuerdo al diagrama de flujo presentado en la figura 1.

Las mezclas se conformaron por harina de arroz (A), maíz (M), quinua (Q), y lupino (L), como materias primas principales y los otros constituyentes fueron: para la mezcla dulce: ácido ascórbico, goma xantana, bicarbonato de sodio, y propionato de sodio; mientras que para la mezcla postre: fructosa, saborizante de plátano

Tabla I
Restricciones impuestas en la Macro Solver de Excel

Componente a restringir	Fracción a agregar	
	Mezcla Dulce (Queque)	Mezcla Postre (con agua o leche)
<i>Harina</i>		
Arroz	≥ 0,25	≥ 0,13
Lupino	= 0,12	= 0,15
Quinua	0,20 ≤ X ≤ 0,45	0,27 ≤ X ≤ 0,45
Maíz	≥ 0,26	≥ 0,15
Cantidad de Proteína	≥ 0,1	> 0,1
Mezcla de Harinas	= 0,97	= 0,70

en polvo, sal común y azúcar flor. La recomendación dietética diaria (RDD) de proteínas para los infantes de 6 a 24 meses en promedio es 19 g proteínas /día^{20,21} del cual solo se quiere cubrir el 15% a través de una dieta suplementaria. El criterio para la selección de la mezcla óptima se basó en encontrar una combinación con el menor costo posible y la menor participación de la harina de lupino, pues su amargor afecta el sabor de la mezcla, mayor proporción de harina de quinua y concentraciones intermedias para las harinas de arroz y maíz, de forma que la mezcla no tuviese aminoácidos limitantes y el sabor del producto se aceptara. Con estas restricciones se trabajó introduciendo las cantidades en la Macro Solver de la planilla electrónica Excel del Paquete Window 2000 según se muestra en la tabla I.

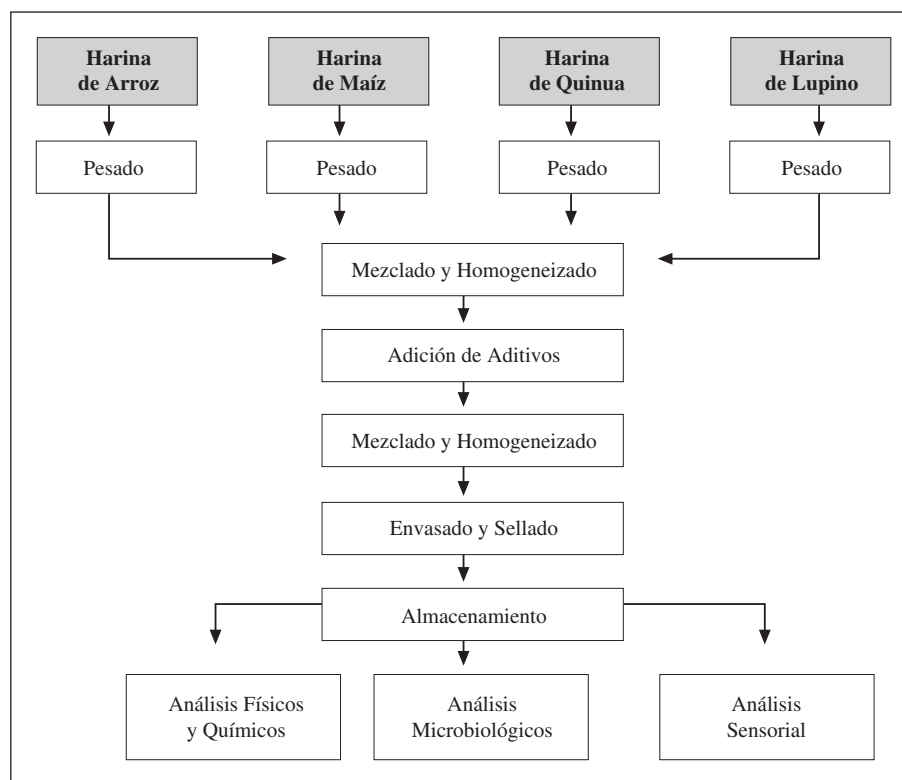


Fig. 1.—Diagrama de flujo de la elaboración de las mezclas dulce y postre.

Con estos datos, y teniendo en cuenta los contenidos aportados de aminoácidos por cada una de las harinas, según FAO/OMS²⁴, se diseñaron dos formulaciones correspondiente a un producto sólido denominado “mezcla dulce” y a un producto semisólido denominado “mezcla postre”, con la finalidad de seleccionar la mejor variante para ofrecer productos con calidad sensorial aceptable a los portadores celíacos.

Las muestras se envasaron en bolsas multicapas de papel Kraft (de 300 g para la mezcla dulce y 20 g para la mezcla postre) rotuladas, selladas con cinta adhesiva de PVC y colocadas en cajas de cartón, almacenadas a temperatura ambiente ($T = 20 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$), en lugar fresco y seco, durante 90 días. Se realizaron los análisis siguientes: composición bromatológica²⁵ y microbiológica²⁶, al inicio y término del estudio. La evaluación sensorial se realizó al comienzo del estudio y posteriormente a los 30, 60 y 90 días.

Determinación cuantitativa de prolaminas

Se realizó la determinación de gliadina a las harinas de quinua y lupino mediante el método de análisis de alimentos para celíacos, Enzimoimmunoensayo Competitivo ELISA, empleando anticuerpos policlonales, basados en la técnica desarrollada por Chirido²⁷, el que presenta un límite de detección de 0,1 mg de gliadina por cada 100 gramos de muestra.

Evaluación microbiológica

Se realizaron análisis a las harinas (arroz, maíz, quinua y lupino) y a las mezclas de harina estudiadas, siguiendo los procedimientos establecidos para las determinaciones de: recuentos de aerobios mesófilos, *Salmonella*, coliformes y *Escherichia Coli*, *Staphylococcus Aureus*, mohos y levaduras²⁶. Los resultados se compararon con los límites establecidos en el R.S.A²⁴.

Perfil aminoacídico de la mezcla

Las mezclas, dulce y postre, al término del estudio de almacenamiento por un tiempo de 90 días se analizaron por HPLC con derivatización precolumna, el procedimiento llevado a cabo consistió en pesar aproximadamente 2 mg de proteína, de cada mezcla. Se hidrolizaron a 120 °C con HCl 1M por 24 horas. Las muestras se llevaron a sequedad y se disolvieron en un tampón borato pH = 9,0. Se tomó una alícuota y se derivatizó con el reactivo etoximetilmalonato de dietilo, finalmente se inyectó al HPLC, el cálculo de cada aminoácido se hizo por comparación con un estándar interno, ácido amino butírico²⁸, con el fin de comparar los resultados con la cantidad de aminoácidos entregados en la formulación del Solver y con el requerimiento establecido para niños de 6 a 24 meses de vida, según el

patrón FAO/WHO²⁹. Inicialmente se calculó el amino-grama de las mezclas, a partir de los datos teóricos, para luego ser comparadas con los valores reales, de modo de definir correctamente el complemento proteico de los productos.

PDCAAS

En la determinación de la Puntuación de los Aminoácidos de las proteínas corregidas según su Digestibilidad (PDCAAS) se consideraron los aminoácidos limitantes de las mezclas, postre y dulce, y los requerimientos según el patrón FAO²⁴ para los niños menores de 24 meses. La relación se obtuvo con la fórmula siguiente^{29,30,31}.

$$\text{AAS} = \frac{\% \text{ de aminoácidos de la proteína ensayada}}{\% \text{ del requerimiento del aminoácido correspondiente}}$$

El cálculo de la cantidad de aminoácidos sin corregir (AAS), multiplicado por la digestibilidad teórica de la mezcla, para los cereales y leguminosa, es el valor del PDCAAS. La digestibilidad estimada fue: Q = 80%, M = 81%, A = 87% y L = 76%, según Olivares²¹ y FAO³².

Evaluación sensorial

Pruebas preliminares: Para seleccionar los productos así como definir aspecto, olor, sabor y textura, se realizaron pruebas preliminares de diferentes formulaciones, con la participación de jueces semientrenados seleccionados entre los alumnos de la carrera de Ingeniería en Alimentos de la Universidad de Antofagasta, las que a través del Solver se iban analizando y ajustando sus contenidos. Adicionalmente se realizaron pruebas preliminares de aceptación o rechazo con niños entre 12 y 24 meses de edad para definir el dulzor del producto sólido (queque), y del semisólido (un postre hecho con agua o leche). Las respuestas de los infantes a través de expresión facial, se tomaron como juicios para mejorar el producto e introducir los cambios en las restricciones del Solver.

Prueba de aceptabilidad de jueces semientrenados: Se confeccionaron los procedimientos de evaluación sensorial (PES), mediante el diseño de una escala de atributos de 1 a 10, asignando un factor de ponderación de acuerdo a la importancia referente de cada una de las características sensoriales del producto, para los atributos generales: aspecto visual, olor, color, sabor, textura, y los específicos: tipicidad, grumosidad, consistencia. Según la metodología descrita por Torricella³³, se determinó la puntuación total y la evaluación cualitativa de las diferentes mezclas como excelente (17,5-20,0), bueno, (15,4-17,4), aceptable (11,2-15,3), regular (7,2-11,1) y mala (< 7,2).

Prueba de aceptabilidad en niños: La evaluación de la aceptación o rechazo de los alimentos se realizó en

dos jardines infantiles de Antofagasta con 30 niños menores de 24 meses, a través de fotografías tomadas al momento de degustar el producto. Se compararon los resultados y se eligió la formulación que mostraba una mejor respuesta.

Análisis estadístico de resultados

Todos los análisis de las muestras se realizaron al menos por duplicado; presentándose como valores medios (\bar{X}) y sus respectivas desviaciones típicas (S), con un nivel de confianza del 95 %. Las evaluaciones estadísticas de los resultados, referidas a estadígrafos más comunes de comparación, se efectuaron utilizando la hoja de Cálculo de Microsoft Excel versión 2000. Para definir la mezcla a través de la programación lineal se ocupó la función Macro Solver de la Hoja de Cálculos de Excel versión 2000. Inicialmente se calculó el aminoácido de las mezclas, a partir de los datos teóricos, para luego ser comparadas con los valores reales y definir correctamente el complemento proteico de los productos.

Resultados

Análisis de la materia prima

Los resultados obtenidos en la evaluación de las materias primas Arroz, Lupino, Maíz y Quinua para los análisis bromatológicos, se muestran en la tabla II, el contenido de proteínas de la harina de lupino (40,82 %) resultó ser mayor a la quinua, el maíz y el arroz en 3,8; 5,4 y 5,8 veces respectivamente, corroborado por Schmidt-Hebbel¹⁸, que plantea que los aportes de proteínas del lupino están entre 36,7 y 42,5%, pero es de menor calidad que la quinua por faltarle la histidina, aminoácido esencial para el crecimiento de los niños^{19,23}. El contenido de lípidos para la harina de lupino estudiada es de 10,53%, correspondiente con los intervalos descritos por Alonso³⁴ de un 8 a 12%.

En cuanto a la harina de quinua, los valores determinados de la proteína (10,71%), los lípidos (4,20%) y los

hidratos de carbono (82,45%), estuvieron por encima de los valores descritos por Tapia²³ quien señaló cantidades de 9,1; 2,6 y 72,1%, respectivamente. La diferencia presentada pudo estar influenciada por el material genético, el estado de madurez, la fertilidad del suelo y los factores climáticos. La cantidad de cenizas y fibras para la quinua fue inferior a lo expresado por FAO³² quien indicó un valor de 3,0 y 2,1%, respectivamente. Por otra parte, la composición proximal del grano de quinua presentó una variación que se encontró dentro de los límites mínimos entregada por FAO³² para proteínas, lípidos y ENN de 11,0; 5,3 y 53,5%, respectivamente.

Los resultados de la harina de arroz, indicaron para los hidratos de carbono 89,7%, la cantidad de proteínas estuvo entre un 5 a 14% y los contenidos de cenizas y fibras, mostraron valores entre 0,5 y 0,3%.

La harina de maíz presentó un contenido de grasa inferior al 3,8% informado por FAO³². La porción de proteínas superó el 7% en base seca. Los hidratos de carbono estuvieron por encima del 81,1% de acuerdo a lo informado por Nieto y cols¹⁹, mientras que los valores de las cenizas y fibras se mantuvieron de forma similar en proporción de 1,3 y 1,1%, respectivamente.

Los resultados de prolaminas (n = 12) expresados como mg de prolaminas por 100 gramos de alimento, para el lupino fue de 4,5 mg/100 g de muestra y para la quinua se informó como no detectable (nd) por ser inferior a 0,1 mg/100 g según lo indicado por Chirido y cols.²⁷ por lo que ambas harinas se encuentran por debajo de 20 ppm que es el límite máximo establecido en la Norma Codex³⁶.

Evaluación microbiológica

Para las harinas de quinua, maíz y lupino no se detectó presencia de mohos, siendo de 10^2 col/g para la harina de arroz; el recuento de levaduras fue para (A) = 10^1 a 10^3 ; (Q) = 10^1 a $2 \cdot 10^3$; (M) = 10^1 a $2 \cdot 10^3$; (L) = $1,5 \cdot 10^3$ estando todas las harinas por debajo de 5×10^3 establecido por el RSA²⁴. Ninguna de las harinas presentó coliformes totales ni salmonella, por lo que las harinas tuvieron la calidad adecuada para la elabora-

Tabla II
Composición química de las harinas (n = 3)

Análisis (%)	Harina*			
	Arroz	Lupino	Maíz	Quinua
	$\bar{X} \pm S$	$\bar{X} \pm S$	$\bar{X} \pm S$	$\bar{X} \pm S$
Proteína	7,04 ± 0,61	40,82 ± 0,57	7,61 ± 0,18	10,71 ± 0,21
Lípidos	2,25 ± 0,00	10,53 ± 0,00	3,33 ± 0,00	4,20 ± 0,00
Cenizas	0,57 ± 0,01	3,48 ± 0,01	0,76 ± 0,00	1,30 ± 0,00
Fibra	0,44 ± 0,07	3,71 ± 0,21	1,15 ± 0,11	1,34 ± 0,18
E.N.N.	89,70	41,46	87,15	82,45

*Datos en base seca. $\bar{X} \pm S$: valor medio ± desviación típica; ENN: extracto no nitrogenado.

Tabla III
Proporciones de harinas en la elaboración de la mezcla, dulce y postre, para seleccionar la mezcla óptima

Mezcla Dulce			Mezcla Postre		
Proporción A:Q:L:M	Proteína %	Aminoácido limitante	Proporción A:Q:L:M	Proteína %	Aminoácido limitante
20:33:15:20	13	HIST, LIS, TRIP	15:35:25:15	16	HIST, LIS, TRIP
25:32:15:25	13	HIST, LIS, TRIP	13:30:24:15	15	HIST, LIS, TRIP
23:36:15:23	13	LIS, TRIP	15:25:22:15	14	HIST, LIS, TRIP
25:34:12:26	12	LIS, TRIP	13:25:15:15	10,5	HIST, LIS
25:34:12:26	9,5	Ninguno	13:27:15:15	7	Ninguno

(A): Arroz; (Q): Quinua; (L): Lupino; (M): Maíz. (HIST): Histidina; (LIS): Lisina; (TRIP) Triptófano.

ción de los alimentos infantiles.

Los resultados obtenidos para el conteo de *Salmonella sp.* en 25 g fueron negativos para la mezcla dulce y postre, el recuento de Aerobios Mesófilos UFC/g. fue $< 3 \cdot 10^3$ para la mezcla dulce y $< 1 \cdot 10^3$ para la mezcla postre; el recuento de *Staphylococcus aureus* UFC/g $< 10^3$ para ambas mezclas; el recuento de mohos y levaduras fue de $3 \cdot 10^2$ para la dulce y $5 \cdot 10^3$ para la postre, el recuento de coliformes totales fue negativo para la mezcla dulce y $< 1 \cdot 10$ para la postre; todos los valores de los índices microbiológicos se encontraron por debajo de los límites mínimos exigidos según el RSA²⁴, por lo que ambas formulaciones, resultaron aptas para el consumo de los niños menores de 24 meses.

Resultados con la programación lineal

La composición de las diferentes mezclas con el propósito de seleccionar la mezcla óptima, para cada uno de

los productos en estudio, según los resultados obtenidos en la Programación lineal se observa en la tabla III.

La mezcla dulce de composición (25:34:12:26) y la mezcla postre de composición (13:27:15:15), se seleccionaron porque cumplieron con las exigencias de las normas del Codex para regímenes alimentarios especiales^{35,36} cuya calidad proteica no debe ser inferior al 70% del patrón de la FAO²⁴. La cantidad de harina de lupino se adicionó con un valor $\leq 15\%$ porque a mayor cantidad el sabor de la mezcla se afectaba en relación al amargor. Solo se realizaron mezclas dulces porque el sabor salado acentúa el amargor del lupino. Se optó por no dejar que la mezcla tuviese aminoácidos limitantes. Además, estas mezclas cumplieron con los requisitos prefijados: menor participación de la harina de lupino (L), mayor proporción de harina de quinua (Q) y un contenido intermedio para las harinas de arroz (A) y maíz (M).

Del análisis de la Macro del Solver se obtuvo el informe de respuesta, límites y sensibilidad que se recogen en la tabla IV, indicando que las cantidades

Tabla IV
Informe de límites y sensibilidad de las mezclas y costos por kg de producto arrojado por el solver

Celdas cambiantes	Mezcla Dulce		Mezcla Postre	
	Proporción A:Q:L:M		Proporción A:Q:L:M	
	25:34:12:26		13:27:15:15	
	Valor Igual	Gradiente reducido	Valor Igual	Gradiente reducido
% de agregado Arroz	0,25	973,00	0,13	973,00
% de agregado Quinua	0,34	0,00	0,27	0,00
% de agregado Lupino	0,12	0,00	0,15	0,00
% de agregado Maíz	0,26	340,00	0,15	540,00
Celda Objetivo	Valor Igual		Valor Igual	
Costo US/ kg (según Solver)	2,70		1,77	
Costo Formulación Final US/kg				
Mezclas de Harinas	2,62		1,24	
Aditivos	0,10		1,20	
Mezcla de Harinas + Aditivos	2,73		2,43	

(A): Arroz; (Q): Quinua; (L): Lupino; (M): Maíz.

Tabla V

Contenido de los aminoácidos esenciales para las harinas y para la formulación mezcla, dulce y postre, en comparación con el patrón FAO. Composición de aminoácidos (g/100 g muestra)

Aminoácidos Esenciales	Harinas				Mezcla Dulce			Mezcla Postre		
	Q	A	L	M	Patrón*	Cálculo teórico según mezcla	Según HPLC	Patrón*	Cálculo teórico según mezcla	Según HPLC
Fenilalanina-Tirosina	12,0	5,0	9,3	4,7	0,599	1,074	1,17	0,441	1,016	0,79
Histidina	4,6	2,1	0,0	2,6	0,181	0,256	0,19	0,133	0,182	0,18
Isoleucina	7,0	4,1	4,1	4,0	0,266	0,607	0,48	0,196	0,537	0,33
Leucina	7,3	8,2	6,4	12,5	0,627	0,971	1,03	0,462	0,821	0,62
Lisina	8,4	3,8	4,5	2,9	0,551	0,651	0,55	0,406	0,586	0,40
Metionina-Cisteina	12,5	2,2	2,5	2,0	0,238	0,656	0,25	0,175	0,558	0,22
Treonina	5,7	3,8	3,3	3,8	0,323	0,511	0,60	0,238	0,445	0,40
Triptófano	1,2	1,1	1,1	0,7	0,105	0,131	0,07	0,077	0,120	0,06
Valina	7,6	6,1	3,7	5,0	0,333	0,664	0,61	0,245	0,559	0,41

*Tomado de: FAO/OMS (1985). (A): Arroz; (Q): Quinua; (L): Lupino; (M): Maíz.

de Q, L, M y A que conforman las mezclas seleccionadas según tabla III, cumplían con el porcentaje de proteína, del total recomendado para el día y propuesto a suplementar (15%). Para la mezcla dulce, se obtuvo un 97% del total de la formulación, y el resto, 3%, correspondió a los demás ingredientes y para la mezcla postre, se obtuvo un 70% y la diferencia con respecto al 100%, a los otros componentes de la formulación.

En relación al costo, según tabla IV, la mezcla dulce arrojó a través del Solver un costo por kg de producto de US 2,70, y para la mezcla postre de US 1,77 teniendo en cuenta sólo las harinas en cada caso, con estos valores y la ayuda de una planilla en Excel se obtuvo el costo de la mezcla final de ambas formulaciones considerando además el resto de los ingredientes siendo US 2,73 para la mezcla dulce y US 2,43 para la mezcla postre.

Perfil granulométrico

El perfil granulométrico realizado a las mezclas al final del estudio de almacenamiento arrojó que el 40,6; 20,5 y 31,6% de las partículas de la mezcla postre y el 30,6; 25,5 y 28,9 % de la mezcla dulce, quedaron retenidas en los tres primeros tamices de 212, 150 y 106 µm, respectivamente, La granulometría que se utiliza para niños menores de 6 años debe estar entre 200 y 65 Mesh^{31,35}, encontrándose las mezclas dentro de este intervalo.

Perfil aminoacídico

La composición de aminoácidos obtenidos para las harinas y las mezclas de harinas seleccionadas se

muestra en la tabla V, en forma teórica (inicio del almacenamiento) y el perfil aminoacídico efectuado por HPLC (realizado a los 90 días de elaborada la mezcla), comparándolos con los requerimientos de los niños de 6 a 24 meses FAO²⁴.

Para ambas mezclas, dulce y postre tabla V, al inicio del almacenamiento la cantidad de aminoácidos resultó ser superior que a los 90 días, encontrándose un valor inferior entre la planilla y el perfil aminoacídico sólo para el triptófano. La cantidad de aminoácidos que entregó el perfil para la mezcla dulce y postre, de un 9,5% y un 7% de proteína al día, respectivamente, formulado para un producto suplementario, fue inferior a los valores entregados inicialmente por el Solver, esto fue favorable porque permitió concebir la formulación y a pesar de las posibles degradaciones que hubiera, se mantuvo dentro de lo recomendado por FAO/OMS²⁴, a excepción del triptófano.

Se logró que las mezclas, dulce y postre, sobrepasaran levemente el 15% a suplementar de la dieta proteica diaria (19 g de proteínas^{19,21}), alcanzando entre un 16 y 17%.

Resultados de la digestibilidad a través del PDCAAS

Para el cálculo se utilizó el aminoácido con valor límite de ambas mezclas, Triptófano (tabla V). El PDCAAS para la mezcla dulce y postre, fue de 0,81 y 0,67 respectivamente, ya que en el cálculo se utilizó un valor de digestibilidad supuesto de 100% señalado por Meyhuay³¹ quien indicó, que al aplicar un tratamiento térmico a las harinas, se obtiene una mejor concentración de aminoácidos desapareciendo prácticamente los aminoácidos limitantes y se mejoran los atributos sensoriales.

Tabla VI
Evaluación sensorial

Producto evaluado	Escala facial	Puntaje	Frecuencia	S	Z	f(Z)
<i>Postre sabor plátano</i>	Me gusta	3	19	0,85	0,56	0,7123
	No me gusta	1	6	0,85	-1,78	0,0375
Mezclado con leche	Me gusta	3	18	0,90	0,62	0,7324
	No me gusta	1	7	0,90	-1,60	0,0548
<i>Queque</i>	Me gusta	3	25	0,75	0,45	0,6736
	No me gusta	1	5	0,75	-2,24	0,0126

Evaluación sensorial

La mezcla dulce tuvo una aceptación favorable, en forma de un queque (producto propuesto por los Jardines Infantiles evaluados) y la mezcla postre en dos variantes con agua o con leche (colado con sabor a plátano). La evaluación realizada a los niños entre 1 y 2 años arrojó los resultados que se muestran en la tabla VI.

Se aplicaron pruebas de hipótesis para evaluar la aceptación o rechazo de los productos de la tabla VI de un promedio de 27 niños encuestados, las hipótesis planteadas fueron:

- H_0 : $p \geq 0,6$; el producto es aceptado
 H_1 : $p < 0,6$; el producto es rechazado

Las hipótesis se compararon con la probabilidad $f(Z)$, dando como resultado que los tres productos fueron aceptados por el grupo objetivo, obteniendo porcentajes mayores al 60%.

Los resultados obtenidos de la evaluación sensorial realizada por los jueces semientrenados para los tres productos: mezcla dulce, mezcla postre (agua y leche) presentaron una puntuación total de 13,4; 12,5 y 13,0; respectivamente, que corresponden a la clasificación de los productos en el término "Aceptable". Los jueces señalaron falta de "sabor", pero la cantidad de dulzor presente en ambos productos era ideal para los infantes ya que cuando están formando sus hábitos y preferencias alimentarias no es recomendable un alto consumo de azúcar, porque su alta densidad calórica, produce sensación de saciedad, saturan rápidamente la capacidad gástrica del infante y llevan al rechazo de las comidas regulares⁹.

Conclusiones

Se desarrollaron dos formulaciones de alto contenido proteico como suplemento alimenticio a través de un procedimiento tecnológico de bajo costo a partir de harinas de quinua, lupino, maíz y arroz para ser ingerida por niños que padecen la enfermedad celíaca de 6 a 24 meses de edad.

Los resultados obtenidos al final del estudio de almacenamiento sobre el contenido de proteínas de las

mezclas (postre y dulce) fue de 12,63 y 12,60% y el perfil aminoacídico de las mezclas, realizado por HPLC corroboró que la cantidad aportada por los productos, en cuanto a los aminoácidos esenciales, satisfacía los requerimientos del patrón de la FAO para el 15% establecido de proteínas a suplementar diariamente, descontando el triptófano.

La cantidad de prolaminas determinadas a las harinas resultaron inferiores a 20 ppm (mg de gliadina/100 g de muestra), lo que implica que pueden ser utilizadas sin riesgos para la salud de este grupo poblacional que padece la enfermedad celíaca.

Las propiedades sensoriales de textura, sabor, aspecto y olor evaluadas por jueces semientrenados quedaron dentro de la calificación de "Aceptable" durante el período de almacenamiento por 90 días. La evaluación sensorial realizada a infantes menores de 24 meses indicó que más del 60% "Aceptó" los productos evaluados.

Las evaluaciones microbiológicas y sensoriales realizadas a las harinas durante un período de 90 días demostró que ninguna de las dos mezclas, dulce y postre, tuvieron problemas que pudieran afectar la calidad del producto final, por lo que los procedimientos realizados y la elección del envase de papel Kraft se estimaron adecuados.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo sostenido mediante la cooperación financiera brindada por la Corporación de Ayuda al Ser Desnutrido (CORASEDE), ciudad de Calama, Chile, a través del Convenio de Cooperación Técnica con el Departamento de Alimentos de la Universidad de Antofagasta, Chile.

Referencias

- Hodgson M. Manual de Pediatría: Alimentación infantil. Editores Guiraldes C. y col. Escuela de Medicina, Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 2004.
- Olivera J. Alimentación del niño de 2 a 6 años: Los comedores escolares. *Sociedad Vasco Navarra de Pediatría* 2000; 34 (2): 85-89.

3. Cerezal P, Carrasco A, Pinto K, Romero N, Arcos R. Suplemento alimenticio de alto contenido proteico para niños de 2 a 5 años. Desarrollo de la formulación y aceptabilidad. *Inter ciencia* 2007; 32 (12): 857-864.
4. Del Castillo V, Lescano G, Armada M. Formulación de alimentos para celfacos con base en mezclas de harinas de quínoa, cereales y almidones. *Nut Hosp* 2009; 59 (3): 332-336.
5. Argüelles F. Las Proteínas en la Alimentación del lactante. Mesa redonda: Avances en Nutrición Pediátrica. Revista de la Sociedad de Pediatría de Andalucía Occidental y Extremadura, España. *Vox Paediatrica* 2003; 11 (1): 22-25.
6. Castillo C. Alimentación del niño menor de un año. Editor Laboratorios Wyeth inc. Santiago, Chile. 2000.
7. MINSAL. Norma de Alimentación del niño menor de 2 años. Editores Castillo C. y col. División de Rectoría y Regulación Sanitaria, Departamento de Salud de las Personas, Programa de Salud del Niño. Ministerio de Salud, Chile. 2000.
8. Goggins M, Kelleher D. Celiac disease and other nutrient related injuries to the gastrointestinal tract. *Am J Gastroenterol* 1994; 89 (8 Suppl.): S2-17.
9. Araya M. Enfermedad celíaca. En: Meneghello J, ed. Pediatría práctica en diálogos. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana. 2001; 756-8.
10. Mowat AM. Coeliac disease-a meeting point for genetics, immunology, and protein chemistry. *Lancet* 2003; 361: 1290-92.
11. Hill ID, Dirks MH, Liptak GS, Colletti RB, Fasano A, Gaudalini S, Hoffenberg EJ, Horvath K, Murray JA, Pivor M, Seidman EG. Guideline for the Diagnosis and Treatment of Celiac Disease in Children: Recommendations of the North American Society for Pediatric Gastroenterology, Hepatology and Nutrition. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 2005; 40 (1): 1-19.
12. Araya M. Mejorar el manejo de la enfermedad celíaca. Un desafío urgente. *Revista Médica de Chile* 2006; 134 (3): 361.
13. Ciclitira P. Gluten-free diet-What is toxic? *Best Practice & Research Clinical Gastroenterology* 2005; 19 (3): 359.
14. González de Pino M. Cuidados para niños y adolescentes celíacos y sus Familias. Editorial Universidad de Alicante. Provincia de Alicante España. 2004.
15. FAO. Reunión técnica y taller de formulación de proyecto regional sobre nutrición humana en base a cultivos andinos. Programa de cultivos andinos, Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, Provincia de Arequipa. Universidad Nacional del Altiplano, Provincia de Puno. Arequipa, Perú. 1998.
16. Golz T. Lupino. Editor D. Aakre. Instituto para el Desarrollo del Negocio y la Industria NDSU, Servicio de extensión de NDSU, Universidad del Estado de Dakota del Norte. EE.UU. 2004.
17. FAO. El maíz en la nutrición humana. Colección FAO: Alimentación y nutrición No. 25 ISBN 92-5-303013-5. Roma, Italia. 1993.
18. Schmidt-Hebbel H. Tabla de composición química de alimentos chilenos. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, Universidad de Chile. Santiago, Chile. 1985.
19. Nieto C, Vimos C, Monteros C, Caicedo C, Rivera C, Noriega A, Suquilanda M. Manual de producción de quinua del Ecuador. Editores Escuela Radiofónicas populares del Ecuador (ERPE), Gesellschaft für technische Zusammenarbeit (GTZ), Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), Instituto Nacional autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Quito, Ecuador. 2001.
20. OPS. Nutrición y alimentación del niño en los primeros años de vida. Editores O'Donnell y col. Organización Panamericana de la Salud. Washington, EE.UU. 1997.
21. Olivares S. Necesidades nutricionales y calidad de la dieta: Manual de auto instrucción. Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos. Santiago, Chile. 1993.
22. R.S.A. Registro Sanitario de los Alimentos. Título XV: De los alimentos farináceos". Decreto Supremo No. 977, que aprueba el Reglamento Sanitario de los Alimentos. Editorial Ministerio de Salud. Identificación como Norma DTO-977, Última Modificación: DTO-287, Salud 18-02-2002. Santiago, Chile. 2002.
23. Tapia M. Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación. Segunda edición. Editorial FAO, Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile. 1997.
24. FAO/OMS. Necesidades de Energía y proteína. Informe de la Reunión Consultiva Conjunta de Expertos de la FAO/OMS/ UNU. Ginebra. 1985
25. ISP. Manual: métodos de análisis fisicoquímicos de alimentos, aguas y suelos. Instituto de Salud Pública, Subdepartamento Laboratorios del Ambiente. Editorial Ministerio de Salud. Santiago, Chile. 1998
26. Villarreal O. Manual de técnicas microbiológicas para alimentos y agua. Ministerio de Salud. Andros. Santiago, Chile. 1998, 146 pp.
27. Chirido F, Fossati A. Optimization of competitive ELISA for quantification of prolamins in food. *Food Agric Immunol* 1995; 7 (4): 333-343.
28. Alaiz M, Navarro J, Giron J, Vioque E. Amino acid analysis by high-performance liquid chromatography after derivatization with diethyl ethoxymethylenemalonate. *J Chromatography A* 1992; 591 (1-2): 181-6.
29. FAO/WHO. Protein Quality Evaluation. FAO Food and Nutrition Paper 51. Roma, Italia. 1991, 207 pp.
30. Schaafsma G. The Protein Digestibility-Corrected Amino Acid Score. *J Nutr* 2000; 130: 1865-7.
31. Meyhuay M. Proceso Quinua: Métodos de desaponificación de Quinua. Instituto de Desarrollo Agroindustrial. Lima, Perú. 2000, 37 pp.
32. FAO. Composición química y valor nutricional del grano de quinua y derivados. Instituto de Desarrollo Agroindustrial. Editor AGSI/FAO. Roma. 2004. Web: <http://www.fao.org/inpho/compand/text/ch11-02.htm>.
33. Torricella, R.; Zamora, E. y Pulido, H. Evaluación sensorial aplicada a la investigación, desarrollo y control de la calidad en la industria alimentaria. Instituto de Investigación para la Industria Alimentaria. La Habana, Cuba. 1989.
34. Alonso J. Lupino: Una alternativa para la alimentación humana y animal. Editorial Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA. Bogotá, Colombia. 1997.
35. Codex Stan 74. Comisión del Codex Alimentarius. Norma del Codex para alimentos elaborados a base de cereales para lactantes y niños. Codex Stan 74-1981, última enmienda 1991.
36. Codex Stan 118. Comisión del Codex Alimentarius. Norma del Codex para alimentos exentos de gluten. 1979, última enmienda.