

## Optimización de una formulacion de espaguetis enriquecidos con fibra dietética y micronutrientes para el adulto mayor

*Emma Wittig de Penna, Lisis Serrano, Andrea Bunger, Delia Soto, Luis López, Nieves Hernández, Jenny Ruales*

Universidad de Chile. Santiago., Instituto de Investigaciones para la Industria de Alimentos-La Habana. Cuba,  
Instituto de Investigación Tecnológica, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador

**RESUMEN.** Numerosos estudios han demostrado que debido a diferentes causas, existe un déficit en la ingesta de fibra en la población adulta mayor, la cual puede causar diferentes patologías, tales como constipación, cáncer de colon, diverticulosis. Para ofrecer alternativas de solución a esta realidad se desarrollaron formulaciones de espaguetis enriquecidos con fibra dietética, por ser un alimento de consumo habitual. La fibra usada fue harina de salvado de lupino dulce (VitaFiber) y se empleó gluten (Vital de trigo 75%) como aditivo mejorador. Se usó el método de superficie de respuesta para optimizar la formulación, con un diseño rotacional compuesto, con dos variables, ensayando concentraciones entre 7,14 y 14,29% de harina de salvado de lupino dulce y 0,1 a 2,0% de gluten como variables independientes. Las variables dependientes fueron las respuestas de 10 jueces entrenados que evaluaron los diferentes parámetros de calidad sensorial (color, forma, olor, sabor y textura) con el test de Karlsruhe de 9 puntos. La formulación optimizada correspondió a la elaborada con 66,7% de sémola, 7,14% de harina de salvado de lupino dulce, 24,7% de agua y 1,05% de gluten. Este producto optimizado fue enriquecido con 0,019% de un premix de vitaminas (A, E, B<sub>2</sub>, D<sub>3</sub> y ácido fólico) y 0,41% de minerales (Ca, Fe, Zn) de forma tal que 100 g de fideos secos cumplieran con aportar alrededor del 30% de las recomendaciones de la IDR para adultos mayores. El producto final contiene 11,05 g/100g de fibra dietética total, 984 UI de vitamina A, 4,52 UI de vitamina E y 0,38mg de vitamina B<sub>2</sub> por 100g y 208 mg de Calcio, 3,16 mg de Hierro y 4,8 mg de Zinc, por 100g, respectivamente. Se concluye que el producto elegido es un buen vehículo para aumentar el consumo de fibra dietética, por ser un alimento de uso habitual, de preparación simple y de fácil consumo.

**Palabras clave:** Espaguetis enriquecidos, alimentos con fibra dietética, optimización de formulaciones, adulto mayor.

### INTRODUCCION

Se ha propuesto el desarrollo de alimentos enriquecidos con fibra dietética, vitaminas y minerales para el adulto mayor, cuya base la constituyen estudios previos acerca de la ingesta de nutrientes y de la prevalencia de enfermedades metabólicas, con el propósito de contribuir a mejorar la calidad de vida de este grupo etario (1,2).

Los efectos fisiológicos de la fibra dependen de las

**SUMMARY.** Optimization of a spaghetti formula enriched with dietary fibre and micronutrients for elderly people. Several studies have demonstrated low dietary fiber intake in elderly people, which increases the risk of diseases such as constipation, colon cancer and diverticulosis. A spaghetti formula enriched with lupin fibre was developed to increase the dietary fibre intake in elderly people, as spaghetti are frequently consumed in this age group. Sweet lupin bran (VitaFiber®) was used as fibre source and gluten was used as improving additive. Response surface methodology with a two variable composite rotatable design was applied to optimize the formulations. The independent variables were lupin bran (7.14 -14.29%) and gluten Vital (0.1-2.0%). The dependent variables were the responses of a trained 10-member sensory panel who evaluated the sensory quality parameters color, shape, aroma, flavor and texture by the Karlsruhe 9-point test. The optimized formula was prepared with 66.7% semoline, 7.14% lupin bran, 1.05% gluten and 24.7% water, enriched with 0.019% of a vitamin premix (A, E, D, B<sub>2</sub>, B<sub>12</sub> and folic acid) and with 0.41% of a mineral premix (Ca, Fe, Zn), in order to meet 30 % of the RDA for the elderly per 100 g dry spaghetti. The dietary fibre content of the optimized product was 11.05 g/100g. The study showed that fibre-enriched spaghetti formula is a good way to increase dietary fibre intake in elderly people, as it is a common food, simple to prepare and easy to eat.

**Key words:** Enriched spaguetti, fibre-enriched food, formula optimization, elderly.

propiedades físico-químicas de la fuente de fibra (3,4). La fibra insoluble es muy efectiva en aumentar el volumen fecal debido a que pasa intacta a través del tracto gastrointestinal y contribuye a la formación de heces voluminosas y suaves, disminuyendo así el tiempo de tránsito intestinal y la presión colónica. Por esta razón tiene poco efecto metabólico (5). La fibra soluble, especialmente cuando aumenta la viscosidad del contenido intestinal, tiene mayor efecto en reducir los niveles plasmáticos de colesterol (6), reducir la respuesta

glicémica postprandial (3) y retardar el vaciamiento gástrico. Otro efecto de la fibra dietética es disminuir la biodisponibilidad de proteínas, grasas y algunos minerales y vitaminas (7,4). Este efecto no está del todo esclarecido y es necesario seguir investigando acerca de las fracciones de la fibra dietética que podrían ser las causantes de la modificación de la biodisponibilidad de los diferentes nutrientes (8,9). Estudios clínicos indican que la adición de fibra a la dieta puede causar inicialmente una severa flatulencia, síntoma que desaparece luego de algunas semanas de tratamiento. Este fenómeno podría explicarse por el reemplazo de microorganismos productores de gases por otros que los producen en menor proporción, como lactobacilos y estreptococos (10).

Entre las fuentes naturales de fibra se encuentran los cereales, leguminosas, frutas y hortalizas. Un subproducto del proceso de obtención de la harina de lupino (*Lupinus albus* var. *Multolupa*) lo constituye la cáscara o salvado (11-14). La cáscara está compuesta principalmente de polisacáridos estructurales (fundamentalmente celulosa) y se considera una buena fuente de fibra dietética (15). En la literatura es posible encontrar una serie de trabajos relacionados con la incorporación de harina de lupino dulce a diferentes productos con el fin de mejorar su contenido proteico, tanto cuali como cuantitativamente. Entre otros se pueden mencionar: galletas, (16,17); mermeladas (18); alimentos infantiles (19), fideos (20) y pan (21).

Existe un producto comercial a base de salvado de lupino, Vitafiber, que contiene 84% de fibra dietética, con 4,5% de fibra soluble y 79,5% de fibra insoluble, que ha sido empleado con éxito en la elaboración de diferentes variedades de galletas (22,23), de bizcochuelos (24,25), de magdalenas (26), de bebidas (27) y de pan (28). Este producto tiene una granulometría tal que permite su manejo como si fuera una harina de trigo, lo que facilita su incorporación a tan variado grupo de formulaciones.

El objetivo del estudio fue diseñar, elaborar, optimizar la calidad - al incorporar harina de salvado de lupino y de gluten - y controlar la calidad de una formulación de espaguetis para el adulto mayor, que aporte fibra dietética, vitaminas y minerales, según recomendaciones nutricionales internacionales para este grupo.

## MATERIAL Y METODOS

Para la elaboración del producto se utilizaron las siguientes materias primas: Sémola especial A (Lucchetti S.A, Chile), harina de salvado de lupino dulce (HSL) (Vitafiber, Avelup, Chile), gluten Vital de trigo 75% (Granotec, Chile), vitaminas A, D, E, B2, B12, Ácido Fólico (Roche, Suiza), sulfato ferroso (Roche, Suiza), sulfato de zinc monohidratado (Roche, Suiza), fosfato de calcio dibásico

(Merck, Alemania).

Los equipos empleados fueron los siguientes: Equipo piloto para elaborar pastas (La Prestigiosa 2500), balanza granataria (Sartorius, balanza analítica (Mettler BB 244), túnel de aire forzado con registro automático de la temperatura (Salva), higrómetro (Novasina TH 200 Defensor), cromatógrafo HPLC (Perkin Elmer LF 30, Detector arreglado de Yodo 375 C, Bomba Serie 440 para vitaminas hidrosolubles y serie 10 para liposolubles), espectrofotómetro de Absorción Atómica (Perkin Elmer)

El trabajo se realizó en las siguientes etapas:

- \* Elección, caracterización y controles de las materias primas
- \* Ensayos preliminares
- \* Elaboración de los espaguetis
- \* Evaluación sensorial
- \* Optimización de la formulación a elaborar
- \* Controles físicos, químicos y microbiológicos del producto optimizado

### Caracterización y controles de las materias primas:

Se realizaron los siguientes análisis físicos y químicos en triplicado a la sémola especial A y a la harina de salvado de lupino dulce:

**Sémola especial A:** Humedad, granulometría, aspecto y color (inspección visual), gluten, cenizas, acidez (29), fibra dietética (30).

**Harina de salvado de lupino dulce (HSL):** Humedad, extracto etéreo, proteínas, cenizas, fibra dietética (30).

Tanto en ambas materias primas como en el producto optimizado, se realizaron los siguientes controles y recuentos microbiológicos: Recuento total de gérmenes aerobios mesófilos viables, de hongos, levaduras de coliformes totales, *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus* (31).

**Vitaminas y minerales:** Las vitaminas tienen calidad certificada (Roche S.A. División Vitaminas, Chile). Se adicionaron en una premezcla, calculada para que 100g de espaguetis secos tuvieran un 30% del IDR para el adulto mayor. En la Tabla 1 se presenta la composición de la premezcla usada.

Los minerales son calidad pro análisis; la procedencia de las sales empleadas se señala al inicio de esta sección. En la adición de minerales, para hierro y zinc también se consideró un 30% del IDR para adultos mayores. Para el calcio, en cambio, se consideró el 30 % del IDR para 150 g de espaguetis secos, debido a los problemas de solubilidad del fosfato dibásico de calcio elegido. En la Tabla 1 se presenta la composición de esta premezcla.

TABLA 1  
 Vitaminas y minerales adicionadas a la formulación optimizada de espaguetis

Vitaminas	RDA (51 años y más)	mg /100 g materias primas*	Forma comercial	Actividad	mg /100 g formulación adicionados
A	3.333 UI**	500 UI**	Vit. A Palmitato 250 CWS***	250 UI/mg	6.89
D	200 UI**	-	Vit. D <sub>3</sub> 100 CWS***	100 UI/mg	1.33
E	15 UI**	2UI**	Vit. E 50 % CWS***	50%	9.01
B <sub>12</sub>	2.0 mcg	-	Vit. B <sub>12</sub> 0.1 %	0.10%	0.87
Ac. fólico	200 mcg	26 mcg	Ácido fólico	90%	0.07
B <sub>2</sub>	1.4 mg	0.3	Riboflavina	100%	0.33
Hierro	10 mg	3	Sulfato ferroso	31.6 %	1.05
Calcio	800 mg	58	Fosfato de calcio dibásico	30 %	400
Zinc	15 mg	0.70	Sulfato de zinc monohidratado	35.3 %	12.18

\* aporte natural de las materias primas

\*\* UI Unidades Internacionales

\*\*\* CWS hidrosoluble

**Gluten:** Corresponde a un producto comercial denominado "gluten Vital de trigo 75%" (Granotec), de calidad aprobada para alimentos (32). Posee un buen grado de hidratación (150 a 200% de su peso) y coagula a 85°C, favoreciendo la estructura.

**Ensayos preliminares:** Se realizaron ensayos preliminares con el fin de estandarizar las variables de elaboración de los espaguetis: proporción de agua, tiempos de humectación y homogeneización, temperatura, etc. para uniformar el manejo de la masa en el equipo piloto de elaboración.

**Elaboración de los espaguetis:** Las diferentes formulaciones desarrolladas durante el estudio, se elaboraron en la industria Lucchetti S.A. (Región Metropolitana, Santiago, Chile) usando un equipo piloto para elaborar pastas. Las diferentes etapas del proceso de elaboración empleado, fueron: El pesaje se realizó en balanza de granatario (Sartorius, capacidad 3 kg). La homogeneización se hizo por mezclado para lograr una distribución uniforme de los componentes. Las vitaminas y minerales se adicionaron gradualmente a la sémola del producto ya optimizado. Posteriormente se mezcló durante 5 minutos en la cámara mezcladora del extrusor. La humectación hasta 33% de humedad, se realizó añadiendo el agua lentamente (15 minutos) para formar una masa húmeda y homogénea, cuidando de dosificarla correctamente para evitar que los espaguetis se adhieran entre sí o a la máquina, se rompan o queden con manchas blancas. El amasado y la extrusión se llevaron a cabo según las operaciones establecidas en la Industria, empleando un cilindro con espiral que hace ambas

operaciones, al vacío, evitando así la presencia de zonas opacas, más débiles, en el producto final y a la vez controlando la acción de la lipogenasa que decolora los carotenoides del trigo, lo que produce la aparición de vetas en el producto final. El secado se realizó sobre varillas de aluminio, en túnel de aire forzado, con registro constante de la temperatura. Esta etapa se realizó en tres tiempos: (I) presecado, con temperaturas desde 41,9°C hasta 72,2°C, la humedad bajó hasta un 22% (II) fue el más largo, ya que se consolidó el secado, pasando por temperaturas desde 76,5°C hasta 88,6°C durante 5 a 6 horas. El producto alcanzó un 12% de humedad o menos. (III) El producto pasó por una zona donde la temperatura fue cada vez más baja, hasta llegar a 33°C aproximadamente. Este es un proceso continuo que tarda entre 6 y 7 horas, en el cual se lleva un registro automático de la temperatura. El envasado se realizó manualmente en bolsas de polietileno y papel opaco, para prevenir las pérdidas posibles de vitaminas (33), a 20-25°C y 55- 60% de humedad relativa.

**Evaluación sensorial:** Simultáneamente se realizó el entrenamiento de los panelistas que evaluarían la calidad de los espaguetis durante la optimización de la formulación. El panel estuvo constituido por 10 jueces de 20 a 55 años de edad, de ambos sexos, entrenados en otros tipos de alimentos y que recibieron un entrenamiento adicional para evaluar calidad de espaguetis. Para tal efecto, se programaron 10 sesiones de evaluación de diferentes tipos de espaguetis comerciales y también productos de los 6 ensayos preliminares de este estudio, que presentaban diferentes defectos, y que fueron sometidos a distintos tiempos de cocción. Se obtuvo así una variada gama de defectos posibles.

Se aplicó el test general de Karlsruhe (34) evaluando en panel abierto los parámetros color, apariencia y forma en espaguetis sin cocer y estos mismos parámetros más sabor, olor y textura en espaguetis cocidos. La cocción se realizó en proporción 1:10 de agua a 98°C, adicionada de 6% de aceite de maíz y 6% de sal común, durante 12 minutos, luego se escurrieron y sirvieron calientes en platillos codificados. Con los mismos panelistas se definieron los descriptores de los parámetros de calidad que mejor definen la calidad organoléptica del producto, en escala de 1 a 9.

El entrenamiento permitió unificar criterios en el significado de cada uno de los descriptores usados en los tests y elaborar la escala de Karlsruhe para espaguetis (Tabla 2). La calidad total de los espaguetis corresponde a la sumatoria del valor promedio ponderado del parámetro (34), de acuerdo a la fórmula

$$\text{calidad total} = 0,15 \text{ apariencia} + 0,10 \text{ color} + 0,05 \text{ olor} + 0,10 \text{ forma} + 0,30 \text{ sabor} + 0,30 \text{ textura}$$

TABLA 2  
Tabla de Karlsruhe para espaguetis con fibra de lupino

Características	Calidad Grado 1: Características Típicas			Calidad Grado 2: Deterioro Tolerable			Calidad Grado 3: Deterioro Indeseable		
	Excelente 9	Muy Buena 8	Buena 7	Satisfactoria 6	Regular 5	Suficiente 4	Defectuosa 3	Mala 2	Muy Mala 1
Apariencia	Muy uniforme y regular en todas las unidades. Partículas muy uniformes. Pecas/puntos apenas perceptibles.	Uniforme. Homogéneo. Partículas uniformes. Algunos puntos/pecas finos.	Aún uniforme. Escasas pecas/puntos finos. Partículas aún uniformes.	Algo desuniforme. Pecas/puntos claramente perceptibles.	Desuniforme. Abundante presencia de pecas/puntos. Levemente heterogénea.	Muy desuniforme. Marcada presencia de pecas/puntos. Algo heterogénea.	Deformaciones marcadas. Pecas/puntos grandes y abundantes. Heterogénea.	Deformaciones muy marcadas. Pecas/puntos muy abundantes y grandes. Muy heterogénea.	Excesivas deformaciones. Excesivas pecas/puntos.
Aroma	Muy típico, suave a fibra. Equilibrado.	Típico, suave a fibra. Equilibrado.	Aún típico, suave a fibra. Aún equilibrado.	Leve aroma a crudo (harina). Moderado a fibra.	Moderado a crudo. Marcado a fibra.	Aroma a crudo aún tolerable. Excesivo a fibra.	Presencia acentuada de aroma a crudo. Muy excesivo a fibra.	Presencia de aromas extraños.	Presencia intolerable de aroma extraño. Repugnante.
Color	Beige-amarillo muy típico. Muy uniforme. Brillo muy natural.	Beige-amarillo típico. Uniforme. Brillo natural.	Beige-amarillo aún típico. Ligeramente oscuro. Aún brillante.	Beige-amarillo algo oscuro. Algo opaco. Algo disparejo.	Beige-amarillo oscuro. Opaco.	Beige-amarillo muy oscuro. Muy opaco. Algo desuniforme.	Café oscuro. Atípico. Desuniforme.	Café muy oscuro. Muy atípico. Muy desuniforme.	Color muy alterado. Marcadamente desuniforme.
Forma	Unidades muy bien formadas. Muy bien diferenciadas.	Unidades bien diferenciadas. Bien formadas.	Unidades aún formadas. Separadas.	Algunas unidades ligeramente pegoteadas.	Algunas unidades algo pegoteadas. Difícil de separarlas.	Unidades pegoteadas. Adhesivas.	Unidades muy pegoteadas. No se separan (en bloque).	Las unidades no se diferencian. Aspecto masa. Algo amorfo.	Las unidades no se distinguen. Amorfo.
Sabor	Muy característico. Sabor muy típico, suave a fibra. Equilibrado.	Característico. Sabor típico, suave a fibra. Equilibrado.	Aún característico. Aún típico, suave a fibra. Aún equilibrado.	Leve sabor a crudo (harina). Moderado sabor a fibra.	Moderado sabor a crudo (harina). Marcado sabor a fibra.	Sabor a crudo aún tolerable. Excesivo sabor a fibra.	Presencia acentuada de sabor a crudo. Sabor a fibra muy excesivo.	Presencia de sabor extraño. Incomible.	Presencia intolerable de sabor extraño. Repugnante.
Textura	Firme. Adhesividad característica. Masticabilidad óptima. Muy levemente áspera.	Aún firme. Ligeramente adhesiva. Masticabilidad muy buena. Levemente áspera.	Algo duro o blando. Buena adhesividad y masticabilidad. Algo áspera.	Duro o blando. Falta de cohesividad, la masa no se integra al masticar. Algo pegajosa. Áspera.	Muy duro o muy blando. Al masticarse separan los trozos no integrados. Sin cohesividad. Pegajoso. Muy áspero.	Textura alterada pero aún aceptable. Muy adhesivo. Muy pegajoso. Extremadamente áspero.	Demasiado blando. Pastosos. Deshechos.	Muy pastosos. Muy pegajosos.	Demasiado pegajosos. Repugnante. Muy pastoso.

**Optimización de la formulación.** De acuerdo al diseño experimental proporcionado por la metodología de superficie de respuesta (MSR) (35,36) se elaboraron formulaciones con concentraciones entre 7,14 y 14,29% de HSL y entre 0,10 y 2,0% de gluten. La formulación seleccionada fue enriquecida con vitaminas y minerales, se consideraron las recomendaciones del NRC (1989) que señala que las pastas secas se enriquecen con un 25-30% de la ingesta diaria recomendada (IDR) por porción (100-150g). Se consideró además un 10% de sobredosificación para contrarrestar las posibles pérdidas durante el proceso de elaboración, eligiéndose el proceso de secado continuo, ya descrito, y cumplir así con los niveles establecidos (37-40). Las vitaminas y minerales se adicionaron en estado sólido al producto optimizado, antes de elaborar la masa, por ser ésta la forma habitual en que se agregan en la industria molinera.

**Diseño experimental:** Se eligió el diseño  $2^3$  que corresponde a un diseño compuesto central bidimensional rotacional con dos variables,  $x_1$  y  $x_2$  a 3 niveles. Las variables independientes fueron gluten y HSL. La variable dependiente corresponde a la calidad sensorial, determinada con el panel entrenado empleando el test de Karlsruhe y la escala de 1 a 9.

El número de formulaciones elaboradas según este diseño correspondió a 13. Se usó una tabla de números aleatorios para definir el orden en que se presentaron las formulaciones al panel.

La matriz del diseño experimental empleado se presenta en la Tabla 3.

TABLA 3  
Diseño experimental central compuesto rotacional

Número de ensayo	Variables codificadas		Variables naturales	
	$X_1$	$X_2$	HSL	Gluten vital
1	-1	-1	8.18	0.38
2	1	-1	13.25	0.38
3	-1	1	8.18	1.72
4	1	1	13.25	1.72
5	-1.414	0	7.14	1.05
6	1.414	0	14.29	1.05
7	0	-1.414	10.72	0.10
8	0	1.414	10.72	2.00
9	0	0	10.72	1.05
10	0	0	10.72	1.05
11	0	0	10.72	1.05
12	0	0	10.72	1.05
13	0	0	10.72	1.05

La ecuación que representa este modelo es un polinomio de segundo orden:

$$Y = B_0 + B_1 X_1 + B_2 X_2 + B_{1,1} (X_1)^2 + B_{2,2} (X_2)^2 + B_{1,2} X_1 X_2$$

donde  $B_1$ ,  $B_2$ ,  $B_{1,1}$ ,  $B_{2,2}$ ,  $B_{1,2}$  corresponden a los coeficientes de regresión cuyos valores fueron determinados usando el programa Statgraphics plus versión 2,0 (Manugistics, Inc.). Se seleccionaron los de mayor significación (prueba de Fisher) y construyeron los gráficos de MRS y de contorno (41).

**Controles físicos, químicos y microbiológicos del producto optimizado:** Se determinó humedad (30), actividad de agua, proteínas por método de Kjeldahl (30), lípidos (30), cenizas totales por calcinación a 500°C (30), vitaminas A,  $B_{12}$ , E y D por cromatografía líquida de alta presión, calcio, hierro y zinc por espectrofotometría de absorción atómica (30) y fibra dietética total, soluble e insoluble, por método enzimático de (42). Se realizaron recuentos de aerobios mesófilos totales (31), de hongos y levaduras (31), de coliformes totales (31), de *Escherichia coli* (31) y de *Staphylococcus aureus* (31), considerando los criterios del Reglamento Sanitario de Alimentos (43).

## RESULTADOS Y DISCUSION

**Caracterización y controles de las materias primas:** Los resultados de los controles realizados a los dos principales componentes de la formulación, sémola y harina de salvado de lupino, se presentan en las Tablas 4 y 5, respectivamente.

TABLA 4  
Análisis físicos, químicos y microbiológicos de la sémola especial A

Análisis Físicos	Resultados*
Granulometría	70% bajo 300 micrones
Color	amarillo ámbar claro
<b>Análisis Químicos (g/100g)</b>	<b>X ± DE</b>
Humedad	12.0 ± 1,06
Gluten (seco)	9.0 ± 1,73
Cenizas totales	0.75 ± 0,98
Acidez (en H <sub>2</sub> )	0.25 ± 0,56
Fibra dietética total (base húmeda)	2.41 ± 0,19
Fibra dietética total (base seca)	2.84 ± 0,17
<b>Análisis microbiológico (ufc/g)</b>	
Recuento total de aerobios mesófilos	500
Hongos y levaduras	<10
Coliformes totales	<10
<i>Escherichia coli</i>	<10
<i>Staphylococcus aureus coagulasa (+)</i>	<10

\*resultados promedio de 3 repeticiones

**TABLA 5**  
Análisis físicos, químicos y microbiológicos de la harina de salvado de lupino dulce

Análisis Químicos (g/100g)	Resultados* X ± DE
Humedad	7.6 ± 0.99
Extracto etéreo	0.6 ± 1.53
Proteínas	3.6 ± 1.48
Cenizas	2.1 ± 0.75
Fibra dietética total (base húmeda)	84.0 ± 1.97
Fibra dietética total (base seca)	91.3 ± 1.99
Fibra dietética insoluble (base húmeda)	79.5 ± 2.21**
Fibra dietética soluble (base húmeda)	4.5 ± 1.91**
<b>Análisis microbiológico (ufc/g)</b>	
Recuento total de aerobios mesófilos	220
Hongos y levaduras	<10
Coliformes totales	<10
<i>Eschenchia coli (ufc/g)</i>	<10
<i>Staphylococcus aureus coagulasa +</i>	<10

\* resultados promedio de 3 repeticiones \*\*Pak (44)

**Elaboración del producto:** Al adicionar HSL a la formulación tradicional de espaguetis, las características de la masa se modificaron, por lo que fue necesario adicionar gluten de trigo, cuya concentración constituyó una de las variables independientes de este estudio.

**Optimización del producto:** Los valores  $\alpha$  de la variable independiente HSL se determinaron en forma práctica, elaborando formulaciones con diferentes contenidos de HSL.

En la Tabla 4 se presentan las concentraciones de HSL y de gluten calculadas para cada variable codificada.

Los resultados de las variables dependientes determinados con el test de calidad por parámetro de 9 puntos de Karlsruhe se presentan en la Tabla 6.

Al realizar el análisis de regresión para la variable respuesta, fueron color y textura las que alcanzaron los mayores coeficientes de determinación. En la Tabla 7 se presentan los coeficientes de determinación ( $R^2$ ), los niveles de significación del análisis de varianza (p) y el estadígrafo de Durbin-Watson para estos parámetros.

**TABLA 6**  
Resultados de las variables respuesta utilizando el método de Karlsruhe.

Variable independiente (%)	Puntajes de las variables dependientes*							
	HSL	gluten vital	Apariencia X ± DE	Aroma X ± DE	Color X ± DE	Forma X ± DE	Sabor X ± DE	Textura X ± DE
10.72	1.05	7.72±0.83	7.56±0.51	7.44±0.77	8.11±0.54	7.33±0.63	7.56±1.03	7.56±0.97
10.72	1.05	7.00±0.79	7.33±0.32	7.22±0.64	8.11±0.09	6.89±0.75	7.33±0.88	7.22±1.21
8.18	0.38	7.33±0.76	7.78±0.34	7.89±0.63	7.4±0.25	7.89±0.81	7.44±0.85	7.62±1.09
7.14	1.05	8.61±0.77	8.44±0.41	8.39±0.73	8.39±0.39	8.11±0.59	8.00±1.09	8.23±1.13
14.29	1.05	7.11±0.81	7.22±0.30	6.89±0.69	8.00±0.09	7.11±0.48	7.17±1.25	7.20±1.05
10.72	1.05	8.11±0.53	7.78±0.23	7.72±0.85	8.11±0.19	7.78±0.51	7.78±0.96	7.86±0.95
10.72	0.10	8.11±0.41	8.11±0.29	7.89±0.71	8.22±0.24	7.89±0.62	7.50±0.89	7.85±1.21
10.72	1.05	7.78±0.38	8.00±0.31	7.72±0.48	8.00±0.31	7.78±0.70	7.56±1.00	7.74±1.06
13.25	1.72	7.56±0.62	7.56±0.47	7.56±0.68	7.78±0.29	7.67±0.57	7.33±0.85	7.54±1.58
13.25	0.38	7.78±0.51	7.56±0.45	7.39±0.49	7.83±0.23	7.67±0.47	6.83±0.78	7.42±1.78
8.18	1.72	8.11±0.78	8.00±0.51	8.17±0.58	8.33±0.27	7.78±0.67	7.90±0.69	7.98±1.64
10.72	2.00	8.06±0.81	7.72±0.47	7.78±0.49	8.44±0.16	7.56±0.39	7.33±0.74	7.68±0.79
10.72	1.05	7.89±0.64	7.67±0.39	7.78±0.65	8.00±0.17	7.44±0.51	7.39±0.83	7.59±1.04

\*Valores promedio del panel (n=10)

TABLA 7  
Análisis de regresión de los puntajes para color y textura

Variabes dependientes	R <sup>2</sup> ajustado por g. de l. (%)	p	Estadígrafo Durbin Watson
Color	72.839	0.0006	2.22
Textura	60.920	0.009	2.12

Para ambos parámetros, la relación entre las variables es estadísticamente significativa (p < 0,01). De acuerdo con los valores de R<sup>2</sup> ajustados (lo cual es más útil para comparar modelos, con diferentes variables independientes) los modelos, representados por las ecuaciones (1) y (2), explican el 72,83% de la variabilidad del color y el 60,92% de la variabilidad de la textura, respectivamente.

Tanto para color como para textura, el estadígrafo de Durbin.Watson, que determina si existe alguna correlación significativa de los residuos basado en el orden en el cual se encuentran los datos, es mayor que 1,4 lo que indica que no existe autocorrelación entre los residuos.

Las ecuaciones ajustadas para textura y color fueron:

$$(1) \text{ textura} = 7,52348 + 0,294225 \times \text{HSL} + 00899483 \times \text{gluten} - 0,08566527 \times \text{gluten}^2$$

$$(2) \text{ color} = 7,5421 - 0,403915 \times \text{HSL} + 0,1677 \times \text{gluten}^2$$

Como puede observarse, el puntaje para textura aumenta al disminuir los niveles de HSL y al aumentar los niveles de gluten (Figura 1). Los puntajes mayores de textura corresponden a 8,0 y a 7,9 con niveles de HSL que van desde (-1,2) hasta (-1,6) y de gluten desde (-0,6) hasta (-1,2) (Figura 2). Se eligió un nivel medio para gluten (0) ya que incrementos mayores de gluten no tuvieron un efecto significativo sobre la textura. Para HSL se decidió utilizar el nivel (-1,414) con el que se obtuvo un puntaje de 7,94.

FIGURA 1  
Superficie de respuesta para textura

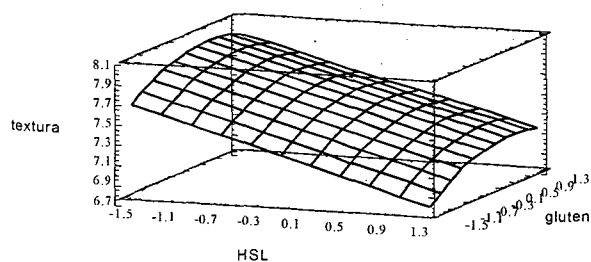
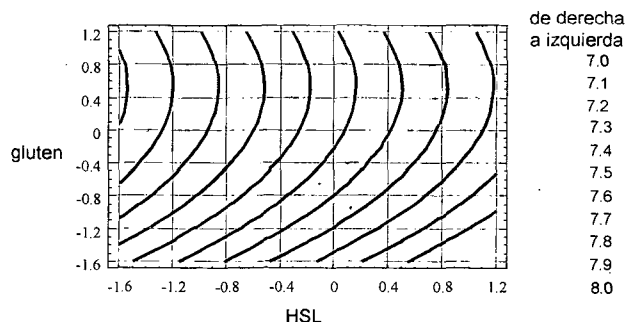


FIGURA 2  
Gráfico de contorno para textura



El comportamiento del color es similar con respecto a la HSL; sin embargo, con respecto al gluten es diferente, ya que el puntaje de color incrementa tanto al aumentar como al disminuir los niveles de gluten (Figura 3). Sin embargo, el rango de incremento es mínimo (Figura 4) y no es estadísticamente significativo. Al sustituir los valores de las variables codificadas seleccionadas (-1,414 para HSL y 0 para gluten) en las ecuaciones ajustadas para textura y color, se obtuvieron puntajes de 7,94 y 8,11 para estos parámetros, respectivamente, lo cual califican al producto, según la escala de Karlsruhe empleada, como muy bueno. Los valores reales de las variables codificadas seleccionadas, corresponden a 7,14% de HSL y a 1,05% de gluten Vital.

FIGURA 3  
Superficie de respuesta para color

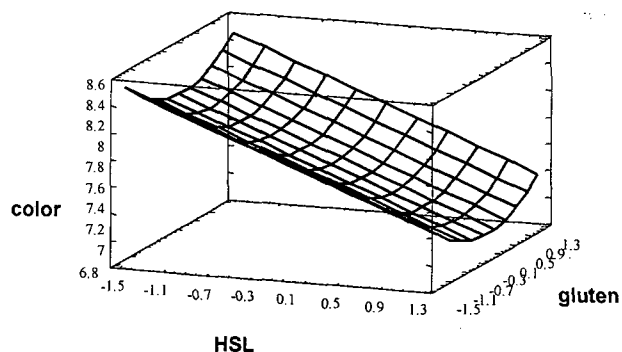
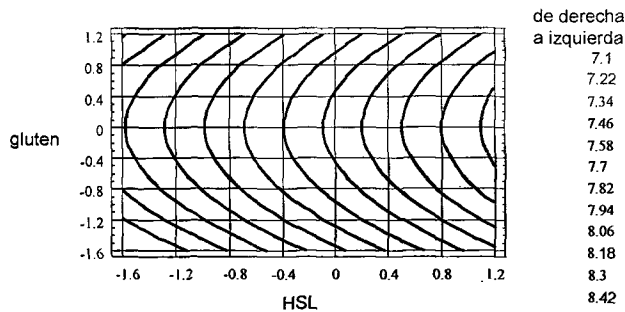


FIGURA 4  
Gráfico de contorno para color



La fórmula del producto final se presenta en la Tabla 8 y los análisis físicos, químicos y microbiológicos en la Tabla 9. Se observa que el producto contiene un 11,05 g/100g de fibra dietética total (base húmeda), con una relación de fibra soluble: fibra insoluble de 1:4,5. Esta fibra dietética sería aportada tanto por la HSL (8,56 g/100g en base seca) como por la sémola de la formulación (1,61 g/100 g en base seca). La fibra dietética de la HSL proporciona 8,10 g/100 g de fibra insoluble (base seca) y 0,46 g/100g de fibra soluble (base seca)(43), en tanto la sémola aporta 0,96 g/100g de fibra insoluble y 0,71g/100g de fibra soluble, ambas en base seca.

TABLA 8  
Formulación optimizada de espaguetis

Materias primas	Formulación (%)
Sémola especial A	66.66
Harina de salvado de lupino dulce	10.71
Gluten Vital	1.05
Premix vitaminas	0.019
Premix minerales	0.413
Agua	21.14

Si consideramos que en un tiempo de comida se consumen alrededor de 50-70 g por preparación culinaria, el aporte de fibra sería de 5,5-7,7 g de fibra dietética, la que representa aproximadamente un 30% del consumo diario, ya que en los otros tiempos de comida se estaría ingiriendo el resto de fibra dietética. Al entregar cantidades mayores de fibra, éstas no fueron bien toleradas, especialmente por saciedad y hábitos alimentarios arraigados (45,46).

Respecto al aporte de vitaminas se observa que los niveles quedaron entre el 9 y 15% del nivel preestablecido, lo que podría deberse al efecto térmico del proceso. Sin embargo, los valores alcanzados se encuentran dentro de los niveles señalados para pastas por la FDA (31). La vitamina D no fue detectada, esto podría deberse a que la sobredosificación usada

no fue suficiente para contrarrestar las pérdidas por efecto del proceso de elaboración o a una deficiente homogeneización en la masa del producto la que es resultante de la forma cristalina empleada y a que el premix fue adicionado en forma manual. Al trabajar a escala industrial la adición de ambas premezclas puede mejorarse empleando un dosificador volumétrico y estableciendo la velocidad y tiempo de mezclado según el tamaño de partícula.

TABLA 9  
Controles físicos, químicos y microbiológicos de la formulación optimizada de espaguetis

Análisis físicos	Resultados*
Actividad de agua	0.445
<b>Análisis químicos (g/100g)</b>	<b>X ± DE</b>
Proteína (N x 6,25)	9.8 ± 1.07
Lípidos	2.9 ± 0.99
Cenizas totales	1.4 ± 0.32
Fibra dietética total	11.05 ± 1.03
Fibra dietética soluble	2.04 ± 0.88
Fibra dietética insoluble	9.01 ± 0.57
Humedad	11.45 ± 1.01
Extracto no nitrogenado (calculado)	63.40 ± 1.89
Vitamina A UI/100g	984 ± 3.87
Vitamina E UI/100g	4.52 ± 1.38
Vitamina D UI/100g	no detectada
Vitamina B <sub>2</sub> mg/100g	0.38 ± 0.01
Calcio mg/100g	2.8 ± 2.56
Hierro mg/100g	3.16 ± 0.55
Zinc mg/100g	4.8 ± 0.68
<b>Controles microbiológicos (ufc/g)</b>	
Recuento total de aerobios mesófilos	100
Recuento de hongos y levaduras	<10
Recuento de Coliformes totales	<10
Recuento de <i>Escherichia coli</i>	<10
<i>Staphylococcus aureus</i> coagulasa +	<10

\*resultados promedio de 3 repeticiones

Los minerales hierro y zinc están entre 4 y 5% por debajo de las cifras especificadas en el diseño del producto. El calcio al contrario tiene un 4% de exceso del valor especificado inicialmente, el que podría provenir de las materias primas.

## CONCLUSIONES

Es posible elaborar espaguetis con un contenido de fibra dietética de 11,05 g/100 g y una relación de fibra soluble: fibra insoluble de 1:4,5.

Este nivel de fibra corresponde a una ingesta 7,7g por ración, la que sumada con otros alimentos de consumo permite alcanzar valores promedio de hasta 20 g.

El producto elegido constituye un buen vehículo para aumentar el consumo de fibra dietética del adulto mayor, por ser un alimento de uso frecuente en su alimentación, de preparación simple y de fácil consumo.

El producto fue enriquecido con 984 UI/100g de vitamina A, 4.52 UI/100g de vitamina E, 0.38 mg/ 100g de vitamina B2, ácido fólico y vitamina D3, valores que corresponden entre el 25 y el 30% del IDR para adultos mayores de 51 años.

El enriquecimiento con minerales señala que el producto aporta 2.8 mg/ 100g de calcio, 3,16 mg/100g de hierro y 4,8 mg/100g de zinc, valores que corresponden aproximadamente al 25-33% del IDR para adultos mayores de 51 años.

La metodología de Superficie de Respuesta es una herramienta eficaz en la optimización de formulaciones, que permite ahorrar tiempo y dinero al reducir el número de experiencias a realizar. Además esta metodología potencia los resultados de la evaluación sensorial, haciéndolos más robustos y confiables.

#### AGRADECIMIENTOS

Deseamos expresar nuestros agradecimientos a FONDECYT por haber financiado este trabajo, a través del Proyecto 1950 481.

Vayan nuestros especiales agradecimientos a la Firma Lucchetti S.A. y al Sr. Oscar Vega por su valiosa cooperación.

#### REFERENCIAS

1. OPS/OMS. Organización Panamericana de la Salud. Oficina Sanitaria Panamericana El adulto mayor en América latina. Sus necesidades y sus problemas médicos sociales, 1995, 15-31
2. Cariaga L, Soto D. Aspectos nutricionales de los adultos mayores. Rev. Iberoamer. Geriátría y Gerontología. Geriátrika. Edición Española 1994;19:9, 51-56.
3. Schnelmann BO. Dietary fiber; physical and chemical properties, methods of analysis and physiological effects. Food Technol., 1986;104-110.
4. Anderson JW. Fiber and health: An overview. Am.J.Gastroent. 1986;81:10, 892-687.
5. Jenkins DJA, Wolever TNS, Jenkins AL. Diet factors affecting nutrient absorption and metabolism. In: Modern nutrition in health and disease. Ed. Shil JM, Olson JO, Shike M, 1994; 583-602.
6. Jenkins DJA. Health benefits of complex carbohydrates and fiber In: Nutrition in the '90. Current controversies and analysis. Vol.2. De. Kotsonis FH and Mackey AM. Marcel Dekker Inc, 1994;15-24.
7. Frohlich W. Bioavailability of micronutrients in a fiber-rich, specially related to minerals. Eur J Clin Nutr. 1995;49 :3, 116-122.
8. Cherbut C, Barry JL, Lairon D, Durand M. Dietary fibre. Mechanism of action in human physiology and metabolism. París, Francia, 1993.
9. Dreher ML. Food industry perspective: Functional properties and food uses of dietary fibre. En: Dietary fibre in health and disease. Ed Kritchevsky D y Bonfield C. USA, 1995.
10. Mac Ruth PK. Fietary Fiber J. Lipid Research 1982;23, 221-242.
11. Ballester D, Carreño P, Urrutia X, Yañez E. Chemical composition and nutritional quality of sugar cookies containing full-fat sweet lupin flour (L. albus cv. Multolupa). J Food Sci. 1986;51:3.
12. Egaña JI, Uauy R. Sweet lupin protein quality in young men. Human and Clin Nutr. 1992;2341-2347.
13. Feldheim W. Use of lupin as source of lipid and dietary fiber. VI International Lupin Conference. International Lupin Association. Pucón, Chile, 1990.
14. Evans AJ, Cheung P, Cheetham NWH. An evaluation of dietary fiber from lupinus angustifolius. VI International Lupin Conference. International Lupin Association. Pucón, Chile, 1990.
15. Kyle WSA. The current and potential uses of lupin for human foods. Proc.First Australian Lupin Technical Symposium. Perth, Australia, 1994, 89-97.
16. Ballester D. Nueva fuente potencial de fibra dietaria: salvado de lupino (L. albus cv. Multolupa) Rev Clin Nutr. 1987;15 :2,101-105.
17. Wittig de Penna E, Carreño P, Urrutia X, López L, Ballester D. Sensory evaluation and acceptability of cookies enriched with sweet lupin flour (L.albus cv. Multolupa). J.Food Sci. 1987;52 :5, 1434-1435.
18. Villarreal M, Biolley E, Larenas G, Wittig E, Díaz V, Muñoz Y. Caracterización química, sensorial y clínica de mermelada de lupino. Arch Latinoam Nutr. 1990;46:3, 234-237.
19. Catricheo R, Sánchez F, Aguayo M, Ballester D, Yañez E. Desarrollo y evaluación química y nutricional de un alimento infantil a base de lupino dulce, trigo y leche. Arch Latinoam Nutr. 1989;52 :5, 1434-1435.
20. Gardiman G, Ballester D. Fideos enriquecidos con harina de lupino dulce (L. albus cv. Multolupa) I. Aspectos reológicos y nutricionales. Rev Chil Nutr. 1984;12:2, 91-96.
21. Topp O, Wittig de Penna E, Bunger A, Soto D, Cariaga L, Cornejo E, Fuenzalida R. Desarrollo de alimentos para el adulto mayor. Pan fortificado. Alimentos 1994;19:2, 18-27.
22. Bunger A, Wittig E, Silva P, Soto D, Hernández N. Development of cookies with lupin fiber for the elderly. Eight International Lupin Conference.: Looking toward the 21<sup>st</sup> century. Monterrey. California, USA, 1996.
23. Ramos A. Desarrollo de una galleta para senescentes, enriquecida con fibra dietaria, vitaminas y minerales. Tesis para optar al grado de Licenciado en Ingeniería en Alimentos. Universidad Austral de Chile, 1998.
24. Valencia P. Queques enriquecidos en fibra dietaria, vitaminas y minerales para el adulto mayor. Tesis para optar al título de Ingeniero en Alimentos. Universidad de Chile, 1996.
25. Avendaño P. Desarrollo de queques individuales con fibra dietaria, vitaminas y minerales para el adulto mayor. Tesis para optar al título de Ingeniero en Alimentos. Universidad

- de Chile, 1996.
26. Wittig de Penna E, Bungler A, Ibieta A, Soto D, Hernández N, López I. Desarrollo de alimentos para el adulto mayor. Muffins enriquecidos con fibra de lupino. Anales del I Congreso Iberoamericano de Ingeniería de Alimentos, Campinas Brasil. Tomo II. 1996, 562-574.
  27. von Baer K. Presentación de una bebida a base de VitaFiber con sabor a manzana. Seminario: Fibra y Salud. 11 Octubre, Santiago, Chile, 1997.
  28. Negrete M. Desarrollo de pan enriquecido con fibra para el adulto mayor. Tesis para optar al título de Ingeniero en Alimentos. Universidad de Chile, 1996.
  29. AACC, American Association of Cereal Chemists Approved methods. 7<sup>th</sup> edition, 1993.
  30. AOAC, Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists 15<sup>th</sup> edition, Washington DC, USA. 1990.
  31. FDA Food and Drug Administration Bacteriological Analytical Manual. 7<sup>th</sup> Edition, 1992.
  32. Ministerio de Salud, Chile. Resolución Nro. 1274, 29 Mayo 1997.
  33. Labuza T.P. Shelf-life of pasta products. En: Shelf-life of food. Food & Nutrition Press Inc. 1982, 119-148.
  34. Wittig de Penna E. Evaluación de la calidad mediante el test de valoración con escala de Karlsruhe. Alimentos 1981;6:1,25-31.
  35. Henika RG Use of response-surface methodology in sensory evaluation. Food Technol. 1982;36 :11,86-99.
  36. Giovanni M Response surface methodology and product optimization. Food Technol. 1983;37:11, 41-45, 83.
  37. Roche Vitaminas y carotenoides en pastas en general. Div. Vitaminas y Productos Químicos. Departamento de Nutrición y Salud, 1997.
  38. King J, de Pablo S. Pérdidas de vitaminas durante el procesamiento de alimentos, Rev Chil Nutr. 1987;14:3, 143-152.
  39. NRC (National Research Council) Recommended Dietary Allowances, 10<sup>th</sup> Edition. National Academic Press. Washington DC, USA, 1990.
  40. Staple. Food fortification. Nutriview 4, 1994.
  41. López Planes R. Diseño estadístico de experimentos. Edición conjunta Univ. Autónoma de Yucatán y Univ. de La Habana, 1994.
  42. Asp N, Johansson G, Hallmer H y Siljeström. Rapid enzymatic assay of insoluble and soluble dietary fiber. J Agric Food Chem.,31, 1983.
  43. Reglamento Sanitario de los Alimentos. Ministerio de Salud. Chile. 1996.
  44. Pak N. (resultados analíticos aun no publicados) Comunicación Personal. Centro de Nutrición, Facultad de Medicina. Universidad de Chile, 1999.
  45. Rojas E. La fibra dietética: aspectos médicos y terapéuticos. Rev. Esp. Nutr. Comunitaria 1995;1:4, 165-168.
  46. Soto D, Wittig E, Bungler A, Hernández N, Cariaga L, Gaete MC. Aceptabilidad y efectos de alimentos enriquecidos con fibra dietética en adultos mayores. Rev Chil Nutr. 1998;25:3, 30-38.

Recibido: 08-11-2000

Aceptado: 15-01-2002