
ALIMENTO PARA NIÑOS PREPARADO CON HARINAS DE MAÍZ DE CALIDAD PROTEÍNICAS Y GARBANZO EXTRUIDOS

ROBERTO GUTIÉRREZ DORADO, ORALIA GUADALUPE CÁRDENAS VALENZUELA, CLAUDIA ALARCÓN VALDEZ, JOSÉ ANTONIO GARZÓN TIZNADO, JORGE MILÁN CARRILLO, EDUARDO ARMIENTA ALDANA y CUAUHTÉMOC REYES MORENO

RESUMEN

El presente estudio tuvo tres objetivos: 1) Determinar la mejor combinación de harina de maíz de calidad proteínica extruido (HME) y harina de garbanzo extruido (HGE) para producir un alimento para niños de alta calidad proteínica y elevada aceptabilidad sensorial, 2) formular el alimento infantil tipo atole a partir de la mezcla HME/HGE optimizada, y 3) evaluar las propiedades nutricionales de la mezcla HME/HGE optimizada y del alimento. Se aplicó la metodología de superficie de respuesta para determinar la combinación óptima HME/HGE. La mejor combinación HME/HGE fue 21,2:78,8%; esta mezcla tuvo contenidos (en materia seca) de 20,07% de proteína, 5,70% de lípidos y 71,14% de carbohidratos; su perfil de aminoácidos es-

enciales cubrió satisfactoriamente los requerimientos para niños de 2-5 años de edad recomendados por FAO/WHO, excepto para triptófano. El alimento infantil tipo atole derivado de esta mezcla tuvo un contenido de proteína de 4,52%, que es 14,4% de la energía del alimento, adecuado para un alimento para niños. Cada 100g de alimento infantil aportan 6,3-12,6% y 23,8-34,8% del requerimiento diario de energía y proteína para niños y niñas de 1-8 años de edad. El alimento infantil tuvo 62,1% de digestibilidad de la proteína *in vitro*, C-PER de 1,93 y calificación entre "me gusta mucho" y "me gusta extremadamente" en una prueba hedónica para aceptabilidad general. Este alimento podría utilizarse como alimento soporte del crecimiento infantil.

La desnutrición es una de las principales causas de morbilidad y mortalidad en niños en la mayoría de los países en desarrollo (Alarcón-Valdez, 2004). Para minimizar las adversidades de la desnutrición

se ha desarrollado alimentos infantiles suplementarios que son suministrados a través de programas gubernamentales. Mezclas de cereales y leguminosas han sido empleadas en la formulación de alimentos infantiles (Bressani, 1983), como pastas

(Granito *et al.*, 2003), papillas (Cereza-Mezquita *et al.*, 2007) y galletas (INCAP, 2002). En cuanto a la alimentación humana, el maíz es el tercer cereal en importancia, después del trigo y el arroz; sin embargo, posee un contenido proteínico relati-

PALABRAS CLAVE / Alimento Infantil / Garbanzo / Maíz de Calidad Proteínica / Nutrición /

Recibido: 09/01/2008. Modificado: 29/09/2008. Aceptado: 01/10/2008.

Roberto Gutiérrez Dorado. Ingeniero Químico, Maestro en Ciencias en Ciencia y Tecnología de Alimentos y Pasante de Doctor en Ciencias en Biotecnología, Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS), México. Profesor Investigador, UAS, México.

Oralia Guadalupe Cárdenas Valenzuela. Ingeniero Químico, Maestro en Ciencias en Ciencia y Tecnología de Alimentos y Pasante de Doctor en Ciencias en Biotecnología, UAS, México. Profesor Investigador, UAS, México.

Claudia Alarcón Valdéz. Ingeniero Bioquímico, Instituto Tecnológico de los Mochis, México. Maestro en Ciencias, UAS, México.

José Antonio Garzón Tiznado. Ingeniero Agrónomo, UAS, México. Maestro en Ciencias en Fitopatología, Colegio de Posgraduados, Chapingo, México. Doctor en Ciencias en Biotecnología de Plantas, CINVESTAV-IPN, México. Profesor Investigador, UAS, México.

Jorge Milán Carrillo. Ingeniero Químico, Maestro y Doctor en Ciencias en Biotecnología Agrícola / Alimentaria, UAS, México. Profesor Investigador, UAS, México.

Eduardo Armiента Aldana. Ingeniero Bioquímico, UAS, México. Maestro y Doctor en Ciencias en Biotecnología de Plantas, CINVESTAV-IPN, México. Profesor Investigador, UAS, México.

Cuahtémoc Reyes Moreno. Ingeniero Bioquímico, UAS, México. Maestro en Ciencias en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad Autónoma de Querétaro, México. Doctor en Ciencias en Biotecnología de Plantas, CINVESTAV-IPN, México. Profesor Investigador, UAS, México. Dirección: Lichis No. 1986; Colonia La Campiña; 80060 Culiacán, Sinaloa, México. e-mail: creyes@uas.uasnet.mx

vamente bajo y una composición de aminoácidos esenciales desfavorable.

El maíz presenta deficiencias en lisina y triptófano, además de un desbalance leucina/isoleucina, lo cual contribuye al desarrollo de pelagra y kwashiorkor (Gopalan y Rao, 1975). Debido a la importancia nutricional del maíz, se han hecho importantes esfuerzos para mejorar la calidad de su proteína. Mertz *et al.* (1964) encontraron que el gen *opaque-2* de un tipo de maíz aumenta significativamente la concentración de lisina. Desafortunadamente, este gen está asociado con una reducción del rendimiento de grano, el aumento de la susceptibilidad a la pudrición de la mazorca, endospermo harinoso suave y pobres propiedades para la molienda seca. Debido a estas propiedades indeseables, este maíz con alto contenido de lisina nunca fue cultivado con éxito en grandes superficies. Después de más de 20 años de esfuerzos interdisciplinarios, mejoradores de plantas y bioquímicos del Centro Internacional del Mejoramiento del Maíz y el Trigo (CIMMYT), México, han desarrollado líneas de maíz con endospermo duro y mejorados nutricionalmente, llamados maíces de calidad proteínica (MCP; NRC, 1988). Estas líneas poseen buenas propiedades agronómicas y de procesamiento, con un mejorado contenido de lisina y triptófano (Sproule *et al.*, 1988; Bockholt y Rooney, 1992). Después de 10 años de esfuerzos interdisciplinarios, el CIMMYT y el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), México, han desarrollado con éxito 26 variedades e híbridos de MCP, principalmente para regiones tropicales y subtropicales, que son similares al maíz normal en rendimiento y otras propiedades agronómicas, y se está tratando de introducirlos en la producción comercial (INIFAP, 1999).

El garbanzo, por su parte, es una buena fuente de proteínas y carbohidratos; además, posee importantes cantidades de vitaminas (tiamina, niacina), minerales (Ca, P, Fe, Mg, K) y ácidos grasos insaturados (oleico, linoleico). Sin embargo, las proteínas del garbanzo son deficientes en aminoácidos azufrados (metionina y cisteína; Chavan *et al.*, 1987; Reyes Moreno *et al.*, 2004). Al mezclarlas, las proteínas de maíz y garbanzo se complementan unas con otras para producir proteínas de mayor calidad nutricional.

Varias tecnologías de procesamiento de alimentos tienen potencial para incrementar la biodisponibilidad y densidad nutritiva, seguridad alimentaria, estabilidad durante almacenamiento y palatabilidad, y pueden ser aplicadas para la preparación de alimentos infantiles. Entre estas tecnologías se incluyen aquellas tradicionales como tostado, germinación, mo-

lienda, horneado, cocción, secado y fermentación (Bressani *et al.*, 1984), así como nuevas tecnologías, las cuales actualmente son ampliamente usadas en la industria de alimentos, tales como el calentamiento por radio frecuencias, microondas, infrarrojos, perfusión instantánea y de alto calor, calentamiento óhmico y extrusión (Felows, 2000; Richardson, 2001). La extrusión generalmente es un proceso llevado a cabo a alta temperatura y en tiempo corto, y ofrece numerosas ventajas tales como versatilidad, alta productividad, bajos costos de operación, eficiencia energética, obtención de productos de alto valor biológico y elevada digestibilidad de las proteínas (Mercier, 1993; Milán-Carrillo *et al.*, 2002). El presente trabajo tuvo tres objetivos: 1) Determinar la mejor combinación harina de maíz de calidad proteínica extruido (HME) / harina de garbanzo extruido (HGE) para producir un alimento infantil de alta calidad proteínica y elevada aceptabilidad sensorial, 2) formular el alimento infantil tipo atole a partir de la mezcla HME/HGE optimizada y 3) evaluar las propiedades nutricionales de la mezcla HME/HGE optimizada y del alimento elaborado.

Materiales y Métodos

Maíz (*Zea mays* L) de calidad proteínica variedad V-537C, y garbanzo (*Cicer arietinum* L) variedad Blanco Sinaloa 92 fueron proporcionados por INIFAP Valle de Culiacán, Sinaloa, México. Los granos fueron limpiados, guardados en recipientes herméticos y almacenados a 4°C.

Preparación de harina de maíz extruido (HME)

La HME se preparó de acuerdo a Reyes-Moreno *et al.*, (2003). Tres lotes de 500g de grano entero se fragmentaron en una licuadora doméstica (Osterizer® 4655-813, Sunbeam, México) a baja velocidad hasta obtener fragmentos con tamaños que pasaron a través de una malla N°10 (2mm). Los fragmentos fueron molidos en la misma licuadora a alta velocidad hasta obtener harina con tamaños de partícula que pasaron a través de una malla N°40 (0,425mm). La harina de maíz se mezcló con cal en una proporción de 0,24g de cal por 100g de harina y la mezcla se ajustó a 28% de humedad con agua destilada. Cada lote se empacó en bolsa de polietileno y se almacenó a 4°C por 12h. Antes de la extrusión las muestras se acondicionaron a 25°C durante 6h. La extrusión se realizó en extrusor de tornillo simple Mod 20 DN (Brabender Instruments, Inc, NJ, EEUU) con diámetro de barril de 19mm, utilizando una temperatura del extrusor de 79,4°C y velocidad de tornillo de 73,5rpm. Los extruidos

se enfriaron a temperatura ambiente (25°C) y fueron molidos (Cyclone Sample Mill, UD Corp., Boulder, CO, EEUU) hasta obtener una harina que pasara a través de una malla N°80 (0,150mm). La HME obtenida se envasó en recipientes herméticos y se almacenó a 4°C.

Preparación de harina de garbanzo extruido (HGE)

La HGE se preparó de acuerdo a Milán-Carrillo *et al.* (2002). Doce lotes de 500g de grano entero se fragmentaron en una licuadora doméstica (Osterizer® 4655-813, Sunbeam, México) a baja velocidad hasta obtener fragmentos con tamaños que pasaron a través de una malla N°10 (2mm). Debido al proceso de molienda, la testa se separó de los cotiledones fragmentados y fue eliminada con una corriente de aire aplicada a los fragmentos con un abanico doméstico. Los fragmentos, sin testa, fueron molidos en la misma licuadora a alta velocidad hasta obtener harina con tamaños de partícula que pasaron a través de una malla N°40 (0,425mm), que se ajustó a 26,5% de humedad con una solución salina (0,25% NaCl y 0,75% de NaHCO₃ en agua destilada, p/v). Cada lote fue empacado en bolsas de polietileno y almacenado a 4°C por 12h. Antes de la extrusión las muestras se acondicionaron a 25°C durante 6h. Se utilizó el mismo extrusor empleado para la obtención de HME, a 151°C y velocidad de tornillo de 190rpm. Los extruidos se enfriaron a temperatura ambiente (25°C) y fueron molidos (Cyclone Sample Mill) hasta obtener una harina que pasara a través de una malla N°80 (0,150mm). La HGE obtenida se envasó en recipientes herméticos y se almacenó a 4°C.

Preparación de alimentos para niños

Se prepararon 11 diferentes alimentos infantiles tipo atole a partir de 11 mezclas HME/HGE obtenidas por la combinación en diferentes proporciones de cada harina (Tabla III). Para la obtención de los alimentos se preparó una suspensión combinando 25g de mezcla, 8g de sacarosa y 80ml de agua purificada. La suspensión se calentó a 90°C por 8min, se enfrió a temperatura ambiente (25°C) por 30min y se evaluó sensorialmente para aceptabilidad (A) con panelistas adultos semientrenados, en una prueba hedónica para aceptabilidad general.

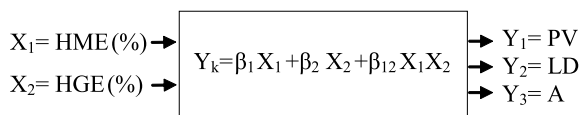
Evaluación sensorial

Las muestras (20g) de alimento se sirvieron en copas cuyas tapas se marcaron con números de tres dígitos seleccionados al azar. Para la evaluación se seleccionó un panel de 30 jueces de ambos

sexos semientrenados de los estudiantes, profesores y personal (18-35 años de edad) de la Facultad de Ciencias Químico Biológicas de la Universidad Autónoma de Sinaloa, México. La evaluación y selección de los panelistas se basó en el interés de los participantes, agudeza para la detección de sabor y olor, y la capacidad de entender los procedimientos del ensayo, además de que declararon disfrutar de comer alimentos tipo atole. Los evaluadores fueron ubicados en compartimentos individuales con temperatura (25°C) y humedad relativa (50-60%) controladas. Las muestras fueron evaluadas para aceptabilidad (A) con una escala hedónica de 6 puntos (0: me disgusta mucho; 5: me gusta extremadamente; Larmond, 1977). La evaluación sensorial se repitió tres veces en diferentes días.

Diseño para la preparación de mezclas de HME/HGE

Se seleccionó un diseño *Lattice Simplex* para mezclas (metodología de superficie de respuesta). Las proporciones de los componentes ($X_1 = \text{HME}$ y $X_2 = \text{HGE}$) se expresaron como fracciones de la mezcla, siendo siempre 100% la suma ($X_1 + X_2$) de las proporciones de los componentes. El diseño experimental generó 11 tratamientos. Las mezclas de cada tratamiento se evaluaron para proteína verdadera (PV) y lisina disponible (LD). A partir de cada mezcla se preparó un alimento infantil, y cada uno de ellos se evaluó sensorialmente para aceptabilidad (A). Se consideró como variables de respuesta a PV, LD y A. El modelo experimental se representa como



β_{12} : parámetros estimados para cada término lineal y la interacción, respectivamente. Se aplicó análisis de regresión múltiple y se obtuvo un modelo de predicción para cada variable de respuesta (Design Expert, 2002).

Combinación óptima de HME/HGE

Se aplicó la metodología de superficie de respuesta como técnica para determinar la combinación óptima de HME/HGE para producir un alimento para niños. El objetivo de la optimización fue encontrar un valor común óptimo para las tres variables de respuesta. Se aplicó el método de deseabilidad (De la Vara y Domínguez, 2002). Los tres modelos (uno para cada variable de respuesta) pueden ser evaluados en cualquier

punto $X = (X_1, X_2)$ de la zona experimental. Se procuró que todas las variables de respuesta tuvieran valores tan altos como fuera posible. Una vez calculadas las tres deseabilidades individuales se obtuvo la deseabilidad global para las tres variables de respuesta aplicando la función matemática de transformación $D = (d_1 d_2 d_3)^{1/3}$. El valor óptimo ideal es $D = 1$, siendo aceptables los valores entre 0,6 y 0,8. Para la realización de estas determinaciones se utilizó el paquete Design Expert (2002).

Composición proximal

Se emplearon los métodos de AOAC (1999): secado a 105°C por 24h para humedad (925,098), incineración a 550°C para cenizas (923,03); desgrasado con éter de petróleo en un equipo Soxhlet para lípidos (920,39C), y microKjeldahl (960,52) para proteínas ($N \times 6,25$). El contenido de carbohidratos se determinó por diferencia.

Diferencia total de color (ΔE)

El color superficial de las muestras se midió por triplicado utilizando un colorímetro CR-210 (Minolta, Japón). Las variables L, a, y b de las muestras (m) se registraron y compararon con los de un estándar (s) de color blanco de valores $L_s = 97,63$, $a_s = 0,78$, $b_s = -0,25$. La ΔE se calculó con la ecuación $\Delta E = ((L_s - L_m)^2 + (a_s - a_m)^2 + (b_s - b_m)^2)^{1/2}$

Actividad e índice de absorción de agua

Se determinó la actividad de agua (a_w) en muestras de harina de 5g acondicionadas a 25°C, utilizando un medidor Aqua Lab CX-2 (Decagon Devices, Pullman, WA, EEUU) calibrado con solución saturada de KCl de $a_w = 0,849$ a 25°C (Milán *et al.*, 2000). Para el índice de absorción de agua (IAA) se utilizó la metodología de Anderson *et al.* (1969). Una alícuota de 2,5g de cada muestra se suspendió en 30ml de agua destilada en un tubo de centrifuga de 60ml puesto previamente a peso constante. La suspensión se homogeneizó con una varilla de vidrio, por 1min a 25°C y se centrifugó (3000g, 25°C, 10min). El IAA se calculó a partir del peso del precipitado y se expresó como g gel /g sólidos (MS).

Proteína verdadera (PV)

Ésta se calculó a partir de la diferencia entre N_2 total (NT) y N_2 no proteínico (NNP). Para la determinación de NNP, ~0,5g de muestra se mezclaron con 20ml de una solución de ácido tricloroacético

(ATA) 10% y se agitaron en un agitador orbital 21704-10, (Cole Parmer, Vernon Hills, IL, EUA) a 400rpm y 25°C por 1h. El sobrenadante se aforó a 50ml con agua destilada y se tomó una alícuota para la determinación de N_2 . El N_2 de la alícuota y el NT de la muestra se determinaron por microKjeldahl (960,52; AOAC, 1999). El contenido de PV se calculó como $(NT - NNP) \times 6,25$.

Lisina disponible (LD)

La lisina disponible se determinó de acuerdo al procedimiento de Hurrell *et al.* (1979). Se utilizó colorante Naranja 12, el cual a pH ácido se liga a los residuos de lisina de las proteínas formando un cromógeno. Se colocaron muestras de 0,5g en matraces Erlenmeyer de vidrio. En la primera etapa (lectura A) en un matraz con la muestra se añadió 40ml de una solución de 1,3626g de colorante Naranja 12 por litro de solución reguladora de fosfatos (20g ácido oxálico + 3,4g de fosfato monobásico de potasio + 60ml ácido acético, pH 1,25). En la segunda etapa, correspondiente a la propionilación (lectura B), 0,2ml de anhídrido propiónico y 2ml de solución reguladora de fosfatos se añadieron a otro matraz con muestra. Ambos matraces se agitaron a 400rpm y 25°C por 1h. Se tomaron alícuotas (15ml) de cada matraz y se centrifugaron (5000g, 25°C, 15min); cada sobrenadante se diluyó con agua destilada (1:100). Se midieron las absorbancias a 475nm con un espectrofotómetro UV-Visible 21D-1146 (Spectronic, Milton Roy, EEUU). Se construyó una curva estándar de lisina y la cantidad en la muestra se obtuvo restando la lectura B de la lectura A.

Digestibilidad proteínica in vitro (DP)

Se aplicó la metodología de Hsu *et al.* (1977). Se seleccionó un sistema multienzimático (Sigma Chemical, St. Luis, MO, EEUU) constituido por 8mg de tripsina pancreática porcina tipo IX (Sigma T-0303) con 15600U/mg; 15,5mg de quimotripsina pancreática bovina tipo II (Sigma C-4129) con 83,9 U/mg; y 6,5mg de peptidasa intestinal porcina grado III (Sigma P-7500) con 102 U/g; todo en 5ml de agua destilada. Mientras se agitaba en un baño a 37°C, una cantidad específica de cada muestra se utilizó para preparar 50ml de una suspensión acuosa de proteína (6,25mg/ml) y se ajustó el pH de la suspensión a 8,0. A cada suspensión proteínica, mantenida a 37°C y en agitación constante, se le añadió 5ml de solución multienzimática y se registró el pH a los 10min. La DP se calculó como $DP = 210,46 - 18,10X$, donde X es el pH registrado 10min después de añadir el sistema multienzimático a la solución proteínica (Hsu *et al.*, 1977).

Se colocó 5-10mg de cada muestra en ampollitas de 2ml que contenían un estándar interno (norleucina) y 0,4ml HCl 6N. Las ampollitas fueron cerradas a vacío y colocadas en estufa a 110°C por 24h. Se tomó un alícuota de 20µl del hidrolizado, se secó y se sometió a derivatización. Las muestras para determinación de cisteína se trataron primero con ácido perclórico a temperatura ambiente por 18h (Hirs, 1967). El contenido de triptofano se determinó por separado. Las muestras se hidrolizaron en tubos de polipropileno con KOH 4,2M, que contenía 1% (w/v) de tioglicol, a 110°C por 18h. Después de la hidrólisis, el KOH se neutralizó con ácido perclórico 4,2M. Se colectó el sobrenadante, se ajustó a pH 3 con ácido acético diluido y se tomó una alícuota de 50µl para su derivatización. El equipo fue calibrado con una mezcla de aminoácidos (Pierce Estándar H) suplementada con triptofano.

El análisis de aminoácidos se realizó en equipo Pico-Tag (Waters, Milford, MA, EUA) según la metodología propuesta por Cohen y Strydom (1988). El triptofano se analizó utilizando las condiciones descritas por Hariharan *et al.* (1993). Como proteína control se utilizó caseína.

Relación de eficiencia proteínica calculada (C-PER)

Las C-PER fueron calculadas según el procedimiento sugerido por Satterlee *et al.* (1982) y reportado como método 982.30 por la AOAC (1999). Para el cálculo se requiere conocer la digestibilidad proteínica *in vitro* y el contenido de aminoácidos esenciales de la muestra analizada. Se empleó caseína como proteína de referencia. El C-PER se determinó utilizando la ecuación de regresión

$$C-PER = -2,1074 + 2,8525(Z) - 0,4030(Z^2)$$

donde Z se calculó en base al perfil de aminoácidos y a la digestibilidad proteínica *in vitro* de la muestra y de la proteína de referencia, así como en relación a los valores estándares de FAO/WHO (1991) para aminoácidos esenciales.

Análisis estadístico

Los resultados obtenidos fueron analizados utilizando análisis de va-

TABLA I
COMPOSICIÓN QUÍMICA Y PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS DE HARINAS DE MAÍZ DE CALIDAD PROTEÍNICA Y GARBANZO EXTRUIDOS¹

Propiedad	HME	HGE
Composición química (% MS)		
Proteínas	10,75 b	22,28 a
Lípidos	5,84 a	5,48 b
Carbohidratos	81,40 a	69,12 b
Cenizas	2,01 b	3,13 a
Fisicoquímicas		
Actividad acuosa	0,51 a	0,50 a
Color		
Valor Hunter L	87,89 b	88,92 a
Diferencia total de color	12,95 b	23,41 a
IAA	2,82 b	3,29 a

¹ Las medias fueron comparadas por renglones usando la prueba de rangos múltiples de Duncan. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes a p<0,05. HME: harina de maíz extruido, HGE: harina de garbanzo extruido, IAA: índice de absorción de agua (g gel/g sólidos, MS)

TABLA II
PROPIEDADES NUTRICIONALES DE HARINAS DE MAÍZ DE CALIDAD PROTEÍNICA Y GARBANZO EXTRUIDOS¹

Propiedad	HME	HGE	Requerimientos niños 2-5 años (FAO/WHO)
Nutricionales			
AAE			
His	3,51 a	2,60 b	1,9
Ile	2,63 b	2,92 a	2,8
Leu	9,12 a	7,15 b	6,6
Lys	4,12 b	6,58 a	5,8
Met+Cys	5,03 a	2,08 b	2,5
Phe+Tyr	7,33 b	8,14 a	6,3
Trp	0,89 b	1,2 a	1,1
Thr	3,5 b	3,9 a	3,4
Val	5,07 a	3,52 b	3,5
AAE limitante	Lys	Met+Cys	
Digestibilidad proteínica			
<i>in vitro</i>	80,9 b	82,6 a	
C-PER	1,57 b	1,89 a	

¹ Las medias fueron comparadas por renglones usando la prueba de rangos múltiples de Duncan. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes a p<0,05. HME: harina de maíz extruido, HGE: harina de garbanzo extruido, AAE: aminoácido esencial (g/100 g de proteína), C-PER: relación de eficiencia proteínica calculada.

rianza (ANOVA) de una sola vía y prueba de rango múltiple de Duncan (p<0,5).

Resultados y Discusión

Propiedades de las harinas extruidas

Los contenidos de proteínas, lípidos y carbohidratos de la harina de maíz extruida (HME) que se presentan en la Tabla I coinciden con los reportados por Bello-Pérez *et al.* (2002) para harinas de maíz nixtamalizado. Por su parte, la harina de garbanzo extruido (HGE) presentó un contenido

mayor (p<0,05) de proteínas y cenizas, y un contenido menor (p<0,05) de carbohidratos y lípidos que la HME (Tabla I). Khan *et al.* (1995) reportaron en cuatro variedades diferentes de garbanzo contenidos (% en MS) de 23,1-26,79% de proteínas; 3,6-5,2% de lípidos; 2,8-3,6% de cenizas y 45,5-56,7% de carbohidratos. El intervalo de actividad de agua (0,50-0,51) de las harinas extruidas correspondió a valores donde la actividad enzimática, crecimiento de microorganismos y reacciones químicas ocurren muy lentamente (Labuza, 1980), lo cual favorece al producto en una vida de anaquel larga. La HGE tuvo mayor (p<0,05) ΔE que la HME (23,41 vs 12,95). En este trabajo ΔE representa la diferencia total de color en referencia a un estándar de color blanco. Valores mayores de ΔE significan harinas más oscuras. Por lo tanto, HGE fue más oscura que HME, lo cual también fue observado visualmente. HGE también tuvo mayor (p<0,05) IAA que HME (3,29 vs 2,82). Los mayores valores de ΔE e IAA de HGE no son debidos a los procesos de elaboración de las harinas extruidas, sino se deben a que la harina de garbanzo crudo, a partir de la cual se elaboró HGE, presentó mayores valores de ΔE e IAA (19 y 2,15g gel por g muestra seca, respectivamente) que la harina de maíz crudo (9,2 y 1,25g gel por g muestra seca) a partir de la cual se elaboró HME. Durante la elaboración de HGE se presentaron menores incrementos de ΔE e IAA (23,2 y 53%, respectivamente) que durante la elaboración de HME (40,8 y 125,6%). El incremento de ΔE durante la elaboración de HGE y HME sugiere reacciones de oscurecimiento no enzimático durante el proceso de extrusión, en el cual se emplean altas temperaturas y contenidos de humedad intermedios. Estas condiciones de procesamiento favorecen las reacciones de Maillard de grupos amino con azúcares reductores, lo cual conduce a la formación de compuestos de color (Bjorck *et al.*, 1983). Por otro lado, la desnaturalización de proteínas, la gelatinización del almidón e hinchamiento de la fibra cruda que ocurren durante la extrusión podrían ser responsables del incremento de IAA de productos extruidos (Gujska y Khan, 1990).

Aminoácidos esenciales (AAE) en las harinas extruidas

El contenido de AAE y la calificación química de las proteínas de HME y HGE se presentan en la Tabla II, que incluye ade-

TABLA III
DISEÑO EXPERIMENTAL UTILIZADO PARA OBTENER
DIFERENTES COMBINACIONES DE HME/HGE PARA LA
PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS INFANTILES, Y RESULTADOS
EXPERIMENTALES DE LAS VARIABLES DE RESPUESTA¹

Ensayo ²	Componentes de la mezcla ³		Variables de respuesta		
	HME(X ₁)	HGE(X ₂)	PV(Y ₁)	LD(Y ₂)	A(Y ₃)
1	100 (1,0)	0 (0)	8,21	3,5	2,2
2	50 (0,5)	50 (0,5)	13,81	4,8	3,1
3	0 (0)	100 (1,0)	18,17	6,1	3,7
4	75 (0,75)	25 (0,25)	10,22	4,2	2,5
5	25 (0,25)	75 (0,75)	17,29	5,4	3,5
6	50 (0,5)	50 (0,5)	13,76	4,8	2,7
7	100 (1,0)	0 (0)	8,06	3,5	2,0
8	0 (0)	100 (1,0)	17,79	6,1	3,4
9	50 (0,5)	50 (0,5)	13,59	4,8	2,8
10	100 (1,0)	0 (0)	8,32	3,5	2,2
11	0 (0)	100 (1,0)	18,14	6,1	3,5

¹ El diseño fue de *lattice simplex* con dos componentes; 11 ensayos. ² No corresponde al orden de procesamiento. ³ Los números entre paréntesis son valores codificados. HME: harina de maíz de calidad proteínica extruido, HGE: harina de garbanzo extruido, PV: proteína verdadera (% DM), LD: lisina disponible (g/100 g de proteína), A: aceptabilidad.

más los requerimientos de AAE para niños de 2-5 años de edad recomendados por FAO/WHO (1991). Los contenidos de los AAE His, Leu y Phe+Tyr en ambas harinas, los azufrados Met+Cys y Val en HME, y de Lys, Trp y Thr en HGE, fueron mayores a las recomendaciones de FAO/WHO (1991). Otros AAE, como Thr en HME e Ile y Val en HGE, se encontraron a niveles comparables al patrón de referencia, mientras que Lys, Trp e Ile en HME, y los azufrados (Met+Cys) en HGE fueron identificados como AAE limitantes.

Modelos de predicción para las variables de respuesta

Proteína verdadera (PV). El contenido de PV de las mezclas HME/HGE varió de 8,06 a 18,17% (Tabla III). El análisis de regresión mostró que PV dependió significativamente de los porcentajes de HME (X₁; p≤0,0001) y HGE (X₂; p≤0,0001) y de la interacción HME-HGE (X₁X₂; p≤0,0001), para Y_{TP}= 8,20X₁ + 18,04X₂ - 2,64X₁X₂. Este modelo de predicción explicó el 99,8% de la variación total (p≤0,0001) en el contenido de PV de las mezclas HME/HGE.

Lisina disponible (LD). Los contenidos de LD de las mezclas HME/HGE fueron afectados por los porcentajes de HME (X₁; p≤0,0001) y de HGE (X₂; p≤0,0001) y por la interacción HME-HGE (X₁X₂; p≤0,001) para Y_{AL}= 3,49X₁ + 6,09X₂ - 0,02X₁X₂. El modelo de predicción explicó el 99,9% de la variación total (p≤0,0001) en el contenido de LD de las mezclas HME/HGE.

Aceptabilidad. Este parámetro dependió significativamente de los porcentajes de HME (X₁; p≤0,0001) y HGE (X₂; p≤0,0001) en las mezclas y de la interacción de los porcenta-

jes HME-HGE (X₁X₂; p≤0,01) para Y_A= 0,14X₁ + 3,55X₂ - 0,28X₁X₂. El modelo de predicción explicó el 95% de la variación total (p≤0,0001) en los valores de aceptabilidad de las mezclas HME/HGE.

Optimización. El objetivo del proceso de optimización fue encontrar la mejor combinación HME/HGE para obtener valores óptimos de las tres variables de respuesta (PV, LD, A). Para la predicción de los valores óptimos, los modelos de predicción completos se consideraron en la función de deseabilidad (De la Vara y Domínguez, 2002). Los valores óptimos para las variables de respuesta se obtuvieron a una deseabilidad global de 0,878 como resultado de la combinación de 21,2g HME +78,8g HGE por 100g de mezcla (Figura 1). Esta combinación se denominó mezcla optimizada y se utilizó como ingrediente básico para la preparación de un alimento infantil.

Propiedades de la mezcla optimizada

Los contenidos de proteínas, lípidos y carbohidratos de la mezcla HME/HGE optimizada se presentan en la Tabla IV. Esta mezcla cubrió satisfactoriamente las recomendaciones de FAO/WHO para ingredientes básicos a utilizar en la preparación de alimentos para niños, es decir 16,1g de proteína, 6,0g de grasa y 375kcal por 100g de ingrediente (Mitzner *et al.*, 1984).

Cuando se mezclan HME y HGE sus proteínas se complementan entre sí para producir una mejor calidad, cubriéndose las deficiencias en aminoácidos limitantes de manera recíproca. La HGE complementa las deficiencias en Lys y Trp de HME, y la

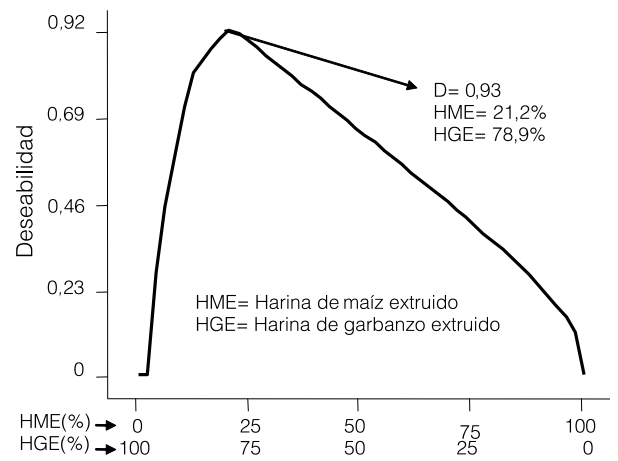


Figura 1. Deseabilidad para la mejor combinación de harina de MCP extruido (HME) y harina de garbanzo extruido (HGE) para la elaboración de un alimento infantil

HME complementa las deficiencias en azufrados (Met+Cys) de HGE (Tablas II y IV).

El contenido de AAE de la mezcla optimizada fue mayor que los requerimientos para niños de 2-5 años (FAO/WHO, 1991), excepto para Trp. La calificación química de AAE varió de 91,81 (Trp) a 153,40 (Met+Cys), y la calificación química más baja correspondió para Trp (91,81; Tabla IV). La mezcla optimizada tuvo una digestibilidad proteínica *in vitro* y un C-PER de 84,5% y 1,85, respectivamente (Tabla IV). Serna-Saldívar *et al.* (1999) llevaron a cabo estudios sobre el valor nutricional de mezclas

TABLA IV
COMPOSICIÓN QUÍMICA Y PROPIEDADES
NUTRICIONALES DE LA MEZCLA
HME/HMN OPTIMIZADA

Propiedad	Mezcla HME/HGE optimizada ¹	Requerimientos para niños 2-5 años (FAO/WHO)
Composición química (% MS)		
Proteínas	20,07	
Lípidos	5,70	
Carbohidratos	71,14	
Cenizas	3,09	
Nutricionales		
AAE		
His	2,75	1,9
Ile	3,31	2,8
Leu	7,61	6,6
Lys	6,26	5,8
Met+Cys	3,84	2,5
Phe+Tyr	8,71	6,3
Trp	1,01	1,1
Thr	3,70	3,4
Val	3,80	3,5
Calificación AAE	91,81	
AAE limitante	Trp	
Digestibilidad proteínica <i>in vitro</i> (%)	84,5	
C-PER	1,85	

¹ 21,2g HME +78,8g HGE/100 g mezcla.

HME: harina de maíz extruido, HGE: harina de garbanzo extruido, AAE: aminoácidos esenciales (g/100g proteína), C-PER: relación de eficiencia proteínica calculada.

TABLA V
COMPOSICIÓN QUÍMICA
Y PROPIEDADES NUTRICIONALES
Y SENSORIALES DEL ALIMENTO
INFANTIL

Propiedad	Alimento infantil
Composición química (g/100g)	
Proteínas	4,52
Lípidos	1,28
Carbohidratos	24,00
Cenizas	0,69
Energía (kcal)	126
Nutricionales	
Digestibilidad proteínica <i>in vitro</i> (%)	92,1
C-PER	1,93
Sensorial	
Aceptabilidad	4,31

C-PER: Relación de eficiencia proteínica calculada.

de cereales-leguminosas, evaluando digestibilidad proteínica *in vitro*, perfil de aminoácidos, C-PER, y PER y reportaron digestibilidades *in vitro* y C-PERs de 83,21-84,7% y 1,22-1,35 para pan de trigo fortificado con soya desgrasada y harina de sésamo, respectivamente. Estos investigadores concluyeron que los PER obtenidos utilizando la digestibilidad *in vitro* y aminoácidos subestimaron los valores obtenidos en ratas, sin embargo las diferencias absolutas entre los dos tratamientos fueron similares, indicando que la técnica de C-PER predijo la misma diferencia observada en el bioensayo en ratas. Se recomienda utilizar técnicas *in vitro* como indicador rápido y preciso de la digestibilidad *in vitro* y PERs en alimentos.

Composición y propiedades nutritivas del atole preparado con la mezcla optimizada

En la Tabla V se presenta la composición química y las propiedades nutricionales del alimento infantil preparado con la mezcla optimizada (21,2g HME +78,8g HGE en 100g de mezcla). El alimento infantil tuvo un contenido de 4,52g de proteínas, 1,28g de lípidos, 24g de carbohidratos, 0,69g de cenizas y 126kcal por 100g. El contenido de proteínas, lípidos y carbohidratos representa el 14,4; 9,2 y 76,4% del contenido energético del alimento infantil.

Una dieta bien balanceada para niños debe disponer 9-15% de la energía a partir de proteínas, 35-45% de las grasas y 45-55% de carbohidratos (Cerezal-Mezquita *et al.*, 2007). Con base en ello, el alimento infantil tipo atole elaborado a partir de la mezcla optimizada de HGE y HME, presentó un contenido de carbohidratos superior y un contenido de lípidos inferior a la recomendación, lo cual es característico de este tipo de alimentos (atoles), con la diferencia que el contenido de proteínas del alimento infantil,

el cual se encuentra dentro del intervalo recomendado, es superior al de los atoles elaborados a base de harina de maíz. Por otro lado, la cantidad de energía recomendada a consumir por niños y niñas físicamente activos con edades de 1-3 años es 1000-1400kcal/día, para niñas de 4-8 años es 1400-1800kcal/día y para niños de 4-8 años es 1600-2000kcal/día. Así mismo, un nivel seguro de ingestión de proteínas para niños y niñas es de 13 y 19g/día para las edades de 1-3 y de 4-8 años, respectivamente (USDA, 2005). Una porción (100g) del alimento infantil aporta el 9,0-12,6%, 7,0-9,0% y 6,3-7,9% de los requerimientos diarios de energía para niños y niñas de 1-3 años, niñas de 4-8 años y niños de 4-8 años, respectivamente; así como aporta el 34,8% y el 23,8% del requerimiento diario de proteína para niños de 1-3 y 4-8 años de edad, respectivamente. Además, el alimento tuvo valores de digestibilidad proteínica *in vitro* y C-PER de 62,1% y 1,93, respectivamente. Los panelistas (adultos semientrenados) en una prueba hedónica para aceptabilidad general, evaluaron al alimento infantil como sensorialmente aceptable, ya que le otorgaron calificación de 4,31 en una escala hedónica de 6 puntos (0-5). Esto significa que la aceptabilidad se encuentra entre me gusta mucho y me gusta extremadamente.

Conclusiones

La combinación óptima de harina de maíz de calidad proteínica extruido (HME) y harina de garbanzo extruido (HGE) para producir un alimento infantil tipo atole de alto valor nutricional fue HME/HGE= 21,2/78,8%. Cada 100g de esta mezcla contiene 20,07g de proteína, 5,70g de lípidos, 71,14g de carbohidratos y 3,09g de cenizas. Además, cubre satisfactoriamente los requerimientos de aminoácidos esenciales (EAA) para niños de 2-5 años recomendados por la FAO/WHO, excepto para Trp, con calificación química de 91,81. El alimento preparado con esta mezcla tuvo un contenido de proteína de 4,52% que representa el 14,4% de la energía del alimento, lo cual es adecuado para un alimento para niños. Cada 100g del alimento aportan 6,3-12,6% y 23,8-34,8% del requerimiento diario de energía y proteína para niños y niñas entre 1 y 8 años de edad. El alimento tuvo 62,1% de digestibilidad de la proteína *in vitro*, C-PER de 1,93 y calificación entre me gusta mucho y me gusta extremadamente en una prueba hedónica para aceptabilidad general. Este alimento podría utilizarse como alimento soporte del crecimiento infantil.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue financiada por la Universidad Autónoma de Sinaloa, México, a través del Programa de

Fomento y Apoyo a Proyectos de Investigación 2007 y por el Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología de Sinaloa, en su Convocatoria para Apoyo a Proyectos de Investigación 2006.

REFERENCIAS

- Alarcón-Valdez C (2004) *Elaboración de alimentos de alto valor nutricional a partir de maíz (Zea mays L) de calidad proteínica y garbanzo*. Tesis. Universidad Autónoma de Sinaloa. México. pp. 11-19.
- Anderson RA, Conway HR, Pfeifer VF, Griffin EL Jr (1969) Gelatinization of corn grits by roll and extrusion cooking. *Cereal Sci. Today* 14: 4-7, 11-12.
- AOAC (1999) Official Methods of Analysis. 16th edn. Association of Analyst Chemists. Gaithersburg, MD, USA. Cap. 4, pp. 25; cap. 12, pp. 7; cap. 32, pp. 1-2; cap. 45, pp. 59-60.
- Bello-Pérez LA, Osorio-Díaz P, Agama-Acevedo E, Núñez-Santiago C, Paredes-López O (2002) Chemical, physicochemical and rheological properties of masas and nixtamalized corn flours. *Agrociencia* 36: 319-328.
- Björck I, Noguchi A, Asp NG, Cheftel JC, Dahlqvist A (1983) Protein nutritional value of a biscuit processed by extrusion cooking: Effects on available lysine. *J. Agric. Food Chem.* 31: 488-492.
- Bockholt AJ, Rooney LW (1992) QPM hybrids for the United States. En Mertz ET (Ed.) *Quality Protein Maize*. American Association of Cereal Chemists St Paul, MN, EEUU. pp. 111-121.
- Bressani R (1983) Guidelines for the development of processed and packed weaning foods. *Food Nutr. Bull.* 5: 1-20.
- Bressani R, Harper JM, Whickstrom B (1984) Processed and packaged weaning foods: development, manufacture and marketing. En Mitzner N, Scrimshaw N, Morgan R (Eds.) *Improving the Nutritional Status of Children During Weaning Period*. MIT. Cambridge, MA, EEUU. pp. 51-64.
- Cerezal-Mezquita P, Carrasco-Verdejo A, Pinto-Tapia K, Romero-Palacios N, Arcos-Zavala R (2007) Suplemento alimenticio de alto contenido proteico para niños de 2-5 años. Desarrollo de la formulación y aceptabilidad. *Interciencia* 32: 857-864.
- Chavan JK, Salunkhe DK (1987) Biochemistry and technology of chickpea (*Cicer arietinum* L) seeds. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 25: 107-158.
- Cohen SA, Strydam DJ (1988) Amino acid analysis using phenylisothiocyanate derivatives. *Anal. Biochem.* 174: 1-16.
- De la Vara SR, Domínguez DJ (2002) Métodos de superficie de respuesta; un estudio comparativo. *Rev. Matem. Teoría y Aplic.* 1: 47-65.
- Design Expert (2002) *Expert Design*. FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma, Italia. <http://apps.fao.org/>
- FAO/WHO (1991) *Protein Quality Evaluation*. FAO Food and Nutrition Paper 51. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma, Italia. 66 pp.
- Felows PJ (2000) *Food Processing Technology: Principles and Practice*. 2^a ed. Woodhead. Cambridge, RU.
- Gopalan C, Rao KSJ (1975) Pellagra and amino acid imbalance. *Vitam. Horm.* 33: 505-528.
- Granito M, Torres A, Guerra M (2003) Desarrollo y evaluación de una pasta a base de trigo, maíz, yuca y frijol. *Interciencia* 28: 372-379.
- Gujka E, Khan K (1990) Effect of temperature on properties of extrudates from high starch frac-

- tions of navy, pinto and chickpea beans. *J. Food Sci.* 55: 466-469.
- Hariharan M, Sundar N, Vannoord T (1993) Systematic approach to the development of plasma amino acid analyses by high-performance liquid chromatography with ultraviolet detection with precolum derivatization using phenylisothiocyanate. *J. Chromatogr.* 621: 15-22.
- Hirs CWH (1967) Performic acid oxidation. *Meth. Enzymol.* 11: 197-199.
- Hsu HW, Vavak DL, Satterlee LD, Miller GA (1977) A multienzyme technique for estimating protein digestibility. *J. Food Sci.* 42: 1269-1273.
- Hurrell RF, Lerman P, Carpenter JK (1979) Reactive lysine in foodstuffs as measured by rapid dye-binding procedure. *J. Food Sci.* 44: 1221-1227.
- INCAP (2002) La galleta escolar nutricionalmente mejorada. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. Notas Técnicas PP/NT/005. Guatemala.
- INIFAP (1999) QPM Maíz de Alta Calidad Proteica. Doble de Proteína del Maíz Normal. *INIFAP Produce.* SAGAR. México. Marzo-abril II-2.
- Khan MA, Akhtar N, Ullah I, Jaffery S (1995) Nutritional evaluation of desi and kabuli chickpeas and their products commonly consumed in Pakistan. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 46: 215-223.
- Labuza TP (1980) The effect of water activity on reaction kinetics of food deterioration. *Food Technol.* 34: 36.
- Larmond E (1977) *Laboratory Methods for Sensory Evaluation of Foods.* Publication N° 1637. Department of Agriculture, Ottawa, Canada. 74 pp.
- Mercier C (1993) Nutritional appraisal of extruded foods. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 44: 545-553.
- Mertz ET, Bates LS, Nelson OE (1964) Mutant gene that changes protein composition and increases lysine content of maize endosperm. *Science* 145: 279-280.
- Milán-Carrillo J, Reyes-Moreno C, Armienta-Rodolo E, Cárabez-Trejo A, Mora-Escobedo R (2000) Physicochemical and nutritional characteristics of extruded flours from fresh and hardened chickpeas (*Cicer arietinum* L.). *Lebens. Wiss. u-Technol.* 33: 117-123.
- Milán-Carrillo J, Reyes-Moreno C, Camacho-Hernández IL, Rouzaud-Sandez O (2002) Optimization of extrusion process to transform hardened chickpeas (*Cicer arietinum* L.) into a useful product. *J. Sci. Food Agric.* 82: 1718-1728.
- Mitzner K, Scrimshaw N, Morgan R (1984) Improving the nutrition states of children during the weaning period. HOVIPREP/MIT. Cambridge, MA, EEUU. 258 pp.
- NRC (1988) *Quality Protein Maize.* National Research Council. National Academic Press. Washington, DC, EEUU. 100 pp.
- Reyes-Moreno C, Milán-Carrillo J, Gutiérrez-Dorado R, Paredes-López O, Cuevas-Rodríguez EO, Garzón-Tiznado JA (2003) Instant flour from quality protein maize (*Zea mays* L.). Optimization of the extrusion process. *Lebens. Wiss. u-Technol.* 36: 685-695.
- Reyes-Moreno C, Cuevas-Rodríguez EO, Milán-Carrillo J, Cárdenas-Valenzuela O, Barrón-Hoyos J (2004) Solid state fermentation process for production of chickpea (*Cicer arietinum* L.) tempeh flour. Physicochemical and nutritional characteristics of the product. *J. Sci. Food Agric.* 84: 271-278.
- Richardson P (2001) *Thermal Technologies in Food Processing.* Woodhead. Cambridge, RU.
- Satterlee LW, Hendrick JG, Marshall HF, Jewell DK, Alí RA, Heckman MM, Fred-Steinke H, Larson P, Dixon-Phillips R, Sarwar G, Slum P (1982) *In vitro* assay for predicting protein efficiency ratio as measured by rat bioassay: collaborative study. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* 65: 798-804.
- Serna-Saldívar SO, Abril-Domínguez JR, López-Ahumada G, Ortega-Ramírez R (1999) Nutritional evaluation of table bread fortified with defatted soybean and sesame meals. *Arch. Latinoam. Nutr.* 49: 260-264.
- Sproule AM, Serna-Saldívar SO, Buckholt AJ, Rooney LW, Knabe DA (1988) Nutritional evaluation of tortillas and tortilla chips from quality protein maize. *Cereal Foods World* 33: 233-236.
- USDA (2005) *Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein and Amino Acids.* Institute of Medicine of the National Academies. National Academies Press. Washington, DC, EEUU. 1330 pp.

WEANING FOOD FROM QUALITY PROTEIN MAIZE AND CHICKPEA EXTRUDED FLOURS

Roberto Gutiérrez Dorado, Oralia Guadalupe Cárdenas Valenzuela, Claudia Alarcón Valdez, José Antonio Garzón Tiznado, Jorge Milán Carrillo, Eduardo Armienta Aldana and Cuauhtémoc Reyes Moreno

SUMMARY

The present study had three objectives: 1) To determine the best combination of quality extruded protein maize flour (EMF) and extruded chickpea flour (ECF) for producing a weaning food of high quality protein and high sensory acceptability, 2) to make a kind of infant food (atole) with an optimal EMF/ECF blend, and 3) to evaluate the nutritional properties of the optimized EMF/ECF mixture and the weaning food. Response surface methodology was applied to determine the optimal EMF/ECF combination. The best EMF/ECF combination was 21.2:78.8%. This mixture contained (in dry matter) 20.07% protein, 5.70% lipids and 71.14% carbohydrates; its essential amino acids (EAA) profile satisfactorily covered the requirements for

children 2-5 years old recommended by FAO/WHO, except for tryptophan. The atole-type weaning food prepared with the optimized mixture had a protein content of 4.52%, which accounts for 14.4% of the supplied energy, suitable for a weaning food. Each 100g of the weaning food supply, respectively, 6.3-12.6% and 23.8-34.8% of the daily energy and protein requirements for children 1-8 years old. The weaning food had a 62.1% protein digestibility *in vitro*, a C-PER of 1.93, and was evaluated between "very liked" and "extremely liked" in a hedonic test for overall acceptability. This food could be used to support the growth of infants.

ALIMENTO PARA CRIANÇAS PREPARADO COM FARINHAS DE MILHO DE QUALIDADE PROTEÍNICAS E GRÃOS-DE-BICO EXTRUSADO

Roberto Gutiérrez Dorado, Oralia Guadalupe Cárdenas Valenzuela, Claudia Alarcón Valdez, José Antonio Garzón Tiznado, Jorge Milán Carrillo, Eduardo Armienta Aldana e Cuauhtémoc Reyes Moreno

RESUMO

O presente estudo teve três objetivos: 1) Determinar a melhor combinação de farinha de milho de qualidade proteínica extrusado (HME) e farinha de grão-de-bico extrusado (HGE) para produzir um alimento para crianças de alta qualidade proteínica e elevada aceitabilidade sensorial, 2) formular o alimento infantil tipo mingau a partir da mistura HME/HGE otimizada, e 3) avaliar as propriedades nutricionais da mistura HME/HGE otimizada e do alimento. Aplicou-se a metodologia de superfície de resposta para determinar a combinação ótima HME/HGE. A melhor combinação HME/HGE 21,2:78,8%; esta mistura teve conteúdos (em matéria seca) de 20,07% de proteína, 5,70% de lipídios e 71,14% de carboidratos; seu perfil de aminoácidos es-

enciais cobriu satisfatoriamente os requerimentos para crianças de 2-5 anos de idade recomendados por FAO/WHO, exceto para triptófano. O alimento infantil tipo mingau derivado desta mistura teve um conteúdo de proteína de 4,52%, que é 14,4% da energia do alimento, adequado para um alimento para crianças. Cada 100g de alimento infantil aportam 6,3-12,6% e 23,8-34,8% do requerimento diário de energia e proteína para meninos e meninas 1-8 anos de idade. O alimento infantil teve 62,1% de digestibilidade da proteína *in vitro*, C-PER de 1,93 e qualificação entre "gosto muito" e "gosto demasiado" em uma prova hedônica para aceitabilidade general. Este alimento poderia utilizar-se como alimento suporte do crescimento infantil.