

216
2e5



**CARACTERIZACION NUTRICIONAL DEL AMARANTO
PROCESADO Y SIN PROCESAR PARA USO EN LA
ALIMENTACION ANIMAL**

**TESIS PRESENTADA ANTE LA
DIVISION DE ESTUDIOS PROFESIONALES DE LA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
DE LA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**PARA LA OBTENCION DEL TITULO DE
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA
POR
MA. GUADALUPE RAMIREZ FUENTES**

**ASESORES: M.V.Z. JUAN MANUEL CERVANTES SANCHEZ,
MA. ANTONIETA AGUIRRE GARCIA**



MEXICO, D. F.

1995

FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIA

A mis padres que con su amor y presencia no permitieron que la luz de la esperanza se apagara.

A mis hermanos : Herlinda, Javier, Lourdes, Arturo, Esther, Enriqueta, Concepción, Francisco y Patricia por alentarme en la senda trazada.

A Gerardo por todos estos años de amaneceres juntos, renovando el amor encontrado .

A mis queridas hijas Alejandra y María del Carmen con las cuales puedo viajar al pasado, estar en el presente y soñar con el futuro.

A todas las mujeres que he encontrado en mi camino y que me han dado un ejemplo de superación y perseverancia

AGRADECIMIENTOS

A mis asesores Juan Manuel Cervantes y Ma. Antonieta Aguirre por su apoyo y paciencia.

A Antonio Díaz por su amistad y ayuda para poder lograr este trabajo.

A Cuauhtemoc, Ruben y Marcos por su amistad y alegría la cual me facilito el camino hacia la montaña.

A todos los integrantes del Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica , en especial aquellos que siempre han visto en mi a una amiga y que ayudaron a que este trabajo se realizara.

A mamá Flor de María con la que estoy muy agradecida por su amistad y consejos nunca pasados de moda.

A Dulce, Leticia, y Norma infatigables amigas, con las cuales recorrí este camino de nuevos conocimientos y a las cuales siempre recordare por más lejos que se encuentren.

A mis cuñados Juan y José por que nunca quitaron el dedo del renglón.

A mi jurado por el tiempo invertido en este trabajo.

A las integrantes del centro de Computo que con su ayuda desinteresada me sacaban del apuro.

A la maravillosa fuerza espiritual que une al mundo y que me permitió estar aquí: Dios

CONTENIDO

	<u>Página</u>
RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	3
MATERIAL Y MÉTODOS.....	10
RESULTADOS.....	12
DISCUSIÓN.....	13
LITERATURA CITADA.....	17
CUADROS.....	23

RESUMEN

RAMÍREZ FUENTES MARÍA GUADALUPE. Caracterización nutricional del amaranto procesado y sin procesar para uso en la alimentación animal. (bajo la dirección del M.V.Z. Juan Manuel Cervantes Sánchez, y la Q. Ma Antonieta Aguirre Garcia.).

El amaranto es un alimento que fué identificado como un ingrediente potencial para la alimentación humana y actualmente se consume reventado. Durante el proceso de reventado un 10% aproximadamente no se expande quedando tostado, el cual puede ser utilizado en la alimentación animal. Con base en esto en la presente investigación se procedió a realizar una caracterización de sus nutrientes tanto de la semilla de amaranto crudo como del reventado y el no reventado (tostado), con el fin de determinar si con el proceso de calentamiento el amaranto que no reventó (tostado) es apto para el consumo animal. Se compró amaranto crudo el cual se dividió en dos partes para tener semilla cruda y la otra parte se sometió a calentamiento para obtener la muestra reventada y la no reventada (tostada). De cada una de las tres muestras se obtuvieron 5 por el método de cuarteo. A las cuales se les determinó el Análisis Químico Proximal, Proteína digestible, Proteína verdadera, Proteína soluble y nitrógeno soluble, así como los factores antinutricionales: saponinas, glucósidos cianogénicos e inhibidores de tripsina. Los resultados obtenidos para el amaranto no reventado

en comparación al amaranto en crudo son: disminución de la humedad del 62.33%, la proteína total aumento en un 2.8% siendo la proteína total en el amaranto no reventado del 18.77, con perdida del extracto etéreo en un 26.18%, la fibra cruda en el amaranto no reventado fué de un 51% más que para la semilla cruda, y los nutrientes digestibles totales disminuyeron en un 3.26%. Para la tipificación de proteína se observó que la proteína digestible disminuyó en un 1.46%, la proteína verdadera aumentó en un 13.21% , para la proteína soluble se vió disminuida en un 33% , al igual que el nitrógeno soluble. De los factores antinutricionales sólo se encontraron Inhibidores de tripsina en el amaranto crudo y ya con el proceso de calentamiento disminuyeron totalmente su concentración.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, el aumento demográfico reclama cada día mayores volúmenes de alimentos que satisfagan las necesidades alimenticias de la población. Tal es el caso de México, país donde la población ha rebasado la producción de alimentos; esto, aunado al proceso inflacionario, hace que su población se encuentre desnutrida en un 40%, cifra que tiende aún a incrementarse a menos que se tomen medidas para aumentar y mejorar la producción agropecuaria (5).

La situación económica del país hace pensar en la necesidad de buscar fuentes alternativas en la alimentación animal para cubrir sus necesidades nutricionales tanto energéticas como proteínicas que, finalmente representan una mejor alimentación para el humano.

A través de la historia de la humanidad, el hombre ha utilizado un gran número de especies vegetales para satisfacer sus necesidades alimenticias; sin embargo, en la actualidad relativamente son unas cuantas especies que sostienen el desarrollo de la creciente población mundial. En América, antes de la conquista, el amaranto (principalmente el Amaranthus cruentus y A. hypochondriacus) fue uno de los cultivos básicos y con el colapso de la cultura indígena, su utilización también se desplomó(28).

En la República Mexicana, debido a la amplia biodiversidad, se encontró una gran cantidad de plantas que son recursos potencialmente viables de ser utilizados como fuentes alternativas en la alimentación humana y animal, substituyendo total o parcialmente a los cereales tradicionales(3). El amaranto (Amaranthus spp), es una planta que presenta las siguientes características: Es una especie originaria de México; se encuentra adaptada a las condiciones de los valles altos de la mesa central y se cultiva principalmente en los Estados de Morelos, México, Puebla y Tlaxcala. Se caracteriza por ser sumamente resistente

a sequías, además de ser fácilmente adaptables a suelos pobres; es resistente a enfermedades y tiene gran tolerancia a suelos alcalinos. También tiene una gran ventaja sobre otros granos, al contener un alto contenido en proteína (11-22%)(7,15,25).

México, posee diferentes especies del género Amaranthus, algunas de las cuales se emplean en la alimentación humana y otras en la alimentación animal; en estas últimas se ha utilizado tanto el grano como el forraje (2,7,9,18). Hace algunos años, la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos de Norteamérica identificó al grano de amaranto como uno de los alimentos potenciales que podrían, en el futuro, salvar al hombre del hambre (27). Sin embargo, en México hasta el momento se le ha prestado poca atención a este cultivo pues en 1980 sólo se le dedicaron 300 has para su producción (7).

Algunos estudios sobre el amaranto indican que se ha utilizado el grano de amaranto como un ingrediente en la alimentación de ratas (4,14), pollos de engorda (18,33), y como forraje en ovinos (8). Además de tener otros usos como hortaliza(7). La composición química proximal y el aporte de energía del grano de amaranto se muestra en el cuadro 1.

La planta de amaranto produce pequeñas semillas las cuales almacenan grandes cantidades de almidón en el endospermo; contiene alrededor del 90% de amilopectina y 10% de amilosa por lo que sus propiedades fisicoquímicas pueden ser utilizadas en los estudios de biología celular, histoquímica, y diagnóstico clínico, además también puede emplearse como coloide actuando como protector para prevenir la desnaturalización de las proteínas (21,22).

En general, la composición de los aminoácidos en la mayoría de los cereales y leguminosas no está balanceada en aminoácidos esenciales, aun cuando la cantidad de proteína sea elevada en algunos granos como el frijol, lenteja y soya estos presentan deficiencia en algunos de estos aminoácidos : metionina, cisteína

y triptófano (20). La semilla del amaranto alcanza casi el 100% de la proteína idónea al contener la mayoría de los aminoácidos esenciales para algunos animales domésticos (16). La proteína del amaranto contiene casi el doble de lisina que la del trigo, el triple que la del maíz y más aún de la contenida en la leche, dicho aminoácido es altamente disponible en esta planta (15,16).

Del fraccionamiento que se ha realizado de las proteínas del amaranto se determinó que las albúminas y globulinas se encuentran en un 70%, las prolaminas constituyen menos del 2%, las gluteínas en un 15% El 13% restante lo constituyen la fracción de proteínas insolubles (32). Tena encontró que los tratamientos de calentamiento y nixtamalización producen cambios en el contenido y calidad de la proteína disminuyendo ligeramente la relación de albúminas y globulinas y en forma más drástica las prolaminas; por el contrario, el proceso incrementa ligeramente la relación de gluteínas, así como la fracción correspondiente a las proteínas insolubles.

Algunos investigadores han caracterizado el contenido de aminoácidos del grano de amaranto. Dicha información se muestra en el cuadro 2.

Por otro, lado se ha observado que el grano de amaranto contiene niveles apreciables de ácidos grasos que se muestran en cuadro 3.

El contenido de energía metabolizable del grano de amaranto es comparable con el del maíz (3000 kcal.EM.). El contenido de almidón presenta un porcentaje de digestibilidad del 86% , que lo hace una fuente de energía tan buena como el trigo(18,33).

En raciones para aves, el grano de amaranto es una alternativa potencial, debido a su contenido proteínico y su completo balance en aminoácidos. Puede reemplazar parte del maíz, del sorgo e inclusive de la soya (18,33).

Se han hecho varios estudios para determinar los factores antinutricionales presentes en el grano de amaranto. En uno de ellos Cheeke y Bronson encontraron varios factores tóxicos , entre ellos saponinas (9).

En un estudio realizado por Grande y colaboradores (16), se evaluaron los niveles de los factores antinutricionales en el Amaranthus leucocarpus. Dichos factores son: el factor antitripsico (medido en UTI = unidades inhibidoras de tripsina), actividad hemoaglutinante, saponinas y glucósidos cianogénicos. Al analizar el factor antitripsico en la semilla de amaranto cruda se cuantificaron 8017 UTI/g de muestra , que comparados con los niveles encontrados en la soya cruda (70,000 a 100,000 UTI/g), resultaron insignificantes. Cuando el amaranto fue tostado, los niveles bajaron a 1636 UIT/g.; lo que indica que la temperatura disminuye el factor antitripsico. Una amplia variedad de plantas contienen fracciones proteicas las cuales inhiben la digestión de proteínas en el tracto digestivo de los animales. Los inhibidores de tripsina de la pasta de soya son los más conocidos y ampliamente estudiados, los cuales se han encontrado también en otras plantas como la papa (Solanum tuberosum), centeno (Secale cereale), triticale (triticum cereale), cebada (Hordeum vulgare) y alfalfa (Medicago sativa). Los inhibidores de tripsina y quimiotripsina más conocidos son el Inhibidor Bowman-Birk y el Kunitz los cuales tienen un sitio específico, en el cual se unirá a la enzimas formando un complejo irreversible e impidiendo que estas sigan hidrolizando los enlaces peptídicos de las proteínas. El papel fisiológico de los Inhibidores de Tripsina en las plantas es incierto , pero pueden estar involucradas en mecanismos de defensa (10).

Algunos de los efectos que se pueden presentar por una ingestión alta de Inhibidores de Tripsina son: un pobre crecimiento , reducción del consumo de alimentos , y de la digestión de proteínas , hipertrofia pancreática y una deficiencia de aminoácidos sulfurados.(10).

La actividad hemoaglutinante en el amaranto crudo presentó cantidades relativamente importantes (aglutinación hasta 5 con sangre humana) observándose que con el tostado disminuyó a cero (16). En la determinación de saponinas en la semilla sin tostar se encontró que la producción de espuma alcanzaba 1.2 cm. y en la semilla tostada de 0.4 cm (16). Las saponinas están ampliamente distribuidas en el reino vegetal, existiendo de 400 a 500 especies en 80 familias diferentes. Algunas de estas semillas son Liláceas, leguminosas y gramíneas. Se han encontrado saponinas en raíces, tubérculos, hojas, frutos, flores y semillas. Se consideran que las saponinas están presentes en la mayoría de los forrajes, aunque sólo las leguminosas presentan cantidades apreciables. El efecto que éstas sustancias producen en los animales es muy variado producen: irritación gastrointestinal, disminución del consumo de alimento en monogástricos por baja palatabilidad. Se ligan, in vitro; a las proteínas con lo que inhiben su digestibilidad. Además actúan como inhibidores de tripsina y producen timpanismo en rumiantes, hemólisis de glóbulos rojos y de otras células sanguíneas, intoxicación asociada con gastroenteritis, ulceración del aparato digestivo y parálisis general, disminuyen la tensión superficial, remueven algunos elementos de la membrana celular rompiéndola y dejando algunos orificios; reducen el volumen de bilirrubina, ya que son hepatotóxicas (29).

En el mismo trabajo de Grande y col. (16) en la semilla cruda de amaranto no encontraron glucósidos cianogénicos. Estas sustancias tóxicas son azúcares unidos a una aglicona y a un cianuro, se conocen 21 glucósidos cianogénicos distribuidos en más de 250 plantas, los cuales pueden ser liberados por la hidrólisis enzimática de la β glucosidasa, por lo que el cianuro queda libre e inhibe a la enzima citocromo oxidasa, deteniéndose la utilización del oxígeno para la producción de energía y la consiguiente muerte de la célula(10).

Se han probado hasta la fecha diversas formas de procesamiento del amaranto, para disminuir los factores toxicológicos, como para mejorar la presentación del grano para el consumo humano. Dichas formas son : tostado, reventado, cocimiento alcalino germinado y el sistema de lecho fluidizado (6,8,27,31).

En el cuadro 4 se muestra un resumen del empleo de este grano en la alimentación animal. Sin embargo , en la mayor cantidad de estudios no indican la calidad o cantidad de proteína verdadera en este grano.

Alejandre (1), encontró que el amaranto reventado presenta mayor disponibilidad de nutrientes y al usarse sin procesar (crudo) se necesita una mayor cantidad de este para producir 1 Kg de carne.

En México, la semilla de amaranto se consume principalmente reventada. Este proceso se realiza en un comal (superficie plana de barro o metal caliente) sin ningún control de temperatura y tiempo, lo que ocasiona pérdidas substanciales de semillas y nutrientes. con un porcentaje de semilla reventada de un 62 a un 67% (27) quedando un subproducto que es el grano de amaranto no reventado y que no es utilizado para consumo humano, por lo que se puede utilizar para la alimentación animal.

Con base en esto, en la presente investigación se realizó la caracterización química de los nutrimentos del grano de amaranto crudo , el reventado y el no reventado. Los cuales se compararán entre sí; así como la determinación de factores antinutricionales en los tres estados, para posteriormente evaluar los resultados.

HIPÓTESIS

1.- Los nutrimentos encontrados en el amaranto no reventado se mantienen en buenas proporciones, después del calentamiento y permanecen sin variación tanto en el grano reventado como en el no reventado.

2.- El proceso al que se somete el amaranto para reventarlo afecta en una proporción mínima la digestibilidad en vitro de la proteína.

3.- El proceso de calentamiento al grano de amaranto disminuye los factores antinutricionales.

OBJETIVOS

1.- Realizar la caracterización química del grano de amaranto crudo, o procesado por calentamiento (reventado o no reventado).

2.- Comparar los nutrimentos en los tres tipos de amaranto anteriormente citados.

3.- Determinar el efecto del proceso de calentamiento del grano sobre los factores antinutricionales.

4.- Determinar la cantidad de proteína verdadera y digestibilidad de la proteína en el grano de amaranto crudo o procesado (reventado o no reventado).

MATERIAL Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica de la Fac. de Medicina Veterinaria y Zootecnia, de la U.N.A.M., así como en el Instituto Nacional de la Nutrición Salvador Zubirán.

El material que se utilizó fue:

- a) Amaranto crudo
- b) Amaranto procesado reventado
- c) Amaranto procesado no reventado.

Las semillas fueron obtenidas en un centro amarantero del área de Tulyehualco. Se compró 3Kg de muestra la cual se dividió en 2 lotes. Con el primer lote se trabajó la semilla cruda y, el segundo lote fue sometido al calentamiento en un recipiente de aluminio, utilizándose una parrilla eléctrica, la temperatura aproximada fue entre 200 y 300 grados centígrados y se fueron tomando pequeñas cantidades de la semilla de amaranto, se calentaba y continuamente se movía para que fuera uniforme el calor y se expandiera la semilla. Cuando se obtenía el mayor porcentaje de semilla expandida (70% aproximadamente) se retiraba del calor y se separaba la semilla tostada de la que se reventó. Posteriormente se realizó el muestreo por cuarteo para obtener 5 muestras para cada lote en los cuales se realizaron las determinaciones de laboratorio. Los tratamientos quedaron así:

- T 1 - semilla cruda
- T 2 - semilla procesada reventada
- T 3 - semilla procesada no reventada.

Los análisis que se efectuaron fueron :

- a) El análisis químico proximal (A.O.A.C.)(30)
- b) La proteína digestible (A.O.A.C.)(30)
- c) La proteína verdadera (A.O.A.C.)(30)

- d) La proteína soluble (A.O.A.C.)(30)
- e) Nitrógeno soluble (A.O.A.C.)(30)
- f) Actividad hemoaglutinante (A.O.A.C.)(30)
- g) Saponinas (DOMÍNGUEZ)(13)
- h) Inhibidores de tripsina (KAKADE)(17)
- i) Glucósidos cianogénicos (A.O.A.C.)(30)

Con los resultados del análisis químico próximo se estimaron los nutrientes digestibles totales y el aporte de energía de acuerdo a las siguientes fórmulas:

$$\text{NDT} = \frac{\text{PC} (.75) + \text{E.F.} (.9) (2.25) + \text{F.C.} (.5) + \text{E.L.N.} (.9)}{100}$$

$$\text{E.D.} = \text{NDT} \times 4.400 \text{ (11)}$$

Para rumiantes

$$\text{E.M.} = \text{NDT} \times 3.615 \text{ (11)}$$

Para cerdos

$$\text{E.M.} = \text{E.D.} (\text{Kcal/ Kg}) \times 0.96 - (0.202 \times \%P V)$$

DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó un diseño completamente aleatorio con tres tratamientos y 5 repeticiones y las diferencias entre las medias de los tratamientos se evaluaron por medio de la prueba de Tukey (0.05) (19).

La determinación de saponinas , actividad hemoaglutinante y glucósidos cianogénicos primeramente se realizo en forma cualitativa y debido a que sólo se detectaron su presencia en cantidades ínfimas en los lotes estudiados, se excluyeron del análisis estadístico.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos en el presente trabajo se presentan en cuadros 5,6,7,y 8.

En el cuadro 5 se observa la composición proximal y algunas estimaciones de energía del grano de amaranto crudo, reventado y no reventado. En el cuadro 6 y 7 se caracteriza el contenido de proteína del grano de Amaranto crudo, reventado y no reventado. Mientras que en el cuadro 8 se indica el contenido de tóxicos en el grano de amaranto crudo, reventado y no reventado.

DISCUSIÓN

HUMEDAD Y MATERIA SECA

Como se observa en el cuadro 5 la humedad disminuyó con el proceso de calentamiento, observándose que para el grano de amaranto reventado y el no reventado hubo una disminución de 34.69% y 62.33% respectivamente en comparación con el amaranto crudo ; esto marcó una diferencia estadística ($P < 0.05$). Esta disminución de agua no afecta la disponibilidad de nutrientes. Como la materia seca es consecuencia de la humedad , esta aumentó y por consiguiente la concentración de nutrientes también se vio incrementada .

PROTEÍNA

Con respecto a la proteína , ésta aumentó en el amaranto reventado en un 7.9%; en cambio en el amaranto tostado (no reventado) el incremento fué de un 2.8%, con respecto al crudo, mostrando así diferencia estadística significativa ($P < 0.05$). En relación a la caracterización de la proteína se observó que la proteína digestible disminuyó en el amaranto reventado en un 3.25% y, el amaranto no reventado en un 1.46%. No hubo diferencia estadística ($P > 0.05$), por lo que se puede afirmar que el calentamiento no afectó la digestibilidad del amaranto.

La proteína verdadera aumento considerablemente siendo el incremento en el amaranto reventado de un 22.38% en relación al amaranto crudo y , para el amaranto no reventado el aumento fue de un 13.21%; estos datos si presentaron diferencia estadística ($P < 0.05$). Esto se puede deber a que la proteína aumento su disponibilidad con el calentamiento.

En la proteína soluble, del grano de amaranto procesado comparando con la proteína soluble del amaranto crudo, se observó una disminución en el amaranto reventado (68.22%) y en el amaranto no reventado de un 33.85%. La diferencia

fué estadística ($P<0.05$) con lo cual se puede inferir que el calentamiento provocó que la naturaleza proteica cambiara y fuera menos soluble en la saliva . El nitrógeno soluble se encontró con una proporción igual a la proteína soluble.

EXTRACTO ETÉREO

El extracto etéreo disminuyó con el proceso de calentamiento , observándose que para el amaranto reventado, la disminución fue de un 18% y, para el que no reventado de un 26.18% en relación al amaranto crudo . Por lo que se puede indicar que el calentamiento tuvo un efecto negativo al perderse cierta cantidad de lípidos que representan una diferencia estadística ($P<0.05$).

FIBRA CRUDA

En cuanto a fibra cruda , como se observa en el cuadro 5, no se detectaron diferencias significativas ($P<0.05$) entre tratamientos; sin embargo , fue posible observar que mientras en el amaranto reventado la fibra cruda disminuyó en un 4.2%, en el caso del amaranto no reventado (tostado) presentó un 51% mayor que el grano crudo , probablemente este mayor nivel de fibra cruda influyó para que dicho grano no reventara.

CENIZAS

Las cenizas, en comparación con el grano crudo , presentaron en el amaranto reventado un aumento en un 11.76% y, en el amaranto no reventado 8.8%; sin embargo las diferencias no fueron estadísticamente significativas ($P>0.05$).

ELEMENTOS LIBRES DE NITRÓGENO (E.L.N.)

El extracto libre de nitrógeno no presentó cambios significativos ($P>0.05$) para los tres tratamientos y tampoco se observó diferencia estadística.

NUTRIMENTOS DIGESTIBLES TOTALES (N.D.T.)

Estos disminuyeron ligeramente en un 2.23% para el amaranto reventado y, en un 3.26% para el amaranto no reventado, en comparación con el amaranto crudo. No obstante la diferencia no fue significativa ($P > 0.05$). Sin embargo, los N.D.T. tendieron a disminuir en el grano procesado principalmente por la pérdida de lípidos anteriormente indicada.

FACTORES ANTINUTRICIONALES

No se encontraron saponinas, actividad hemoaglutinante ni glucósidos cianogénicos a la evaluación cualitativa. Aunque otros autores (11,16) han encontrado los dos primeros factores tóxicológicos, ninguno ha encontrado glucósidos cianogénicos

Los inhibidores de tripsina se encontraron en el grano de amaranto (1000 UIT) y con el calentamiento al que fue sometido el amaranto se eliminaron completamente. Estos datos son menores a los encontrados por Grande y col. (16)

De acuerdo a lo observado en este estudio, se puede decir que el grano de amaranto es un alimento tanto energético como proteico y cuando se compara con otros cereales; se puede observar que es superior a estos en cuanto a proteína. El contenido de proteína de los cereales utilizados en México varía desde 8.55% para el maíz hasta el 15.54% en el caso de salvado de trigo, mientras que en el grano de amaranto el porcentaje varió de 17.38% hasta el 18.77% para el amaranto reventado. Además, según la literatura, el grano de amaranto presenta un alto contenido en lisina, aminoácido deficiente en algunos

cereales. Es importante hacer mención que algunos trabajos reportan que la calidad de la proteína del amaranto es muy cercana a la proteína ideal de la OMS-FAO. (15,16,23)

En cuanto a la estimación de aporte de energía, los resultados obtenidos en este estudio muestran que tiene un valor energético alto en comparación a algunos cereales por su alto contenido en almidones.

La harina de semilla de amaranto tiene un buen aporte de proteína que la hace útil como fuente nitrogenada para medios de cultivos de hongos patógenos (26).

Dadas las características del grano del amaranto, de tener un buen aporte de energía y de proteína, es posible utilizar este alimento tanto en no rumiantes: cerdos, aves, conejos y animales de laboratorio; como en rumiantes: vacas lecheras y, esto es debido a que al ser alto en energía y proteína da oportunidad a la persona que elabora una ración para incluir otros alimentos con menores aportes de estos nutrimentos, que pueden disminuir los costos de la ración.

Por todo lo anteriormente expuesto, se puede concluir que el grano de amaranto es un alimento potencial en la alimentación animal y que tendría restricciones en el caso de ser utilizado crudo y, en cuanto al reventado y al tostado su única limitante sería su disponibilidad y precio en el mercado.

cereales. Es importante hacer mención que algunos trabajos reportan que la calidad de la proteína del amaranto es muy cercana a la proteína ideal de la OMS-FAO. (15,16,23)

En cuanto a la estimación de aporte de energía, los resultados obtenidos en este estudio muestran que tiene un valor energético alto en comparación a algunos cereales por su alto contenido en almidones.

La harina de semilla de amaranto tiene un buen aporte de proteína que la hace útil como fuente nitrogenada para medios de cultivos de hongos patógenos (26).

Dadas las características del grano del amaranto, de tener un buen aporte de energía y de proteína, es posible utilizar este alimento tanto en no rumiantes: cerdos aves conejos y animales de laboratorio ; como en rumiantes : vacas lecheras y, esto es debido a que al ser alto en energía y proteína da oportunidad a la persona que elabora una ración para incluir otros alimentos con menores aportes de estos nutrimentos , que pueden disminuir los costos de la ración.

Por todo lo anteriormente expuesto , se puede concluir que el grano de amaranto es un alimento potencial en la alimentación animal y que tendría restricciones en el caso de ser utilizado crudo y, en cuanto al reventado y al tostado su única limitante sería su disponibilidad y precio en el mercado .

LITERATURA CITADA

- 1.- Alejandro, I. G., Cabrales, F. J. M.: Evaluación de dietas avícolas a base de amaranto. Memorias: Primer Congreso Internacional del Amaranto. Pua UNAM Oaxtepec Mor. 10. 1991.
- 2.- Art, G. L., Calderón, M. y Suárez, R. G. : Utilización del amaranto (Amaranthus hypochondriacus) ensilado para la alimentación de ovinos. Memorias: Coloquio Nacional del Amaranto. Instituto de desarrollo Estatal para la acción social .Querétaro Qro. pag. 204 -211.1987.
- 3.- Audiffred, P. M. : Fuentes no tradicionales de alimento y su empleo en la alimentación de aves de 1980 a 1986. Estudio recapitulativo. Tesis de Licenciatura. Fac. de Med. Vet y Zoot. U.N.A.M.. D.F. 1988.
- 4.-Betschart, W. E., Irving, D. W., Sheppard, A. D. and Saunders, R. M. :Amaranthus cruentus Milling characteristics, distribution of nutrients within seed componets, and the effects of temperature on nutritional quality. J.Food Sci. 46: 1181 -1187. (1981)
- 5.- Bourges H.: Panorama de la alimentación y la Nutrición en México. Memorias: Seminario sobre la alimentación en México. Ed. Dra.Teresa Reyna Trujillo. Instituto de Geografía México D.F.:pag. 27-48. 1984.
- 6.- Bressani, R.: Efecto del procesamiento térmico húmedo ó seco sobre la calidad proteínica del grano de amaranto. Memorias: Primer Seminario Nacional del Amaranto. Vol.1. Colegio de Posgraduados. Chapingo, México. 1984.

- 7.- Castañeda, C. L., Suarez, R. G., Valdés, L. A.: Evaluación del Amaranto (Amaranthus hypochondriacus L.) como hortaliza en comparación con la espinaca (Spinaciaoleracea c.v. Viroflay). Memorias: Coloquio Nacional del Amaranto. Instituto de Desarrollo Estatal para la acción social. Querétaro Qro.: 150-161.1987.
- 8.- Cervantes, S. J. M.: EL Amaranto: Recurso forrajero Mexicano no aprovechado. Revista Veterinaria México ,XVII,;289 - 296.(1987).
- 9.- Cheeke, P. R. and Bronson J.: Feeding trials with amaranthus grain forage and leaf protein concentrates. 2nd Amaranth Conf. Rodale Press, Inc. Emmaus,P. A. 5-11.1980.
- 10.- Cheke, P. R. and Shull, R. L.: Natural Toxicants in feed and poisonous plants .The Avi Publishing Company. Inc. Avi Westport Conecticut USA . 1985.
- 11.- Church, D.C., Pond, W. G.: Fundamentos de nutrición y alimentación de los animales.1a.ed. Limusa México. 1987.
- 12.- Correa, A. D., Jokl, L., Carlsson, R.: Chemical constituents in vitro protein digestibility, and presence of antinutritional substances in amaranth grains. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 36(2) 319-326 1986.
- 13.- Domínguez, X. A. :Métodos de investigación Fitoquímica. Limusa México 1973.
- 14.- Granados, H., Maya, S., Carmona, A.: Estudios sobre el valor Nutritivo del Amaranto (Amaranthus hypochondriacus tipo azteca) en la rata albina Rattus norvegicus albinus) I.Crecimiento comparativo de Purina Sola y combinada con

amaranto. Memorias: Primer Congreso Internacional del Amaranto. PUAL UNAM. Oaxtepec Mor.75,1991.

15.- Granados, S. A., Lopez, G. R.: Chinanpas; historia y etnobotánica de la "Alegria" (Amaranthus hypochondriacus L.) Domesticación de la verdolaga (Postula oleracea) y morerillo (Suaedifusa wats). Memorias: Primer Seminario del Amaranto, Vol.I Colegio de Posgraduados. Chapingo, México, 1984.

16.- Grande, C. D., Perez, Gil, R. F., Carranco, D. M. y Arellano, M. L.: Características Químicas Biológicas y Toxicológicas del Amaranto. Memorias: Coloquio Nacional del Amaranto. Instituto de Desarrollo Estatal para la acción social Querétaro, Qro.:171-184. 1987.

17.- Kakade, M. L., Rickis, J. J., Mc.Gher, J. E. and Puski, G.: Determinación of tripsin and inhibitor activity of soy products a colaborative analysis of an improved procedure. Cereal Chem. 51.376. 1974.

18.-Laovoravit, N. L., Kratzer, F. H. and Becker, R.: The nutritional value of amaranth for feeding chickens. Poultry Science 65: 1365-1370. (1986).

19.- Little, M. T. and Hills, J. F. :Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. Trillas, México 1979.

20.-Martínez, F. S., Cueva, T. B., Cortina, A., Segura, N. M.: Identificación de Albúminas con alto contenido en aminoácidos azufrados de semillas de Amaranthus hypochondriacus. Memorias: Primer Congreso Internacional del amaranto. PUAL UNAM Oaxtepec Mor. México.100.1991.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

- 21.- Ortiz, R., Ortega, M., Vázquez, L., Sánchez, L., Maldonado, G., Lascurrain, R., Montaño, L. F. y Zenteno, E.: Alternativas de aplicación Biotecnológica de las semillas de Amaranaceas. Memorias: Primer congreso Internacional del Amaranato. PUAL UNAM Oaxtepec Mor.México.85.1991.
- 22.- Pérez, E., Bahnassey, Y. Breene, W. M.: Algunas características químicas y propiedades funcionales del almidón de Amaranthus hypochondriacus y Amaranthus cruentus. Memorias. 1er Congreso Internacional del Amaranato. PUAL UNAM Oaxtepec Mor. México 89. 1991.
- 23.- Pedersen, B., Kalinowski, L. S. and Eggum B.O.: The nutritive value of amaranth grain (Amaranthus caudatus). Plan foods for Human Nutrition. 36: 309-324 (1987).
- 24.- Prakash, D., Banerji, R., and Pal, M. I.: Fat and Fatty acid composition of amaranth seeds. Memorias: Primer Congreso Internacional del Amaranato. PUAL UNAM Oaxtepec Mor. México 86, 1991.
- 25.- Reyna, T. T.: Requerimientos climáticos para el cultivo del Amaranato (Amaranthus spp) en México. Memorias: Primer Seminario de Amaranato. Vol. I. Colegio de Posgraduados .Chapingo México.:241-243. 1984.
- 26.- Romero, M. R., López, M.R., Méndez, T. L.: Harina de semilla de amaranato como fuente de nitrógeno para medios de cultivo de hongos patógenos. Memorias: Primer Congreso Internacional del Amaranato. PUAL UNAM Oaxtepec Mor. México_92 -94 , 1991.

- 27.- Soriano, S. J., Brito dela F. G. y Tovar, G. L. R.: Valor nutritivo de semillas de Amaranto procesadas mediante un sistema de lecho fluidizado. Memorias. Coloquio Nacional del Amaranto. Instituto de desarrollo Estatal para la acción Social. Querétaro Qro.: 233-241. 1987.
- 28.- Suárez, R. G.: Amaranto cultivo antiguo, nueva alternativa. Agrosíntesis 15, México.: 30-32 (1984).
- 29.- Suárez, R. G., Villareal, E. y Cervantes, S. J. M.: Estudio preliminar de saponinas en cinco variedades de Amaranto (Amaranthus spp) Memorias .Coloquio Nacional del Amaranto. Instituto de Desarrollo Estatal para la Acción Social. Querétaro, Qro.: 171-184, 1987.
- 30.- Tejada, de H. I.: Manual de laboratorio para análisis de ingredientes utilizados en la alimentación animal. Patronato de apoyo a la investigación y experimentación pecuaria en México, A. C. 1era. ed.1985.
- 31.- Tena. F.J. A.: Efecto de los diferentes tratamientos fisico-químicos en la calidad nutricional del amaranto. Memorias. Coloquio Nacional del Amaranto Instituto de Desarrollo Estatal para la Acción Social. Querétaro Qro.: 232. 1987.
- 32.- Tena, F. J. A.: Fraccionamiento de las proteínas del grano de amaranto sometido a diferentes tratamientos. Memorias. Primer Congreso Internacional del Amaranto. PUAL UNAM Oaxtepec Mor.96.1991.
- 33.- Tillman, P. B. and Waldroup, P. W.: Processing grain Amaranth for use in broiler diets. Poultry Science 65 :1960-1954 (1985).

- 34.- Tillman, P. B., and Waldroup, P. W.: Effects of feeding Extruded Grain Amaranth to Laying Hens. Poultry Science 66 : 1697- 1701 (1987).
- 35.- Turriza, E. L., Soto, V. J., Escalante, P. R., Maciel, C. T., Bojorques R. O. y Ku, C. J.: Investigaciones preliminares en el cultivo del amaranto (Amaranthus spp) en el estado de campeche. Memorias. Coloquio Nacional del Amaranto. Instituto de Desarrollo Estatal para la acción Social Querétaro Qro.: 19-26. 1987.
- 36.- Vázquez, C. M. G., Espitia, R. E. y Márquez, S. A. R.: Efecto de localidad, métodos de reventado y genotipo en el potencial de reventado y la calidad proteínica del amaranto. Memorias. Coloquio Nacional del Amaranto. Instituto de Desarrollo Estatal para la acción Social. Querétaro, Qro.:171-184.1987.
- 37.- Vázquez, C. G. y Sevilla, P. E.: Evaluación de rancidez en Amaranto reventado. Memorias Primer Congreso Internacional del Amaranto, PUAL UNAM Oaxtepec Mor.87,1991.
38. - Wang, S.: A study on the nutritive value of amaranth seeds. Memorias. Primer Congreso Internacional del Amaranto. PUAL UNAM Oaxtepec Mor. : 77-86, 1991.

Cuadro 1 COMPOSICIÓN PROXIMAL DEL GRANO DE AMARANTO (*Amaranthus spp*) SEGUN DIFERENTES AUTORES

CONCEPTO	AUTORES		
	1	2	3
M.S. %	100.00	100.00	100.00
P.C. %	15.66	13.5	14.00
E.E. %	5.8	6.7	10.00
F.C.%	2.6	2.5	8.00
CENIZAS %	3.2	2.9	2.5
E.L.N. %	72.8	74.4	65.5
N.D.T.%	90.3	91.89	83.92
E.D.(kcal /Kg)	3981.32	4051.00	3700.00
E.M. m.(Kcal/kg)	3818.90	3886.24	3549.18
E.M. r.(Kcal/Kg)	3264.68	3321.82	3034.00

1.-Correa,A.D *et al.* 1986.(12)

2.-Laovoravit *et al.* 1986 (18)

3.-Pedersen B. *et al.* 1986 (23)

m= monogasticos

r= rumiantes

**Cuadro 2. BALANCE DE AMINOÁCIDOS DEL GRANO DE AMARANTO
CRUDO SEGÚN DIVERSOS AUTORES.**

CONCEPTO	AUTORES		
	1	2	3
LISINA	1.08	0.88	0.80
METIONINA	0.46	0.35	0.33
SERINA	1.20	0.81	0.85
GLICINA	1.36	1.08	0.97
ISOLEUCINA	0.72	0.57	0.50
CISTEINA	0.55	0.32	0.31
LEUCINA	1.10	0.86	0.75
TIROSINA	0.71	0.53	0.48
FENILALANINA	0.78	0.65	0.53
TREONINA	0.73	0.53	0.47
VALINA	0.84	0.64	0.59
ARGININA	1.82	1.43	1.31
HISTIDINA	0.51	0.40	0.36
TRIPTOFANO	0.13	0.19	0.20
ACIDO ASPARTICO	3.26	-----	1.08
ACIDO GLUTAMICO	1.54	-----	2.31
PROLINA	0.74	-----	0.56
ALANINA	0.72	-----	0.56
TIAMINA	0.72	-----	-----

VALORES EXPRESADOS EN 100% DE M.S.

- 1.-Laovoravit *et al* 1986 (18)
- 2.-Tillman y Wadgroup 1986 (34)
3. Pedersen *et al* 1986. (23)

Cuadro 3 NIVELES DE ÁCIDOS GRASOS REPORTADOS POR ALGUNOS INVESTIGADORES

CONCEPTO	AUTORES		
	1	2	3
ÁCIDO PALMITICO %	22.64	20.95	-----
ÁCIDO ESTEARICO %	-----	1.9	-----
ÁCIDO OLEICO %	28.4	32.05	26.4
ÁCIDO LINOLEICO %	48.9	41.25	46.5
OTROS ÁCIDOS GRASOS %	1.7	-----	-----

1.-Wang Shufen 1991 (38)

2.-Prakas D. *et al* 1991 (24)

3.- Vazquez *et al* 1991 (37)

Cuadro 4 UTILIZACIÓN DEL GRANO DE AMARANTO EN ALIMENTACIÓN ANIMAL.

AUTORES	ESPECIE DE AMARANTO	ANIMAL	RESULTADOS	OBSERVACIONES
Cheeke y Bronson (1981) USA (9)	A. leucocarpus	Ratas	Pobre crecimiento	Se adjudica a la presencia de taninos
Granados et al (1991) México (14)	A. spp.	Ratas albinas	Mejor crecimiento con A. tostado	Inclusión 10%
Laovoravit et al (1986) USA (18)	A. cruentus	Pollos de engorda	Mejor crecimiento con A. reventado	Inclusión 40%
Alejandro et al (1991) México (1)	A. cruentus	Pollos de engorda	Mayor crecimiento con A. reventado	Inclusión 40%
Tillman et al (1985) USA (33)	A. cruentus	Pollos de engorda	Buen crecimiento con A. sometido al autoclave	Inclusión 20%
Wang et al (1991) Taiwan (39)	A. hybridus	Gallina ponedora	Un incremento en los parámetros de producción A. crudo.	Inclusión 20%
Tillman et al (1987) USA (34)	A. cruentus	Gallina ponedora	Altos los parámetros de producción con A. extruido.	Inclusión 10%

Cuadro 5. COMPOSICIÓN QUÍMICO PROXIMAL DEL GRANO DE AMARANTO CRUDO, REVENTADO Y NO REVENTADO

CONCEPTO	AMARANTO		
	CRUDO	REVENTADO	NO REVENTADO
M.S.	90.23a	93.62b	96.32c
P.C	17.38a	18.77c	17.87b
E.E.	7.41c	6.07b	5.47a
F.C	3.31	3.17	5.0
CENIZAS	3.06	3.42	3.33
E.L.N.	68.17	68.34	68.40
N.D.T.	91.40	89.40	88.51
E.D.*	4028.28	3935.45	3902.57
E.M. m*	3864.34	3780.18	3742.70
E.M. r.*	3304.43	3232.14	3199.96

a,b,c, distinta literal en el mismo renglón indica diferencia estadística significativa (P0.05)

* Expresado en Kcal/Kg

m = para monogástricos

r = para rumiantes.

CUADRO 6 CARACTERIZACION PROTEICA DEL GRANO DE AMARANTO CRUDO, REVENTADO, Y NO REVENTADO

CONCEPTO	AMARANTO		
	CRUDO	REVENTADO	NO REVENTADO
P.TOTAL %	17.38a	18.77c	17.87b
P. DIGESTIBLE %	15.05	14.56	14.83
P. VERDADERA %	12.41a	14.94c	14.05b
P.SOLUBLE %	1.92c	0.61a	1.27b
N. SOLUBLE %	0.30c	0.09	0.20

a,b,c, distinta literal en el mismo renglón indica diferencia estadística significativa ($P < 0.05$).

CUADRO 7 CARACTERIZACION PROTEICA REPRESENTADOS EN 100% DE PROTEINA TOTAL DE AMARANTO CRUDO, REVENTADO Y NO REVENTADO.

CONCEPTO	AMARANTO		
	CRUDO	REVENTADO	NO REVENTADO
P. TOTAL %	100.00 (17.38)	100.00 (18.77)	100.00 (17.87)
P. DIGESTIBLE %	86.58	77.55	83.00
P. VERDADERA %	71.40a	79.59c	78.62b
P. SOLUBLE %	11.05c	3.25a	7.11b
N. SOLUBLE %	1.72c	0.47a	1.11b

a,b,c, distinta literal en el mismo renglón indica diferencia estadística significativa ($P < 0.05$).

CUADRO 8 CONTENIDO DE TÓXICOS EN GRANO DE AMARANTO CRUDO, REVENTADO Y SIN REVENTAR

CONCEPTO	AMARANTO		
	CRUDO	REVENTADO	NO REVENTADO
SAPONINAS**	NO DETECTABLE	NO DETECTABLE	NO DETECTABLE
GLUCÓSIDOS	NO	NO	NO
CIANOGÉNICOS**	DETECTABLE	DETECTABLE	DETECTABLE
INHIBIDORES DE TRIPSINA*	1028	CERO	CERO
ACTIVIDAD**	NO	NO	NO
HEMOAGLUTINANTE	DETECTABLE	DETECTABLE	DETECTABLE

a,b,c, distinta literal en el mismo renglón indica diferencia estadística significativa (P 0.05).

* Unidades de inhibido de tripsina por gramo de muestra

** pruebas cualitativas