



# alimenta

División Alimentos de megafarma® s.a. de c.v.



FIBRA SOLUBLE BENEOTM - INULINA, OLIGOFRUCTOSAS Y SYNERGY - 1®

ALMIDONES Y FECULAS MODIFICADAS DE ARROZ

PROBIÓTICOS ENCAPSULADOS

CONSERVADORES NATURALES Y QUIMICOS

EDULCORANTES TERMOESTABLES CITROSA®, SUCRALOSA, ACESULFAME

ESTABILIZANTES HIDROCOLOHIDES

EMULSIFICANTES PARA CARNICOS

*Nuevas  
Oportunidades y  
un Excelente  
Respaldo Técnico*



FIBRAS DE FRUTAS Y CEREALES

PREMEZCLAS VITAMINICAS

MINERALES SOLUBLES Y TERMOESTABLES

GRENETINA TIPO A Y B

EXTRACTOS HERBOLARIOS TE VERDE, MELISA, TILA, FITOSOMA®

ACIDULANTES Y ANTIOXIDANTES

SUSTITUTO DE COCOA

L- CARNITINA LIBRE DE D-CARNITINA

Productos



Narciso Mendoza 15  
Col. Manuel A. Camacho, C. P. 11610  
Del. Miguel Hidalgo, México D. F.  
Tels. +(5255) 5589 5144, 5589 5544,  
5589 3295  
Fax + (5255) 5294 4663, 5293 1184  
Email: ventasfood@mfalimenta.com

Volcán Vesubio 5379,  
Frac. El Colli, C. P. 45070,  
Zapopan, Jalisco  
Tel. + (0133) 3628 2813  
Fax + (0133) 3125 1892



Exquim, s. a.



# Proceso de Secado de Alimentos por Energía Ultrasónica

S. de la Fuente Blanco\*, E. Riera-Franco de Sarabia, V.M. Acosta-Aparicio, A. Blanco-Balncó, J.A. Gallego-Juárez

Los procesos de secado tradicionales pueden producir cambios estructurales indeseables en los productos y por ello en la actualidad se buscan tratamientos novedosos que preserven la calidad.



Foto: Canadian Horticultural Council

## Introducción

**E**n la actualidad, el consumo de alimentos deshidratados ha experimentado un aumento notable en la demanda. Los métodos de deshidratación convencional basados en el secado con aire caliente se han aplicado extensamente pero pueden deteriorar la calidad del producto final (1,2). De esta manera, se pueden producir los sabores no deseados de alimentos, los cambios de color, degradación de vitaminas y pérdida de aminoácidos esenciales. Científicos y centros de desarrollo de alimentos están buscando tecnologías emergentes de procesamiento que permitan la introducción de alimentos nuevos, más seguros, frescos y de mejor calidad, con una vida de anaquel más larga para mercados locales y para exportación.

Entre las nuevas tecnologías emergentes, la deshidratación ultrasónica es muy prometedora ya que los efectos del ultrasonido son más significativos a bajas temperaturas las cuales reducen la probabilidad de degradación de alimentos (3). Además, el ultrasonido permite la eliminación del contenido de humedad de los sólidos sin producir un cambio a fase líquida (4). Secar alimentos sensibles al calor por energía ultrasónica es un ejemplo del potencial que tiene el uso del ultrasonido en la industria de alimentos.

Cuando se dirige una onda ultrasónica de alta intensidad al material que se va a secar, ésta viaja a través de un medio sólido causando rápidamente una serie de compresiones y expansiones alternativas de una manera similar a una esponja cuando se exprime y se suelta repetidamente (efecto esponja). Las fuer-

zas involucradas por este mecanismo mecánico puede ser mayores que la tensión superficial la cual mantiene la humedad dentro de los capilares del material creando canales microscópicos que facilitan la eliminación de humedad. Además, el ultrasonido produce cavitación la cual puede ser benéfica para la eliminación de humedad muy adherida (5). Otros efectos a considerar son la variación de la viscosidad, tensión superficial y deformación del material sólido poroso (6). Éste último efecto es responsable de la creación de canales microscópicos, reduce la difusión de capa límite y aumenta la transferencia de masa convectiva en alimentos.

No obstante, no existe evidencia experimental para confirmar cuál de los mecanismos involucrados en el proceso de deshidratación ultrasónica es dominante. Esta es una de las principales razones por las que la optimización de esta nueva tecnología está en desarrollo. Por ello, se requiere un conocimiento más profundo sobre estos mecanismos básicos.

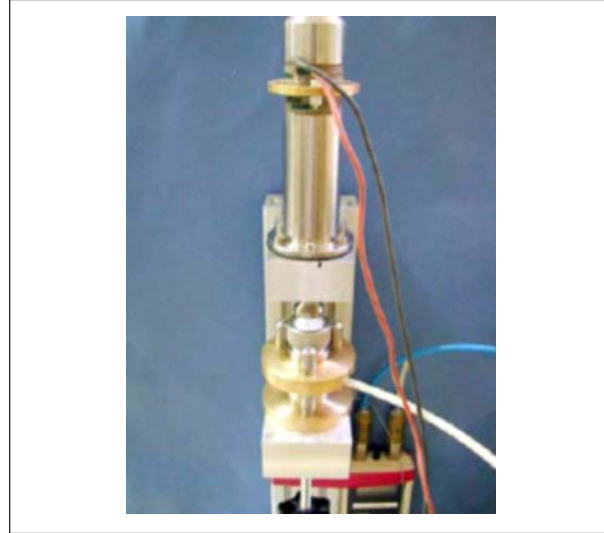
El propósito de este trabajo es el de presentar un prototipo de optimización de un sistema de deshidratación ultrasónica en contacto directo con una placa rectangular vibratoria. La placa se maneja por un vibrador de energía ultrasónica a 20 kHz para la aplicación y evaluación del proceso en una etapa pre-industrial.

Trabajos posteriores se ocuparán de la cuantificación del fenómeno físico principal involucrado en la extracción de humedad por ultrasonido a través de un medio sólido poroso. Este estudio contribuyó al mejoramiento de la calidad final de productos secos.

## Generalidades

Durante los últimos diez años, los autores han investigado la aplicación de energía ultrasónica en la deshidratación de alimentos. Los resultados obtenidos han validado el potencial del uso de vibraciones ultrasónicas, en contacto directo con muestras de alimentos, a nivel laboratorio (7). Sin embargo, para propósitos industriales, se requiere del desarrollo de un sistema de secado ultrasónico capaz de controlar los parámetros del proceso. Esto significa que se necesita: a) estudiar más a fondo el mecanismo físico involucrado en la eliminación de humedad de la parte interna de materiales porosos por ultrasonido; y b) desarrollar un experimento con prototipos pre-industriales de sistemas de deshidratación ultrasónica. La Figura 1 muestra una foto de una unidad de deshidratación ultrasónica desarrollada para el secado de una sola muestra.

Figura 1. Sistema de deshidratación ultrasónico experimental establecido para una sola muestra.



El sistema consiste básicamente en un transductor vibrador piezoeléctrico que trabaja a 20 kHz con una capacidad energética de 100W manejado por un sistema de generador de potencia. Los resultados experimentales obtenidos con este sistema han contribuido a determinar la influencia relativa de los parámetros físicos involucrados en el proceso (8) y, para evaluar el método

ultrasónico por medio de la determinación de la cinética de deshidratación del proceso para productos diferentes (9). De esta manera, el conocimiento científico alcanzado hasta ahora ha permitido establecer los puntos de partida necesarios para desarrollar un sistema de deshidratación para varias muestras en una etapa pre-industrial en el cual las muestras de alimentos

# Instapura



## Purificadores de agua por medio de luz ultravioleta

Calidad, Confianza, Garantía y Servicio

Equipos desde 4 hasta 1500 litros por minuto, además contamos con:

- Portacartuchos
  - Cartuchos Filtrantes
  - Lámparas Germicida
  - Filtros Multicapa
  - Filtros Carbón Activado
  - Suavizadores
  - Desmineralizadores
  - Osmosis Inversa
  - Generadores de Ozono
  - Plantas Embotelladoras
  - y mucho más...
- Somos Fabricantes

Tel: (777) 380-0791

Fax sin costo: 01800-202-3845

e-mail: info@instapura.com.mx

Subida a Chalma 2044, Lomas Tetela

62158, Cuernavaca, Mor. México

[www.instapura.com.mx](http://www.instapura.com.mx)



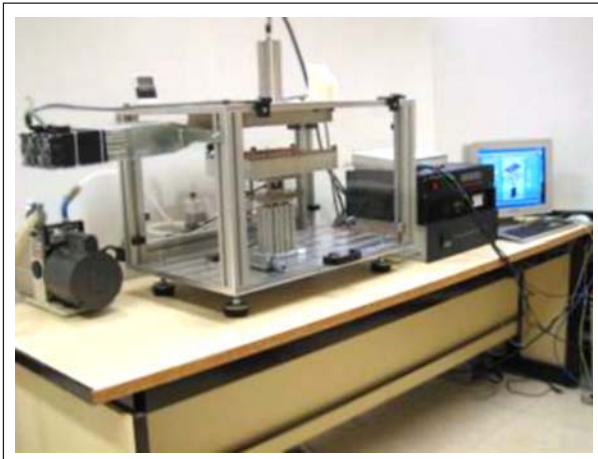
Estas son algunas compañías que han confiado la calidad de su agua en nuestros equipos:



Las razones sociales que aparecen son marcas registradas o nombres comerciales de sus respectivas compañías.

están en contacto directo con una placa rectangular vibratoria de un transductor. El sistema también consta de una unidad de presión estática y un dispositivo de vacío para obtener un tratamiento uniforme de las muestras Figura 2.

Figura 2. Proyecto básico de un sistema de deshidratación ultrasónica de contacto directo para varias muestras

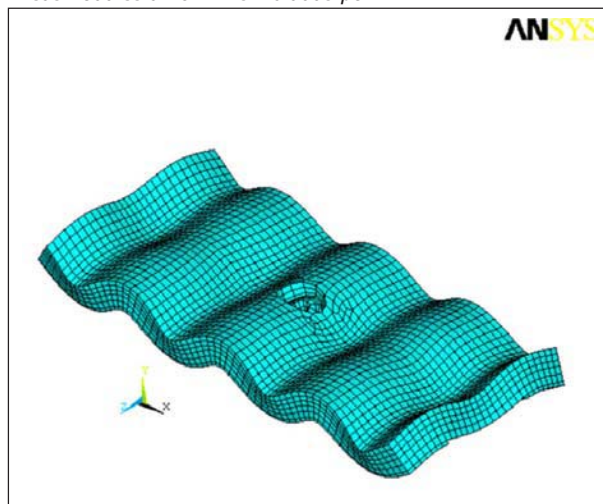


## Desarrollo Experimental

### Criterios de diseño de un transductor ultrasónico

Se diseñó y desarrolló para la generación y aplicación directa de vibraciones de alta amplitud ultrasónica a las muestras un generador de energía ultrasónica constituido por un transductor con una placa rectangular a flexión y una unidad electrónica para manejar el transductor. El transductor consiste en una placa rectangular extensa con un activador de vibraciones piezoeléctrica al centro. El vibrador extensional,

Figura 3. Modo vibratorio de la placa rectangular con ocho líneas nodales a 20 kHz simuladas por FEM



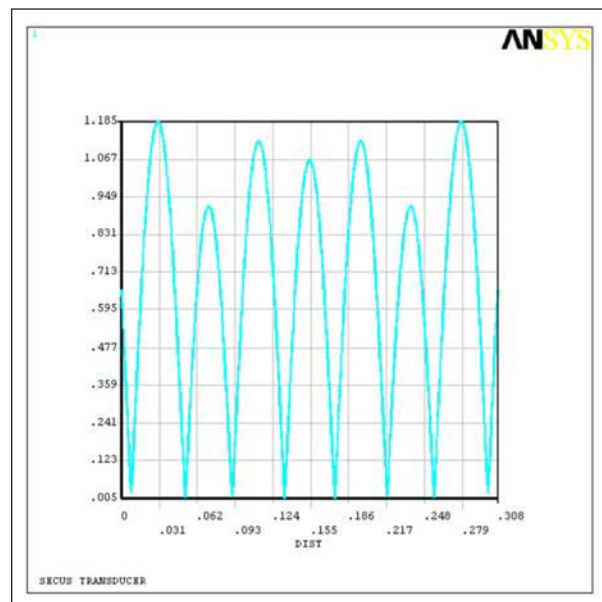
constituido por un sándwich piezoeléctrico y un amplificador mecánico, acciona la placa rectangular con deslizamiento por flexión en uno de sus modos. Para el diseño correcto del transductor, se realizó una simulación en 3D por medio del método de elementos finitos (FEM).

Se seleccionó una placa rectangular de 308 mm x 138.5 mm x 18.5 mm que vibre a 20 kHz con ocho líneas nodales paralelas al lado más corto (Fig 3). La cara posterior de la placa tiene una ranura en la sección central, paralela a su lado más largo, para homogenizar la amplitud de vibración en su superficie.

En el diseño, también se analizó por FEM la influencia de aplicar presión uniformemente en la superficie de la placa. No se detectó variación en el modo vibratorio de la placa cuando se aplicó presión estática homogéneamente a toda su superficie.

La Figura 4 muestra la amplitud de la vibración de la placa a través de su eje más largo (eje - YY' ).

Figura 4. Amplitud vibratoria de una placa rectangular a través de su eje más largo de suministro (YY' - axis) a 20 kHz simulado por FEM.



Con este sistema se realizó el procedimiento de deshidratación ultrasónica por contacto directo junto con la succión, flujo de aire a temperatura moderada y presión estática.

Por medio de este sistema es posible optimizar el estudio de los parámetros principales involucrados en el proceso de secado ultrasónico de frutas y vegetales.

### Descripción de un Sistema de Muestras Múltiple

El contacto directo del sistema de deshidratación ultrasónica con la placa rectangular vibratoria se presenta esquemáticamente en la Figura 5. El sistema está constituido por las siguientes partes: a) cámara de tratamiento, b) generador de energía ultrasónica, c) señales y acondicionador de energía, d) unidad de adquisición de datos y e) una PC para monitorear y controlar de parámetros del proceso.

El proceso de secado se lleva a cabo en la cámara de tratamiento. El transductor ultrasónico se localiza en la parte superior de la cámara. La succión se aplica en una cámara de vacío paralelepípedica, fijada paralelamente a la placa del transductor. Su superficie porosa superior actúa como una base de la muestra múltiple y también facilita la eliminación de la humedad extraída de la muestra. Se fijó un cilindro de presión neumáticamente controlado por un regulador en la base de la cámara de vacío lo que permitió la aplicación de una fuerza constante en la interface de las muestras del transductor. Un generador de aire forzado, con velocidad de flujo y temperatura controlados, aumentó la eliminación de la humedad interna la cual se expulsó a las superficies laterales de las muestras. La velocidad del aire se controló por

PWM ( Pulso de amplitud modulada por sus siglas en inglés) y se comapró con un anemómetro de alambre caliente con el fin de trabajar a una velocidad constante por una derivada-integral- proporcional (PID). La temperatura de las muestras medidas por termopares se registraron durante el proceso y se almacenaron en la PC.

El generador de energía ultrasónica accionado por el transductor ultrasónico está compuesto de una unidad de impedancia ajustada a un amplificador de energía y a un sistema de control de frecuencia resonante. Este sistema se desarrolló específicamente para mantener la aplicación de poder constante a la frecuencia resonante del transductor durante el proceso, independientemente de las variaciones de impedancia acústica de la carga. El generador ultrasónico tiene una capacidad máxima de poder de aproximadamente 250 W. Los diferentes parámetros de entrega de señales aplicadas en el transductor (frecuencia, voltaje, corriente y fase) se monitorearon continuamente y se almacenaron en la PC.

Todos los instrumentos electro-mecánicos y neumáticos instalados en la cámara de tratamiento están directamente controlados por la computadora cuando se

[www.silliker.com.mx](http://www.silliker.com.mx)



### Proporcionamos soluciones integrales para la calidad e inocuidad de sus productos

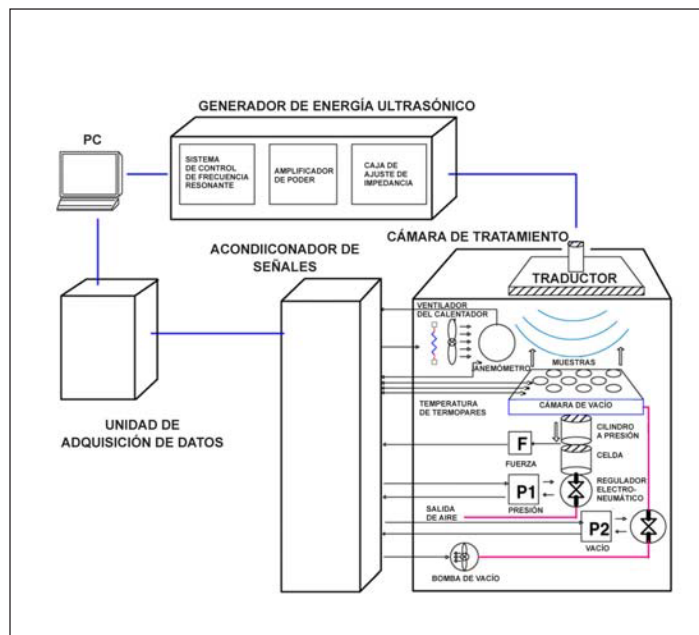
- **Análisis de alimentos y agua purificada**
  - Análisis microbiológico aplicando métodos tradicionales y automatizados (PCR).
  - Análisis especiales como determinación de Organismos Genéticamente Modificados (GMO's).
  - Análisis instrumentales para la determinación de conservadores, vitaminas, perfil de azúcares y minerales, entre otros.
  - Análisis químicos para la determinación de tablas nutrimentales incluyendo los ácidos grasos CIS-TRANS.
- **Auditorías de GLP, GMP y HACCP a plantas procesadoras y centros de distribución de alimentos**
- **Consultoría**
- **Estudios de Vida de Anaquel y Evaluación Sensorial**
- **Programa de administración y certificación de proveedores**
- **Capacitación**
  - Cursos
  - Videos

**American Quality Lab, S.A. de C.V.**  
Carlos B. Zetina 138,  
11870 México, D.F.  
[servicioalcliente@silliker.com.mx](mailto:servicioalcliente@silliker.com.mx)  
Tel.: (+52 55) 5273 5077  
Fax: (+52 55) 2614 1142

**Carretera al Campo Militar**  
No. 305, Interior B.  
Col. San Antonio de la Punta.  
C.P. 76135 Querétaro, Qro.  
[servicioalclienteq@silliker.com.mx](mailto:servicioalclienteq@silliker.com.mx)  
Tel: (+52 442) 216 1623, 216 1633



Figura 5. Esquema de un sistema de deshidratación ultrasónica de contacto directo constituido por: cámara de tratamiento, generador de energía ultrasónica, señales y acondicionador de energía, unidad de adquisición de datos y la computadora.



utiliza un software específico basado en los códigos de LabView® y códigos de Mathematica® y un acondicionador de señales y energía ajustado a un PWM. Además, el sistema de secado ultrasónico es capaz de realizar el proceso de secado en diferentes etapas automáticamente ajustándolo a un software especial. La evolución de los diferentes parámetros involucrados en el proceso también se pueden analizar, (datos del tratamiento y procesamiento) y si es necesario, transferirlos vía internet o a otras estaciones de trabajo.

El procedimiento también permite la aplicación, monitoreo y control de los parámetros del proceso. Todas estas ventajas permitirán realizar más análisis de los mecanismos básicos involucrados en el proceso de deshidratación ultrasónica de alimentos.

### Materia Prima

Las muestras que se utilizaron para secar en este trabajo fueron zanahorias con forma cilíndrica. Sin embargo se ampliará la investigación a otros tipos de productos como papas y manzanas. De esta manera, se tratarán materiales con características estructurales diferentes (un tubérculo, una raíz y una fruta).

Las muestras se cortaron en cilindros (24 mm de diámetro y 8 mm de grueso). Para preparar las muestras de zanahoria a deshidratar se siguieron las siguientes reglas: se eligieron vegetales suaves, se lavaron y se

eliminaron las partes dañadas, se cortaron en piezas de tamaño uniforme. Además, las muestras se escaldaron durante una cierta cantidad de tiempo en agua hervida antes de someterse al proceso de secado. Este pre-tratamiento evitó la acción de las enzimas y la oxidación. Después las muestras se almacenaron en un refrigerador.

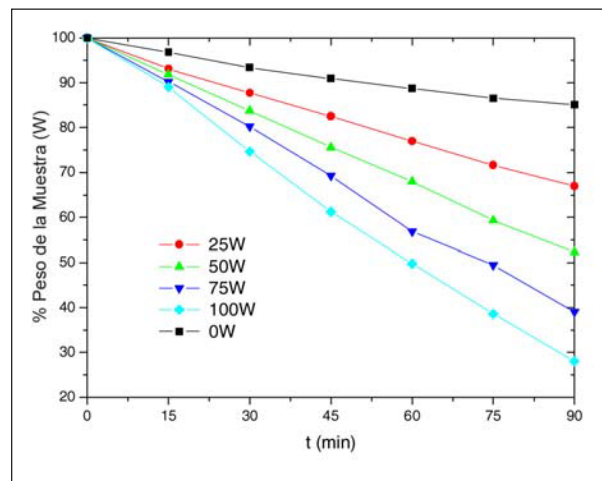
### Resultados y Discusión

Las primeras pruebas experimentales se realizaron para estudiar la influencia de la energía ultrasónica (0W, 25W, 50W, 75W y 100W) en la cinética del proceso de deshidratación. En todas las pruebas se mantuvieron la temperatura y humedad relativa entre 24 – 26°C y 30 - 40%, respectivamente. La presión estática aplicada se ajustó a 0.06 kg/cm<sup>2</sup>, la succión a 60 mbar, la velocidad de flujo de aire y temperatura a 2 m/s y 30°C, respectivamente.

El contenido de la humedad de las muestras se midió pesándolas en intervalos fijos de 15 min. La figura 6 muestra la evolución del porcentaje en peso (%) durante el proceso de secado de una muestras de treinta zanahorias sujetas a energía ultrasónica (+US) y sin ultrasonido (-US).

Los resultados muestran claramente la fuerte influencia de la intensidad acústica en el proceso. Las curvas obtenidas hasta una energía máxima de 100W revelan un aumento directo del efecto de secado con la intensidad acústica sin alcanzarse una saturación. El uso del presente prototipo del sistema de secado ultrasónico ha confirmado el papel del parámetro principal ultrasónico cuando otros parámetros termo-mecánicos (tempe-

Figura 6. Influencia de la energía ultrasónica en la cinética del proceso de deshidratación de zanahorias cilíndricas.





ratura, velocidad de flujo, succión, etc.) se mantienen constantes.

### Conclusiones

Se ha diseñado, construido y probado un nuevo prototipo de un sistema de deshidratación ultrasónica multi-muestras, el cual se basa en la aplicación de vibraciones ultrasónicas de alta amplitud en contacto directo con las muestras de alimentos a bajas temperaturas, al va-

cío, aire forzado y presión estática en una etapa pre-industrial. El sistema, el cual representa un notable avance con respecto a sistemas previos de laboratorio, busca aplicarse en tratamientos industriales de diferentes productos.

Está compuesto de elementos electromecánicos y neumáticos junto con un software y hardware necesarios para el control automático y monitoreo de todas las variables del proceso. Además, el sistema experimental descrito en este artículo facilitará el avance en este estudio para los mecanismos involucrados en el proceso de deshidratación ultrasónica para ayudar a extender la aplicación de esta tecnología.

Traducción: I.A. Violeta Morales V.

Material seleccionado de la siguiente fuente:

S. de la Fuente-Blanco \*, E. Riera-Franco de Sarabia, V.M. Acosta-Aparicio, A. Blanco-Blanco, J.A. Gallego-Juárez. Food drying process by power ultrasound. Ultrasonics 44. Elsevier. (2006) e523–e527.



# Mejorando... naturalmente

*En GTC Nutrition, estamos comprometidos en ofrecerle ingredientes y soluciones de nutrición personalizadas, soportados científicamente, que agregan salud y funcionalidad a sus productos.*

 <p><b>NutraFlora</b> <small>fibra soluble prebiótica</small></p> <p>Fibra soluble prebiótica que promueve la absorción de minerales y la salud inmunológica</p>	 <p><b>Aquamin</b> <small>Nature's Perfect Calcium</small></p> <p>Excelente fuente de calcio y minerales esenciales de origen marino</p>
 <p><b>Oat Vantage</b> <small>concentrado de avena</small></p> <p>Concentrado de avena que ayuda a una mejor salud del sistema cardiovascular</p>	 <p><b>CalciLife</b> <small>mezcla prebiótica con minerales</small></p> <p>Mezcla prebiótica fortificada con calcio, para una mejor absorción de minerales</p>

Contáctenos para saber más del desarrollo de formulaciones personalizadas, dirigidas a estilos de vida más saludables.

CPIngredientes, S.A. de C.V.  
 México: 01 (55) 53335068    Guadalajara: 01 (33) 10783100    Monterrey: 01 (81) 83593431  
[www.cpimex.com](http://www.cpimex.com)    [www.gtcnutrition.com](http://www.gtcnutrition.com)





Una unidad de negocio de Corn Products Internacional, Inc.      © 2007 GTC Nutrition



