

Estudio de la composición nutricional de cuchamá (*Paradirphia fumosa*) de la mixteca poblana

Addí Rhode Navarro-Cruz*, Raúl Ávila-Sosa Sánchez*, Patricia Aguilar-Alonso*,
Obdulia Vera-López* & Rosa María Dávila-Márquez*

Resumen

Estudio de la composición nutricional de cuchamá (*Paradirphia fumosa*) de la mixteca poblana. La Entomofagia es el consumo de insectos, se ha reportado que los insectos tienen gran cantidad de proteínas y en la actualidad se necesitan fuentes proteicas para combatir el hambre, la población crece y las reservas proteicas no aumentan, en el presente trabajo se propone el estudio de la larva de *Paradirphia fumosa*. Las larvas fueron recolectadas en el árbol hospedero *Parkinsonia praecox* (Manteco), por habitantes de la comunidad Popoloca, municipio de Zapotitlán Salinas, Puebla. En el laboratorio se secaron y molieron obteniendo una harina con tamaño de partícula adecuado para el análisis químico-proximal, aminograma por HPLC, digestión enzimática y análisis microbiológico. Con los datos obtenidos de digestibilidad y del aminograma se realizó el cálculo de aminoácidos de las proteínas corregidas según su digestibilidad (PDCAAS). En el análisis proximal de la harina se obtuvieron: humedad 5.95%, cenizas 9.8%, grasas 16.5%, fibra cruda 7.8%, carbohidratos 18.2%, proteínas 41.75%. En cuanto a la calidad de la proteína, su digestibilidad fue de 32.74% por lo que el cálculo de PDCAAS fue

Abstract

Study of the nutritional composition of Cuchamá (*Paradirphia fumosa*) from the Mixteca of Puebla. The consumption of insects provides an alternative source of protein and other nutrients in developing countries. Furthermore, entomophagy reports demonstrate that several kinds of insects have a high protein content. The aim of this paper was to analyze the chemical composition, especially the protein content and quality (amino acid content and digestibility) of *Paradirphia fumosa*. Larvae were collected from Manteco trees (*Parkinsonia praecox*) by Popoloca residents of Zapotitlán Salinas, Puebla. Larvae were dried and milled to get flour with a suitable particle size for chemical analysis, aminogram by HPLC, enzymatic digestion and microbiological analysis. With the obtained data, the protein digestibility corrected by amino acid score exam (PDCAAS) was performed. Chemical analysis of the flour showed a high protein content of 41.75% (fat 16.5%, fiber 7.8%, carbohydrates 18.2%, mineral and water content of 9.8% and 5.95%, respectively) nevertheless it has a low essential amino acid content and poor protein quality values like digestibility (32.74%) and PDCAAS (0.417) which demon-

Résumé

Etude de la composition nutritionnelle de *Paradirphia fumosa* (R. Felder & Rogenhofer, 1874) de la mixtèque de Puebla. Les sources protéiques sont actuellement nécessaires pour combattre la faim, et la consommation d'insectes ou entomophagie est une source alternative de grande quantité de protéines. La population mondiale augmente sans augmentation des réserves protéiques. Le présent travail propose l'étude de la larve de *Paradirphia fumosa*. Les larves furent collectées dans l'arbre hôte *Parkinsonia praecox* (Manteco), par des habitants de la communauté Popoloca, de la municipalité de Zapotitlán Salinas, Puebla. Elles furent séchées et moulues au laboratoire, pour obtenir une farine de taille de grain adéquate pour l'analyse de composition nutritionnelle, pour l'aminogramme par HPLC, et pour la digestion enzymatique et l'analyse microbiologique. Les données de digestibilité et de l'aminogramme ont permis le calcul de l'indice chimique corrigé de leur digestibilité (PDCAAS). L'analyse de composition de la farine a indiqué: 5,95% d'humidité, 9,8% de cendres, 16,5% de graisses, 7,8% de fibre crue, 18,2% de glucides et 41,75% de protéines. En ce qui concerne la qualité de la protéine, sa digestibilité fut de 32,74%, donnant un calcul

* Facultad de Ciencias Químicas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. 14 Sur y Av. San Claudio, Edificio 105E Ciudad Universitaria. Puebla, Pue. 72420. México. Tel: +52 (222) 229-5500 ext 7525, correos electrónicos: addi.navarro@correo.buap.mx, agapmx@yahoo.com.mx, raul.avila@correo.buap.mx, yuya146@hotmail.com, rosamadavila@yahoo.com.mx

muy bajo, de 0.417. Se concluye que si bien la harina de *P. fumosa* tiene una gran cantidad de proteínas, ésta es de baja calidad debido a sus aminoácidos limitantes y a su baja digestibilidad, sin embargo se resalta su apreciable cantidad de grasas y carbohidratos (fibra cruda).

Palabras clave: Consumo de insectos, nutrición, antropofagia, valor nutritivo, composición química.

strate that this protein is not suitable for human nutrition despite a high content of fat and fiber.

Keywords: Consumption of insects, nutrition, anthropofagy, nutritional value, chemical composition

de PDCAAS très faible, de 0,417. La farine de *P. fumosa* a ainsi une grande quantité de protéines, mais celles-ci sont de faible qualité, a cause de ses acides aminés limitants et de sa faible digestibilité. Néanmoins il ressort une appréciable quantité de graisses et de glucides (fibre crue).

Mots clefs: Consommation d'insectes, nutrition, entomofagie, valeur nutritive, composition chimique.

Introducción

Los insectos son los artrópodos más numerosos y diversificados con una gran capacidad adaptativa, representan el 80% de las especies conocidas (García-Acosta 2001). Su existencia data de 350 millones de años atrás y se encuentran dominando desde el punto de vista terrestre y de biomasa (Llorente *et al.* 2004). De manera consciente o inconsciente la humanidad ha consumido y se alimenta de insectos. Para las culturas mesoamericanas los insectos eran y son un recurso natural renovable muy provechoso, sabroso, nutritivo y que sus antepasados también comían. Algunos ejemplos quedaron plasmados en el Códice Florentino donde se da una sinopsis de las especies de insectos consumidos por los antiguos mexicanos (Ramos-Elorduy & Pino 1989).

El estudio de los insectos corresponde a una rama de las ciencias biológicas que recibe el nombre de Entomología cuya etimología griega es: *Entomon*= insecto y *Logos*= tratado, estudio o acción; la primera expresión es equivalente al término latino *Insectum*, que significa cortado en y define perfectamente a los insectos porque su cuerpo está dividido en diferentes segmentos, generalmente bien diferenciados (Cabezas 1996).

Se ha aseverado por muchos autores, que el hambre y la desnutrición que existen en el país, es una consecuencia y una secuela del colonialismo. Actualmente la dieta es monótona por ser a base de maíz, frijol y chile (Ramos-Elorduy & Pino 1989). La tasa de crecimiento de la población ha pasado de 2% en mil años a 2% anual. Para dar de comer a tanta

gente se necesitará triplicar la producción de alimento y actualmente se encuentra proporcionalmente en el nivel más bajo de la historia, en este sentido la República Mexicana es favorecida por su situación geográfica en el continente desde el punto de vista entomofaunístico ya que posee una amplia variedad de insectos comestibles que podrían contribuir significativamente en la alimentación (Ramos-Elorduy 1987).

En la comunidad Popoloca, municipio de Zapotitlán Salinas, Puebla, el 50% de los hombres emigra en busca de empleo y las mujeres se dedican a la recolecta y venta de la larva *Paradirphia fumosa* llamada también cuchamá o gusano del palo verde, sin embargo es importante determinar su valor nutritivo ya que hasta ahora en la bibliografía no se reporta ningún estudio nutricional de *Paradirphia fumosa*, a pesar de que se elaboran y consumen muchos platillos a base de este insecto (Fig. 1).

Los insectos del orden lepidóptero conforman el segundo orden con más especies entre los insectos (siendo superado solamente por el orden Coleóptero), son los insectos más familiares, se alimentan de flores y de hojas

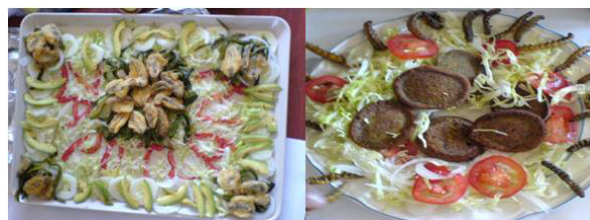


Figura 1. Ensalada y tortitas de gusano cuchamá, elaborados en Zapotitlán Salinas, Puebla.

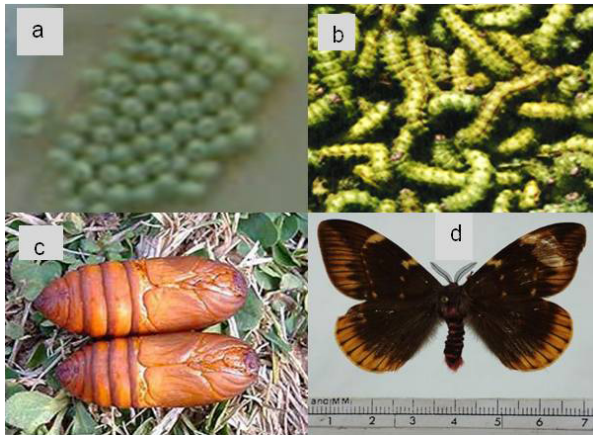


Figura 2. Metamorfosis de *P. fumosa* (a. huevecillos, b. fase larvaria, c. estado de pupa, d. mariposa adulta).

de árboles. El nombre de este orden deriva del griego *lepis*: escama y *pteron*: ala esto es "alas con escama" y se aplica a un extenso grupo que abarca unas 200,000 especies en todo el mundo (Beutelspacher 1980). Los lepidópteros son insectos de metamorfosis completa (Coronado & Márquez 1999), en el aspecto económico su fase larvaria tiene gran importancia (Richards & Davies 1984). Se han registrado 2,079 especies del orden lepidóptero en la República Mexicana y en cuanto a estados se refiere los que más riqueza de artrópodos tienen son Veracruz, Chiapas, Guerrero y Puebla (Llorente & Papayero 2000).

El género *Paradirphia* pertenece al orden de Lepidópteros, y contiene 14 especies. La mayoría de las especies *Paradirphia* están distribuidas en Mesoamérica y sólo tres en los Andes (Balcazar-Lara 1999). *P. fumosa* pertenece a la familia Saturniidae aquí se encuentran las mariposas y orugas más grandes (Herbert 1982).

Se puede encontrar *P. fumosa*, más comúnmente llamada Cuchamá, en los estados de Morelos, Puebla, Guerrero y México. Presenta metamorfosis completa (Fig. 2). La mariposa se aparea y pone huevos después de 10 a 12 días de haber emergido de su capullo y ovoposita en el árbol *Parkinsonia praecox* también llamado Manteco (Fig. 3).

En su estado larvario cambian de muda, lo que se refleja en el cambio de color que va de negro a café rojizo (aproximadamente mide 3 mm y crece hasta llegar a los 10 mm antes de comenzar a cambiar de color), a medida que

va creciendo le van saliendo espinas hasta cubrir todo su cuerpo. Su color comienza a cambiar con la cabeza un poco más oscura que el resto del cuerpo y con ligeras franjas amarillas que van engrosando conforme va creciendo más y la cabeza va adquiriendo un color rosado, aquí llegan a medir aproximadamente 3 cm, cuando mide aproximadamente 4 cm tiene franjas amarillas con violeta y la cara sigue teniendo el mismo color. Al crecer más la larva, desaparecen las franjas violetas tomando un color amarillo que pasa a verde hasta llegar a color azul donde llegan a medir hasta 6 cm, la cara conserva el color rosado, las larvas de color azul son las que preservan la especie. Cuando están con este color las larvas no se recolectan para consumo humano, en su estado de larva es cuando más se mueven y cuando más comen. El tiempo que pasa como larva es de 6 a 8 semanas. En el comienzo de su estado de pupa casi no consume alimento, hay pérdida de elasticidad, los movimientos son mínimos, las espinas se desprenden y también hay cambio de color el cual va de azul a verde oscuro después amarillo hasta llegar a café oscuro este es el momento en que ha pupado por completo. Cuando está en este estado ya no consume alimento, y la hembra tiene mayor tamaño que el macho, el movimiento desaparece hasta en un 98%, su piel se endurece lo cual ayuda a soportar el tiempo que están enterrados a la sombra del árbol donde permanecen hasta la temporada de lluvias para comenzar nuevamente el ciclo con la salida de las mariposas donde el



Figura 3. Hábitat de *P. fumosa*, árbol *Parkinsonia praecox* (manteco).

macho se reconoce porque tiene sus antenas con plumas y la hembra tiene antenas bipectinadas, la mariposa llega a medir de 5-6 cm (López-Olguín 2007).

Material y Métodos

Obtención de la materia prima: La larva *Paradirphia fumosa* se obtuvo de la comunidad de Popoloca, municipio de Zapotitlán Salinas, se ubica al sureste del estado de Puebla, colinda al norte con Tehuacán, al sur con Caltepec, al oriente con San Gabriel Chilac y al poniente con Atexcal y el estado de Oaxaca, se localiza en las coordenadas 97°28'28" W - 18°19'55" N, y posee una población de 2 mil 637 habitantes.

La larva de *Paradirphia fumosa* (cuchamá), fue recolectada por habitantes de la zona la cual se encontró en su árbol hospedero *Pakinsonia praecox* (Manteco), la forma de recolección que usan es tomar los gusanos del árbol con pequeños cartoncitos para no espinars, ponerlos en bolsas de plástico o papel y cerrarlas, las larvas mueren por asfixia y posteriormente se sacan para lavarse y se ponen a secar al sol, otra técnica que utilizan es cocerlas en agua con sal, escurrirlas y secarlas. Habitantes de la zona regalaron la larva con el fin de saber su contenido nutricional. Ya en el laboratorio se revisó manualmente que estuviera limpia, se guardó en un frasco, se rotuló con los datos y se almacenó a temperatura ambiente en un lugar fresco y seco.

Elaboración de la harina: La larva se secó en un horno (Felisa modelo G1) a 80° C durante 24 horas, posteriormente se molió en un molino tipo Wiley (GE 4352), obteniéndose un tamaño de partícula adecuado para los análisis (malla 60), la harina se almacenó en un frasco hermético.

Análisis proximal (AP) y microbiológico: Estos análisis fueron realizados en el Departamento de Bioquímica-Alimentos, en el Laboratorio de Bromatología de la Facultad de Ciencias Químicas, BUAP, de acuerdo a las especificaciones de la norma oficial mexicana NOM-147-SSA1-1996 para cereales y sus productos. Se determinaron extracto etéreo en un equipo Soxhlet (Labconco, 35001), nitrógeno protéico en un equipo Kjeldahl

(Labconco, KC24800), cenizas por calcinación en mufla (Lindberg modelo SM) y fibra cruda (Labconco, 300100), así como hongos y levaduras, mesofílicos aerobios y coliformes totales. En la actualidad no existen normas para harinas de insectos así que se comparó con los parámetros establecidos para harinas de cereales de acuerdo a la norma antes indicada.

Determinación de aminoácidos (HPLC): La determinación de aminoácidos se realizó en la Facultad de Veterinaria y Zootecnia de la UNAM. Se pesaron 2 mg de muestra y se le adicionó HCl 6N en un termoblock por 20 horas a 110°C, posteriormente se evaporó el HCl. La muestra se disolvió en 500 µL de ácido iodoacético al 0.7%. Se adicionó ortoftaldehído (OPA) y mercaptoetanol, a la muestra. Se dejó que la mezcla reaccionara con la muestra y se inyectó en el HPLC (Shimadzu, modelo LC10A). Se utilizó una columna de fase reversa c-18 con 7 cm de largo por 4.6 mm de ancho y un tamaño de partícula de 3µ. Las fases de elución fueron acetato de sodio y metanol.

Digestibilidad por el método enzimático *in vitro*: La determinación de digestibilidad por el método enzimático *in vitro* se realizó en la Facultad de Veterinaria y Zootecnia de la UNAM. Las enzimas que se utilizaron en el análisis de digestibilidad por el método enzimático *in vitro* fueron tripsina pancreática porcina, quimotripsina pancreática bovina y peptidasa porcina intestinal. Todas las muestras utilizadas para el análisis estuvieron pulverizadas y pasaron a través de una malla 80 mm teniéndose un polvo muy fino.

Cálculo de PDCAAS: El cálculo de aminoácidos de las proteínas corregidas según su digestibilidad (PDCAAS), se determinó comparando el perfil de aminoácidos de la proteína de la harina de *P. fumosa* con las necesidades de un niño mayor de 1 año y menor de 5, con respecto a la proteína patrón, obtenida por valores publicados por la FAO en 1985. Se determinó el score aminoacídico: mg de aminoácido de la proteína en estudio (harina de *P. fumosa*)/mg de aminoácido de la proteína patrón. Ya obtenido este valor se calculó el PDCAAS considerando digestibilidad verdadera (Suárez & López 2006).

Resultados

AP de la harina de *Paradirphia fumosa*: En las Tablas I y II se muestran los resultados obtenidos para el AP de la harina de *P. fumosa* (cuchamá), en la Tabla I se compara la harina obtenida con la de dos lepidópteros también consumidos en la actualidad: *Arsenura polyodonta* (cuetla) y *Comadia redtembacheri* (gusano rojo de maguey) y en la Tabla II se compara la harina con alimentos convencionales (todas las comparaciones se realizaron en base seca).

El valor de humedad de 5.95%, al ser bajo, disminuye mucho la probabilidad de que haya crecimiento microbiano, en la NOM-147-SSA-1996 para harinas de cereales se menciona que la humedad máxima permitida para la conservación de las harinas es de 14 %.

Los insectos tienen gran cantidad de minerales, el orden lepidóptero, según reportes, tiene un porcentaje de 1.63 a 8.07 (Llorente *et al.* 2004). El análisis de cenizas dio un valor de 9.8%, superado por la harina de larva *A. polyodonta* (cuetla) con un valor de 10.86% y el valor más bajo lo tiene la harina de *C. redtembacheri* (gusano rojo de maguey), con 2.23%. Comparando la harina con alimentos convencionales ésta supera los valores reportados para el huevo 3.67%, el frijol 1.96% y el pollo 1.77% (Conconi, 1993). Por lo general los minerales se pueden considerar como elementos inorgánicos indispensables ya que el organismo no los sintetiza. Estas sustancias participan arduamente llevando a cabo gran

Tabla I. Análisis químico proximal de harina de *P. fumosa* comparada con harina de dos lepidópteros (*Arsenura polyodonta* y *Comadia redtembacheri*) (base seca).

Determinación	Harina de <i>P. fumosa</i> (Cuchamá)	<i>Arsenura polyodonta</i> (Cuecla)	<i>Comadia redtembacheri</i> (Gusano rojo de maguey)
Humedad	5.95	---	---
Ceniza	9.8	10.86	2.23
Grasa	16.5	19.08	47.88
Fibra cruda	7.8	11.26	5.94
Carbohidratos	18.2	3.24	1.78
Proteínas	41.75	55.02	42.17

Datos tomados de Ramos & Osorio 1994(Cuetla) y Conconi 1993 (Gusano rojo de maguey)

Tabla II. Análisis químico proximal de harina de *P. fumosa* comparada con alimentos convencionales (base seca).

Determinación	<i>P. fumosa</i> (Cuchamá)	Pollo	Huevo	Frijol
Cenizas	9.8	1.77	3.67	1.96
Grasa	16.5	58.71	41.80	2.92
Fibra cruda	7.8	---	6.13	28.51
Carbohidratos	18.2	---	2.40	43.03
Proteínas	41.75	43.34	46.00	23.54

Datos tomados de Conconi 1993

variedad de funciones: activan y controlan, diversas reacciones y algunos son parte de macromoléculas como el hierro en la hemoglobina de la sangre (Llorente *et al.* 2004).

En el análisis de extracto etéreo, el resultado fue de 16.5%, este valor es bajo comparado con las otras dos harinas de lepidópteros, la harina de *A. polyodonta* tiene 19.08% y *C. redtembacheri* 47.88%. Comparando la harina con alimentos convencionales el resultado obtenido es más alto que lo reportado para el frijol 2.92% y es superado por los valores reportados para el pollo 58.71% y el huevo 41.80%. Se puede decir que el valor obtenido es bueno, las grasas son utilizadas por las larvas como fuente de energía, aunque los insectos no tienen una dieta compuesta sólo por grasa (Conconi 1993).

El resultado obtenido para fibra cruda fue de 7.8%. Haciendo la comparación con la harina de los otros dos lepidópteros se observa que *C. redtembacheri* tiene un valor más bajo 5.94% y que en la harina de *A. polyodonta* el valor es de 11.26%. Aunque en general los insectos tienen un contenido de fibra bajo (Ramos-Elorduy & Pino, 1987), el 7.8% puede considerarse un buen aporte de fibra a la dieta. Al comparar esta harina con alimentos convencionales se observa que solo el valor reportado para frijol 28.51% supera el resultado obtenido. La cantidad de fibra influye en la absorción de los nutrientes pues en grandes cantidades los nutrientes se absorben menos (Fox 2006).

El resultado del análisis de carbohidratos fue de 18.2% (obtenido por diferencia), comparando con la harina de los otros dos

lepidópteros se observa que para ambas harinas se reportan valores más bajos, para *C. redtembacheri* el valor es de 1.78% y para *A. polyodonta* es de 3.24%. Los lepidópteros en su estado de larva llegan a tener hasta un 30% de carbohidratos. Al comparar la harina con los valores reportados para alimentos convencionales el frijol tiene 43.03% más del doble que lo obtenido y supera lo reportado para el huevo 2.40%.

El contenido de proteína en la harina fue de 41.75%, comparado con las otras dos harinas de lepidópteros, el valor obtenido es ligeramente bajo en comparación con la harina de *A. polyodonta* que tiene 55.02% y *C. redtembacheri* con 42.17%. Se reporta que para los lepidópteros el intervalo de proteínas va de 34% a 71% (Ramos-Elorduy 2007), por lo que este porcentaje queda comprendido dentro de lo esperado. Comparando la harina con alimentos convencionales el valor obtenido es bueno. Inicialmente se puede discutir que el valor obtenido en la harina de *P. fumosa* está en una buena proporción ya que en la actualidad se requiere de fuentes que sean ricas en proteínas, sin embargo hay factores que hacen que disminuya la utilización de la misma, como el tipo de aminoácidos, la digestibilidad, etc.

Aminograma: En la Tabla III y Figura 4, se muestran los aminoácidos que se detectaron en el análisis de HPLC. Comparándolos con el

Tabla III. Comparación de aminoácidos para niños mayores de 1 año y menores de 5 (FAO/WHO, 1985) y aminoácidos harina de *P. fumosa*.

Aminoácidos esenciales	Aminoácidos en harina de <i>P. fumosa</i> mg/Kg/día	Patrón de referencia para aminoácidos (FAO/WHO, 1985) mg/Kg/día
Histidina	NSD	19
Isoleucina	2.46	28
Leucina	3.02	66
Lisina	NSD	58
Metionina + Cisteína	4.75	25
Fenilalanina + Tirosina	10.99	63
Treonina	NSD	34
Triptófano	NSD	11
Valina	16.26	35

NSD: No se detecta

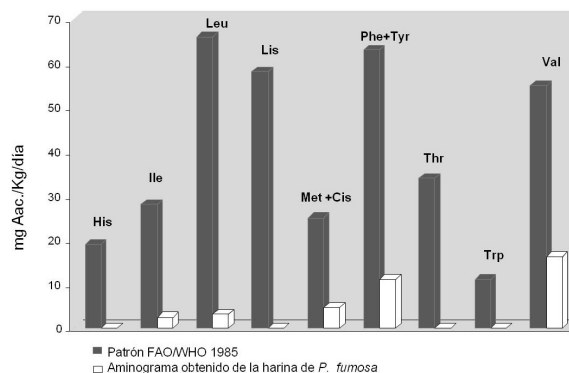


Figura 4. Comparación de aminoácidos recomendados por la FAO 1985 vs. aminoácidos de la harina de *P. fumosa*.

patrón de aminoácidos esenciales para niños mayores de 1 año y menores de 5 propuesto por la FAO/WHO 1985, los datos obtenidos muestran que de los 9 aminoácidos esenciales cuatro de ellos no se detectan y son histidina, lisina, treonina y triptófano, por otra parte los aminoácidos esenciales restantes isoleucina, leucina, metionina, fenilalanina y valina están en cantidades limitantes con respecto al factor de referencia, esto quiere decir que la proteína de la harina de *P. fumosa* no cumple con los requerimientos para ser una proteína completa no tiene la cantidad suficiente de aminoácidos esenciales que se requieren para conservar los tejidos del cuerpo y no favorece el crecimiento (Robinson 1985).

Digestibilidad: La digestibilidad en el análisis enzimático realizado fue de 32.74% del porcentaje de proteína digestible total (78.42% digestible en pepsina y 21.58% digestible en tripsina y quimotripsina). Este valor es muy bajo en comparación con la larva de los lepidópteros *A. polyodonta* cuya digestibilidad es de 69.48% (Ramos & Osorio 1994) y *C. redtembacheri* que tiene una digestibilidad de 62.20% (Ramos-Elorduy & Pino, 1987). La digestibilidad es importante en cualquier alimento pues de esto depende la absorción de los aminoácidos para que se realicen las diferentes reacciones en el organismo, las enzimas actúan sobre el alimento rompiendo enlaces para que éstos lleguen al intestino y sean absorbidos, se puede afirmar que la calidad de una proteína depende de la cantidad de aminoácidos absorbidos (Esquivel et al. 1998). Adicionalmente, si se realiza esta comparación

Tabla IV. Cálculo de PDCAAS para harina de *P. fumosa* comparado con el patrón de referencia propuesto por WHO/FAO (1985).

AMINOÁCIDOS ESENCIALES	AMINOÁCIDOS DE HARINA DE <i>P. fumosa</i>	DIGESTIBILIDAD HARINA DE <i>P. fumosa</i> (AA X 32.74)	PATRON DE REFERENCIA PARA AMINOACIDOS	PDCAAS
Histidina	NSD	0.32	18	0.017
Isoleucina	2.46	0.80	28	0.028
Leucina	3.02	0.98	66	0.014
Lisina	NSD	0.32	58	0.005
Metionina + Cisteína	4.75	1.55	25	0.062
Fenilalanina + Tirosina	10.99	3.59	63	0.056
Treonina	NSD	0.32	34	0.009
Triptófano	NSD	0.32	11	0.029
Valina	16.26	5.32	35	0.152

PDCAAS= 0.417

NSD: No se detecta

con la digestibilidad de alimentos convencionales la digestibilidad se torna crítica, ya que la carne tiene una digestibilidad de 100%, el maíz 89% y el frijón 82% (FAO/OMS, 1985).

Cálculo de PDCAAS: En la Tabla IV se muestran los valores obtenidos en el cálculo de aminoácidos corregidos según su digestibilidad (PDCAAS), en el cual se utilizaron resultados obtenidos en los análisis anteriores. Esta prueba permite conocer la utilización de los aminoácidos, el cálculo de PDCAAS para la proteína de la harina de *P. fumosa* fue de 0.417, es un valor muy bajo si se considera que el valor más alto que puede alcanzar el PDCAAS es 1.0. Los alimentos que mayor utilización tienen de sus aminoácidos son el huevo que tienen con un valor de 0.97, seguido por el queso y la leche con 0.95 y los diferentes tipos de carnes pescado, ave, cerdo, cordero, vaca con un valor de 0.94 resaltando además que no tienen aminoácidos limitantes. Entre los alimentos de origen vegetal se encuentran valores de PDCAAS como los de la papa con un valor de 0.75 con su aminoácido limitante histidina, la zanahoria con un valor de 0.74 y su aminoácido limitante lisina, el repollo con 0.62 con aminoácidos limitantes metionina y cisteína, el maíz de grano con un valor de 0.48, donde su aminoácido limitante es la lisina, el tomate y la cebolla con valores de 0.39, los hongos con un valor de 0.32 estos tres mencionados tienen como aminoácidos limitantes

a la metionina y cisteína (Suárez *et al.* 2006), los valores pueden ser comparados con el valor obtenido de la harina de *P. fumosa*, como se muestra en la Figura 5. La diferencia entre estos alimentos y la harina de *P. fumosa* se encuentra en los aminoácidos limitantes. En huevo, carne y leche no hay aminoácidos limitantes, en el tubérculo, hortalizas y cereal sólo son uno o dos los aminoácidos limitantes y en la harina de *P. fumosa* todos sus aminoácidos esenciales están en baja proporción y cuatro de ellos no se detectan (histidina, lisina, treonina, triptófano) y por lo tanto esta harina se consideraría de baja calidad proteica. En los aminogramas de algunas especies de insectos comestibles cabe destacar que las cantidades que estas especies presentan para cada aminoácido esencial se encuentran dentro de las cifras marcadas por

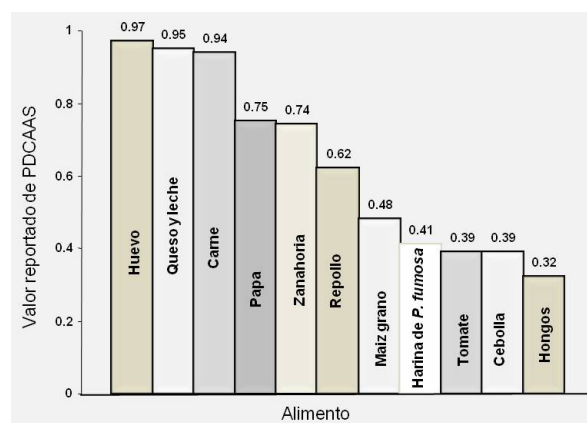


Figura 5. PDCAAS calculados para diferentes alimentos.

el patrón de la FAO o incluso las sobrepasan en la mayoría de los aminoácidos. Las excepciones son: el triptófano en general, en donde en el caso de los preescolares algunas especies no alcanzan el valor señalado para él, en otras especies menos numerosas es la metionina la ligeramente deficiente y en otras más, que son muy pocas, la lisina y la histidina para preescolares es la que falta (Conconi 1993). En África es la isoleucina el aminoácido más limitante (Kodondi *et al.* 1984).

Análisis microbiológico de la harina de *P. fumosa*: Según la NOM-147-SSA-1996, los límites permisibles de microorganismos en harinas para su conservación son: para bacterias mesofílicas aerobias es de 50,000 UFC/g, el análisis realizado tuvo menos de 10 UFC/g, para el análisis de mohos y levaduras la norma menciona que es permisible 300 UFC/g, en el análisis de la harina se obtuvo menos de 10 UFC/g, y para el análisis de coliformes por la técnica del NMP la norma establece que tiene un límite permisible de 150 NMP/g y el resultado obtenido fue de menos de 10 NMP/g, como se muestra en la Tabla V, la humedad de la harina de *P. fumosa* es muy baja en comparación con harinas hechas a base de cereales las cuales tienen permitido una humedad del 14 %, por lo que difícilmente se desarrollarían microorganismos.

Conclusiones

El AP muestra que la harina de *P. fumosa* tiene buena cantidad de grasas y carbohidratos, por lo tanto es una fuente energética y de fibra. Las grasas son el parámetro que mayor cantidad de energía aporta a la dieta y esto es muy importante, ya que la mayor parte de los habitantes de las zonas rurales de México presentan también deficiencia de consumo de energía y grasas en su dieta cotidiana. La falta de energía, tiene un papel fundamental, ya que las proteínas no pueden ser asimiladas si no existe la suficiente cantidad de energía en la dieta.

En cuanto a la digestibilidad que se obtuvo fue muy baja (32.74%), por lo que la proteína se absorbe muy poco y se considera una proteína incompleta. La cantidad de aminoácidos esenciales de la harina de *Paradirphia fumosa* es baja y no se detectan histidina, lisina, treonina

Tabla V. Análisis microbiológico de harina de *P. fumosa*.

Determinación	Resultado Harina de <i>P. fumosa</i>	NOM-147-SSA-1996 Harinas de diferentes cereales
Mesofílicos aerobios	>10 UFC/g	50,000UFC/g
Hongos y Levaduras	>10 UFC/g	300UFC/g
Coliformes Totales	> 10 NMP/g	150NMP/g

y triptófano. No cumple con los parámetros propuestos para una proteína completa al compararlos con los propuestos por la FAO/WHO para niños mayores de 1 año y menores de 5. En el cálculo de PDCAAS se corrobora lo concluido anteriormente, la utilización de los aminoácidos es mínima, sin embargo, debido a que el contenido proteico es elevado, no debe minimizarse este resultado ya que en combinación con otras proteínas de la dieta podrían aportar todos los aminoácidos esenciales además del nitrógeno necesario para la síntesis endógena de aminoácidos.

El análisis microbiológico, indica que la harina proveniente de la larva de *P. fumosa*, tiene un bajo contenido de humedad lo cual se ve reflejado por su baja carga microbiana.

Este artículo es una versión extensa del trabajo presentado en el X Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos (29-30 mayo del 2008), con memorias publicadas en una edición especial de la Revista Salud Pública y Nutrición (Evaluación de valor nutritivo de *Paradirphia fumosa* [Cuchamá] originaria de la mixteca poblana. Lazcano Hernández Nelly, Navarro Cruz Addó Rhode, Ávila Sosa Sánchez Raúl, Lazcano Hernández Martín & Dávila Márquez Rosa María)

Referencias

- Balcazar A., Lara. 1999. A new *Paradirphia* (Lepidoptera: Saturniidae) from "Sierra de Juárez", Oaxaca, México. Entomological news 110(5):285-289.
- Beutelspacher, R. 1980. Mariposas diurnas del valle de México. Ediciones Científicas L.P.M.M. México.
- Cabezas-Melara, F. 1996. Introducción a la Entomología. Editorial Trillas, México.
- Conconi, M. 1993. Estudio comparativo de especies de insectos comestibles con alimentos convencionales haciendo énfasis en la aportación de aminoácidos esenciales y su papel en el metabolismo humano. Tesis de licenciatura UNAM.

- Coronado R., A. Márquez. 1986. Introducción a la Entomología. Editorial Limusa.
- Esquivel R., M. Martínez & J. Martínez. 1998. Nutrición y salud. Editorial el Manual moderno, México.
- FAO/WHO. 1985. Expert consultation. Energy and protein requirements. Technical report series 724. World health organization. Geneva.
- Fox A, Cameron. 2006. Ciencia de los alimentos nutrición y salud. Editorial Limusa. Noriega Editores, México.
- García-Acosta, A. 2001. Arthropoda: guía de prácticas. Editorial AGT, México.
- Herbert R. 1982. Introducción a la entomología general y aplicada. Ediciones Omega, México.
- Kodondi K., M. Leclercq, M. Bourgeay-Causse, A. Pascaud & F. Gaudin-Harding. 1984. Intérêt nutritionnel de chenilles d'Attacides de Zaïre. Composition et Valuer Nutritive. Cahiers de Nutrition et Dietétique 22(6):478-485.
- Llorente J., E. González & N. Papayero. 2000. Biodiversidad Taxonomía y Biogeografía de Artrópodos en México, Hacia una síntesis de su conocimiento, Volumen II. Editorial Conabio D. R. UNAM, México.
- Llorente J., J. Morrone, O. Yáñez & I. Vargas. 2004. Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos en México. Editorial Conabio, México.
- Ramos-Elorduy, J. 1987. Los insectos como fuente de proteínas en el futuro. Editorial Limusa, México.
- Ramos-Elorduy, J. & M. Pino. 1989. Los insectos comestibles en el México Antiguo. Editorial AGT Editor, México.
- Ramos-Elorduy, J., E. Medeiros, J. Ferreira, J. Pino, I. Landero, A. Campos & A. García. 2007. Estudio comparativo del valor nutritivo de varios coleoptera comestibles de México y *Pachymerus Nucleorum* (Fabricius, 1972), (Bruchidae) de Brasil. Interciencia 31(7):512-516.
- Ramos-Lezama M. & E. Osorio-Herrera. 1994. Elaboración de la harina de Cuetla y su posible adición a los alimentos. Tesis profesional Puebla de Zaragoza.
- Richards W. & G. Davies. 1984. Tratado de Entomología, Volumen II: Clasificación y Biología. Ediciones Omega S.A. México.
- Robinson. B. 1985. Fundamentos de Nutrición normal. Editorial Continental, México.
- Suárez M., A. Kizlansky & B. López. 2006. Evaluación de la calidad de las proteínas en los alimentos calculando el score de aminoácidos corregido por digestibilidad. Nutrición hospitalaria 21:47-51.

Recibido: 15 septiembre 2011

Aceptado: 15 octubre 2012