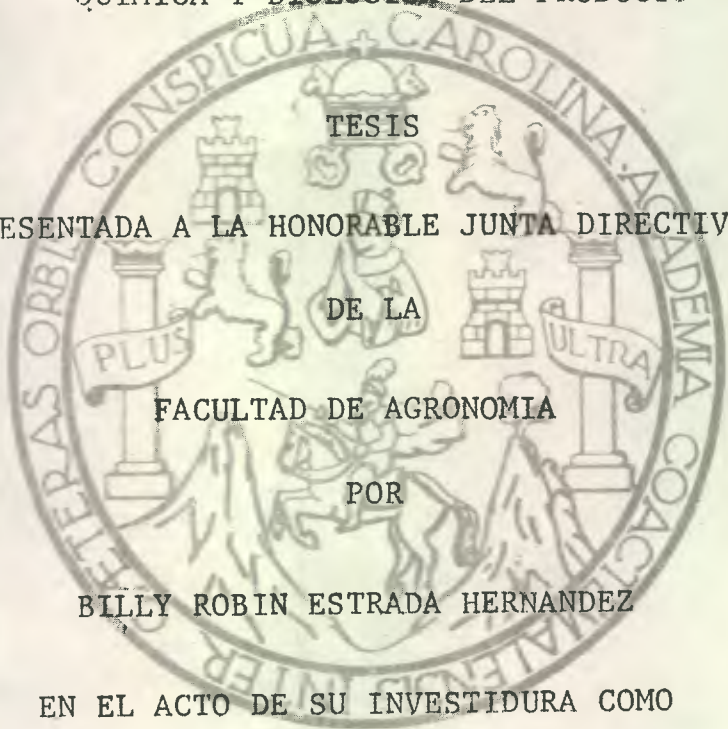


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

"OPTIMIZACION DEL PROCESO TERMICO HUMEDO EN TRES
ESPECIES DE AMARANTO DE GRANO (Amaranthus spp.)
EN UN SECADOR DE RODOS, MEDIANTE EVALUACION
QUIMICA Y BIOLOGICA DEL PRODUCTO"



TESIS
PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA
DE LA
FACULTAD DE AGRONOMIA
POR
BILLY ROBIN ESTRADA HERNANDEZ
EN EL ACTO DE SU INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRONOMO

EN EL GRADO ACADEMICO DE

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

Guatemala, Febrero de 1990.

T-476

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

DL
01
T(1310)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Lic. Roderico Segura Trujillo

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO:	Ing. Agr. Aníbal B. Martínez M.
VOCAL PRIMERO:	Ing. Agr. Gustavo A. Méndez
VOCAL SEGUNDO:	Ing. Agr. Efraín Medina
VOCAL TERCERO:	Ing. Agr. Wotzbelí Méndez Estrada
VOCAL CUARTO:	Br. Julio López Maldonado
VOCAL QUINTO:	P. Agr. Hernán Perla González
SECRETARIO:	Ing. Agr. Rolando Lara Alecio.

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO:	Dr. Antonio Sandoval S.
EXAMINADOR:	Ing. Agr. Manuel Martínez Ovalle
EXAMINADOR:	Ing. Agr. Gustavo Aldolfo Méndez
EXAMINADOR:	Ing. Agr. Mario Efraín Portillo
SECRETARIO:	Ing. Agr. Carlos R. Fernández Pérez

INSTITUTO DE NUTRICION DE CENTRO AMERICA Y PANAMA

OFICINA SANITARIA PANAMERICANA
Oficina Regional de la
ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD

7 noviembre 1989

IN-CA-CI-9-348

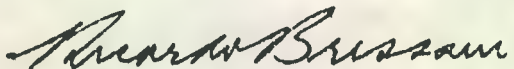
Ing. Agrónomo
Hugo A. Tobías
Director Instituto de
Investigaciones Agronómicas
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala
Ciudad Universitaria zona 12
Ciudad

Señor Director:

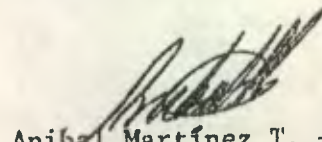
Tenemos el agrado de informarle que hemos concluido el asesoramien-
to y la revisión del documento final del trabajo de tesis del Bachiller
Billy Robin Estrada Hernández, titulado "OPTIMIZACION DEL PROCESO TERMI-
CO HUMEDO EN TRES ESPECIES DE AMARANTO DE GRANO (*Amaranthus* spp.) EN UN
SECADOR DE RODOS MEDIANTE EVALUACION QUIMICA Y BIOLOGICA DEL PRODUCTO".

Considerando que el presente trabajo llena todos los requisitos de
una tesis de grado y que además constituye un valioso aporte en el cono-
cimiento de la utilización de este recursos nutricional, recomendamos su
aprobación.

Atentamente,



Ricardo Bressani - Coordinador
Investigación en Ciencias
Agrícolas y de Alimentos
Asesor



Anibal Martínez T. - Decano
Facultad de Agronomía - USAC
Asesor

RB/mr

Guatemala, 22 de enero de 1,990

Señores:
Honorable Junta Directiva
Facultad de Agronomía
Universidad de san Carlos de Guatemala
Presente

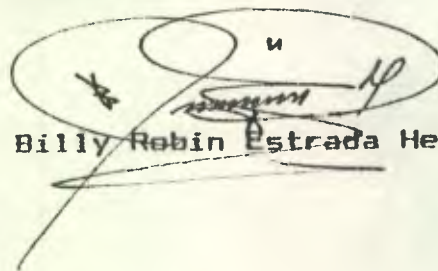
Señores:

De conformidad con las normas establecidas en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado: "Optimización del proceso térmico húmedo en tres especies de amaranto de grano (Amaranthus spp.), en un secador de rodos, mediante evaluación química y biológica del grano".

La aprobación de dicho trabajo, es requisito previo para optar el título de Ingeniero Agrónomo, en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Esperando contar con la aprobación del mismo.

Atentamente,

A handwritten signature in black ink, enclosed in a large, hand-drawn oval. The signature is stylized and appears to read "Billy Robin Estrada Hernández". There are some additional scribbles and a small "u" above the signature.

Prof. Billy Robin Estrada Hernández.

DEDICO ESTA TESIS

A: DIOS, LA FUENTE DE TODA SABIDURIA.

A MIS PADRES: JORGE ROMEO ESTRADA
MARTA JULIA HERNANDEZ

A MI NOVIA: MARIA REGINA PADILLA

Porque Jehová da la
sabiduría y de su boca
viene el conocimiento
y la inteligencia.

AGRADECIMIENTOS

- A: La Facultad de Agronomía.
- AL: INCAP por el apoyo en el desarrollo de la investigación.
- AL: Dr. Ricardo Bressani por su ayuda incondicional.
- A: Todo el personal del INCAP.
- A: Oscar Esquivel Rodas por toda su ayuda y colaboración prestada.

INDICE

		<u>PAGINA</u>
I.	INTRODUCCION.	01
II.	JUSTIFICACION.	04
III.	OBJETIVOS.	05
IV.	HIPOTESIS.	06
V.	REVISION DE LITERATURA.	07
VI.	MATERIALES Y METODOS.	16
VII.	RESULTADOS.	21
VIII.	DISCUSION DE RESULTADOS.	63
IX.	CONCLUSIONES.	67
X.	RECOMENDACIONES.	69
XI.	BIBLIOGRAFIA.	70
XII.	APENDICE.	74

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

FIGURA	DESCRIPCION	PAGINA
1	Absorción de humedad del <u>A. cruentus</u>	22
2	Absorción de humedad del <u>A. caudatus</u>	23
3	Absorción de humedad del <u>A. hypochondriacus</u> .	24
4	Tiempos de remojo del amaranto	25
5	Cromatograma de ácidos grasos del <u>A. cruentus</u> crudo	49
6	Cromatograma de ácidos grasos del <u>A. cruentus</u> procesado térmicamente	49
7	Cromatograma de ácidos grasos del <u>A. caudatus</u> crudo	50
8	Cromatograma de ácidos grasos del <u>A. caudatus</u> procesado térmicamente	50
9	Cromatograma de ácidos grasos del <u>A. hypochondriacus</u> crudo	51
10	Cromatograma de ácidos grasos del <u>A. hypochondriacus</u> procesado	51
CUADRO	DESCRIPCION	PAGINA
1	Resumen del contenido de proteína, lisina disponible y extracto etéreo del amaranto	26
2	Resumen del contenido de almidón dañado del amaranto	27
3	Promedio del contenido de aceite en muestras crudas y procesadas	28
4	Tukey para el contenido promedio de proteína del amaranto	30
5	Tukey para proteína del amaranto en función de la humedad de remojo	30
6	Tukey para proteína del amaranto en función del secado en rodos	31

CUADRO	DESCRIPCION	PAGINA
7	Tukey de proteína de tres especies de amaranto a tres humedades de remojo	31
8	Tukey de proteína de tres especies de amaranto a tres velocidades de secado	33
9	Tukey de proteína para tres humedades y tres velocidades de secado	33
10	Tukey del contenido de proteína para la triple interacción	34
11	Tukey del contenido promedio de grasa de tres especies de amaranto	36
12	Tukey del contenido de grasa del amaranto en función de la humedad	36
13	Tukey del contenido de grasa del amaranto en función del secado en rodos	36
14	Tukey del contenido de grasa de tres especies de amaranto a tres humedades de remojo	38
15	Tukey del contenido de grasa de tres especies de amaranto a tres velocidades de secado	38
16	Tukey del contenido de grasa a tres humedades y tres velocidades de secado	39
17	Tukey del contenido grasa para la triple interacción	41
18	Tukey del contenido promedio de lisina disponible de tres especies de amaranto	43
19	Tukey del contenido de lisina disponible del amaranto en función de la humedad	43
20	Tukey del contenido de lisina disponible del amaranto en función del secado en rodos	43
21	Tukey del contenido de lisina disponible de tres especies de amaranto a tres humedades de remojo	44
22	Tukey del contenido de lisina disponible de grasa de tres especies de amaranto a tres velocidades de secado	44

23	Tukey del contenido de lisina disponible a tres humedades de remojo y tres velocidades de secado	46
24	Tukey del contenido de lisina disponible para la triple interacción	41
25	Resumen de la evaluación biológica del amaranto (NPR y Digestibilidad)	52
26	Tukey del promedio de NPR de tres especies de amaranto	54
27	NPR de tres especies de amaranto en función de la humedad de remojo	54
28	NPR del amaranto en función del secado en rodos	54
29	NPR de tres especies de amaranto a tres humedades de remojo	55
30	NPR de tres especies de amaranto a tres velocidades de secado	55
31	NPR del amaranto a tres humedades de remojo y tres velocidades de secado	56
32	NPR de tres especies de amaranto a tres humedades y tres velocidades de secado	57
33	Digestibilidad promedio del grano de tres especies de amaranto	58
34	Tukey de la digestibilidad del amaranto en función de la humedad	58
35	Digestibilidad promedio del amaranto secado en rodos	58
36	Digestibilidad del amaranto en función de la humedad de remojo	60
37	Digestibilidad del amaranto en función del secado en rodos	60
38	Digestibilidad del amaranto en función de humedad y secado en rodos	61
39	Digestibilidad de tres especies de amaranto a tres humedades y tres velocidades de secado en rodos	62

OPTIMIZACION DEL PROCESO TERMICO HUMEDO EN 3 ESPECIES DE AMARANTO DE GRAND (Amaranthus spp.) EN UN SECADOR DE RODOS, MEDIANTE EVALUACION QUIMICA Y BIOLOGICA DEL PRODUCTO.

OPTIMIZATION OF THE HUMID THERMICAL PROCESS IN THREE DIFFERENT KINDS OF GRAIN AMARANTH (Amaranthus spp.) IN A DRUM DRIER THROUGH CHEMICAL AND BIOLOGICAL EVALUATION OF THE PRODUCT.

RESUMEN

El amaranto es una planta que aún es desconocida por el agricultor moderno. Las características del cultivo y su potencial como fuente de proteína, ha interesado a muchos investigadores en ese campo.

La alta proporción en el contenido de proteína del grano de amaranto, está bien conocida, aunque no toda la proteína se encuentra disponible en el grano crudo, debido a la presencia de ciertos factores antinutricionales termolábiles.

En el presente estudio, fueron evaluadas tres especies de amaranto (A. cruentus, A. caudatus y A. hypochondriacus), y el efecto de el secado en rodos a tres diferentes velocidades de rotación (3, 5 y 7 RPM), luego de habérseles inducido humedad mediante remojo en agua caliente a 60°C. Los factores evaluados fueron: proteína total (N * 6.25), extracto etéreo, lisina disponible, almidón dañado, perfil cromatográfico de ácidos grasos en el aspecto químico, e índice neto de proteína (NPR) y digestibilidad aparente dentro de las evaluaciones biológicas, para lo cual se utilizaron 32 grupos de ratas blancas de 21 días de edad, provenientes de la colonia del INCAP.

El diseño experimental usado fueun completamente al azar, con arreglo factorial 3³, con tres repeticiones para el ensayo qui-

mico y ocho repeticiones para el ensayo biológico. El contenido de proteína fue diferente entre las tres especies evaluadas. El contenido más alto lo presentó el A. cruentus (16.78) y fue estadísticamente diferente al de las dos especies restantes. La velocidad de rotación de los rodos, tuvo una influencia significativa, mostrando valores más altos en proteína (16.33), cuando la muestra se secó a 5 RPM. Los rodos mantuvieron una temperatura promedio de 132°C; la humedad inducida, fue otro factor que tuvo influencia estadística, mostrando los valores más altos de proteína (16.44) con 25% de humedad.

En cuanto al contenido de grasa, el A. cruentus mostró el contenido más alto (8.52). La inducción de humedad y la velocidad de rotación de los rodos, también tuvieron influencia estadística sobre el contenidos de grasa.

En cuanto al contenido de lisina disponible, no hubo diferencias significativas entre especies, siendo el contenido de humedad y la velocidad de rotación de los rodos, los factores que tuvieron influencia estadística en su contenido.

El almidón fue dañado en un 100%, como consecuencia del tratamiento térmico. El perfil de ácidos grasos, evaluado mediante cromatografía gaseosa, no cambió respecto de las muestras crudas.

Para el análisis biológico, se encontró que el valor más alto para NFR (3.59), fue mostrado por el A. cruentus, estadísticamente diferente a los valores mostrados en las dos especies restantes, mientras que el valor más alto para la digestibilidad aparente correspondió al A. caudatus (76.48).

I. INTRODUCCION.

A pesar de los avances tecnológicos de la agricultura, en el mundo se enfrentan grandes problemas de desnutrición, lo que ha obligado a muchos científicos a cifrar esperanzas en cultivos totalmente olvidados por el agricultor moderno. Entre estos cultivos tenemos el chipilín (Crotalaria spp.), la hierba mora (Solanum spp.) y el amaranto (Amaranthus spp.), los cuales son muy utilizados en la dieta alimenticia de la población rural.

Entre las principales ventajas del cultivo del amaranto están su capacidad para desarrollarse sobre un amplio rango de condiciones de suelos; desde ácidos hasta suelos salinos y de textura gruesa hasta una textura fina; además, tiene bajos requerimientos de agua en comparación con otros cultivos como el maíz, arroz y trigo, lo que lo hace resistente a las sequías. Por otro lado, está su adaptación a diferentes condiciones climáticas, que ofrece competencia con las malezas por los nutrientes del suelo. Estas características fueron consideradas en un proyecto preparado en Guatemala en 1981 sobre la búsqueda, conservación y desarrollo de los recursos genéticos vegetales del país, teniendo como base aumentar cada vez más el rendimiento por área y mejorar la cantidad y calidad nutricional de los cultivos básicos de la población de cada país.

El género Amaranthus, comprende a las especies de hoja y semilla de consumo tradicional conocidas comunmente como bledos. Por su aceptación como parte de la dieta de los guatemaltecos, el cultivo debe ser aprovechado para suplir algunas de las necesidades nutricionales, principalmente en la gente de escasos recursos

económicos del país, considerando que el amaranto presenta un valor alto en proteína de buena calidad principalmente por su buen contenido de lisina y aminoácidos azufrados.

A pesar de que el grano de amaranto presenta un porcentaje alto de proteína en relación a la mayoría de cereales, no toda la proteína está disponible, por lo que se alude la posible presencia de factores antifisiológicos en la semilla, los cuales podrían ser los responsables de los bajos valores de la digestibilidad de la proteína.

Se ha determinado que estos factores antinutricionales pueden ser destruidos por acción del calor, aunque esto redundaría en un detrimento del contenido de proteína. Esto podría ser perjudicial en algunos tipos de tratamiento térmico a la semilla, como en el caso del reventado por medio de la tostación.

En el presente trabajo se evaluó el efecto de la deshidratación del grano de tres especies de amaranto, al cual se le indujo previamente humedad mediante remojo en agua a 60°C en porcentajes de 5%, 10% y 15% para obtener de esta manera tres muestras de cada una de las especies evaluadas, con diferente contenido de humedad inducida, las cuales posteriormente se pasaron por un secador de rodos a tres diferentes velocidades de rotación que fueron de 3, 5 y 7 RPM, con lo cual se completó un total de 27 muestras para los ensayos químicos y biológicos.

Los ensayos químicos consistieron en la determinación de: contenido total de proteína (N*6.25), extracto etéreo, porcentaje de almidón dañado, lisina disponible y análisis cromatográfico de aceites. Los ensayos biológicos consistieron en la determinación del NPR (Razón proteínica neta), y digestibilidad aparente de la proteína.

El presente trabajo incluye un análisis estadístico completo para cada uno de los ensayos realizados así como una serie de cuadros en los que se reportan los resultados obtenidos; además, las gráficas del perfil de ácidos grasos (aceites), y las curvas de absorción de humedad para cada una de las especies.

II. JUSTIFICACION.

El amaranto constituye una fuente rica en proteína y además un buen balance en cuanto a su contenido de aminoácidos (principalmente Lisina). La planta ha demostrado una alta capacidad para desarrollarse en condiciones adversas, lo cual representa un futuro promisorio en la búsqueda de alternativas para la solución de desnutrición.

A pesar de la buena proporción de proteína que se encuentra en la semilla del amaranto, no toda es aprovechable debido a la presencia de ciertos factores negativos, los cuales se degradan con calor.

Los procesos térmicos más conocidos son: la cocción, extrusión, el reventado y la deshidratación en secadores de tambor; por lo cual en este estudio se evaluaron diferentes condiciones para el proceso del grano, bajo las cuales hubo diferentes respuestas a los ensayos químicos y biológicos que se realizaron.

III. OBJETIVOS.

1. GENERALES:

- 1.1. Determinar condiciones alternativas de tratamiento térmico adecuadas, tendientes a aumentar la calidad protéica y que mantengan el valor nutritivo del producto sin disminuir significativamente el contenido de lisina disponible.

2. ESPECIFICOS:

- 2.1. Seleccionar las condiciones adecuadas, bajo las cuales se obtienen mayores valores en la razón protéica neta (NPR).
- 2.2. Obtener mediante la deshidratación del grano húmedo, un producto cuya digestibilidad de la proteína, sea superior a la del grano crudo.
- 2.3. Evaluar cuantitativamente el contenido de lisina disponible.

IV. HIPOTESIS.

1. El secamiento en rodos influye sobre la composición química y calidad nutricional del grano de las especies de amaranto evaluadas.

2. Existen diferencias significativas entre condiciones de operación del secador de rodos y humedad de remojo en lo referente a composición química y calidad nutricional.

3. Existe diferencias estadísticas entre la calidad proteínica y composición química de las tres especies de Amaranto evaluadas.

V. REVISION DE LITERATURA.

1. GENERALIDADES.

El amaranto (*Amaranthus ssp.*), es uno de los cultivos que constituyen una alternativa para solucionar en gran parte la escasez de alimentos ricos en proteínas. La planta puede desarrollarse bien en un amplio rango de condiciones de suelos, desde los ácidos, hasta suelos salinos y de textura gruesa, hasta textura muy fina (22); además, sus requerimientos de agua son bajos - comparados con el trigo y el arroz (30), lo que lo hace resistente a las sequías. Estas son unas de las principales ventajas del cultivo del amaranto, considerando también su gran adaptación a diferentes condiciones climáticas y competencia con malezas del suelo (23).

2. EL GRANO DE AMARANTO Y SU COMPOSICION QUIMICA.

En estudios realizados (33), se ha determinado que el amaranto reporta rendimientos por unidad de área, mayores a los reportados por otros cultivos como la cebada, avena, trigo y soya.

CULTIVO	RENDIMIENTO PROMEDIO kg/ha
Cebada	2,000
Avena	1,700
Maíz	4,500
Trigo	1,800
Soya	1,580
Amaranto	3,900

Fuente: Departamento de Agricultura
de los Estados Unidos de
América. (USDA) 1974.

EL GRANO DE AMARANTO Y SU COMPOSICION QUIMICA.

La protefina de la semilla contiene niveles más altos de aminoácidos azufrados y lisina que los granos como Maíz, Frijol, Arroz, siendo invariablemente la leucina el primer aminoácido limitante (6). En el grano, la sucrosa es el azúcar libre preponderante, aunque también contiene cantidades menores de rafinosa, estaquinososa, maltosa y monosacáridos.

La semilla tiene un alto valor nutricional y contiene de 12 a 16% de protefina, con altos valores de lisina; 7.5% de grasa; 62% de carbohidratos; 3% de minerales, con prevalencia de P, Mg, K, Ca y Fe en orden decreciente; 1.5% de vitaminas (principalmente, vitamina C, niacina, vitaminas B₁ y B₂), y 10% de agua (27).

El almidón es el carbohidrato más abundante, encontrándose en una concentración de aproximadamente 62%-69%, el cual está constituido principalmente de amilopectina, con solo de 5 a 7% de amilosa (6).

La semilla de amaranto contiene de 6 a 8% de lípidos, cantidad que puede variar según la especie.

El aceite de amaranto está compuesto en un 90% por triglicéridos, en un 6.4% por glicolípidos y en un 3.6% por fosfolípidos. Los ácidos grasos más abundantes con el linoléico C18:32 (44-58%), el oléico C 18:1 (19-22%), y el palmítico C 16:0 (11.5-21.3%), es decir, que es saturado en apenas un 25% (11).

Benavides (7), en un análisis de esteroides en el aceite de amaranto de las especies caudatus, cruentus e hypochondriacus, logró identificar los siguientes esteroides: campesterol, con un tiempo de retención de 10.23, con 1.63%; estigmasterol, con un

tiempo de retención de 11.54 con 27.29%; beta-sistosterol con un tiempo de retención de 12.52 con 41.18% y un material no identificado, con un tiempo de retención de 14.09 con 29.90%.

VALOR NUTRITIVO DEL GRANO.

Se ha encontrado que el contenido proteínico bruto (CPR) del amaranto, es más alto que el de los cereales (13).

CEREAL	CPR %
Amaranto de semilla	16.58
Trigo	14.84
Arroz de sequía	9.24
Maíz	9.33
Mijo	9.40

Además, el valor especial del amaranto estriba en su composición favorable de aminoácidos, cuyos valores más altos se presentan en la semilla y hojas. El nivel de lisina alcanza un alto porcentaje (1.15% en la semilla y 0.92% en las hojas), por lo que la proteína del amaranto complementa a la de los cereales en su contenido de lisina, mientras que los otros cereales complementan al amaranto en su contenido de leucina.

La semilla de amaranto supera a los cereales y aún a algunas leguminosas en la calidad de su proteína, en el excelente balance de sus aminoácidos, en la eficiencia de la proteína y por lo tanto, en el valor nutricional (33).

Según Sánchez (32), la importancia del grano de amaranto es la calidad de su proteína, la cual es rica en los aminoácidos lisina y metionina (limitados en la mayoría de los cereales y algu-

nas leguminosas), además, tiene un promedio de 14.7% de proteínas, 3.1% de grasa, 60.7% de carbohidratos, 510 mg de calcio, 397 mg de fósforo y 11 mg de hierro.

El análisis proximal del Amaranthus hybridus (32), muestra un alto porcentaje de proteína en materia seca:

Porcentaje de proteína.....	13.1
Humedad.....	9.3
Grasa.....	7.5
Fibra.....	6.8
Cenizas.....	2.0
Taninos.....	0.15

El análisis de semillas del Amaranthus hybridus, muestra una cantidad alta de proteína (13.1), de alto valor biológico. EL - PER*(2.3), es comparable al de la caseína (2.5), como también el valor biológico, digestibilidad y utilización neta de la proteína. El contenido de taninos (0.15%), es suficientemente bajo, lo cual no tiene un efecto significativo en el valor nutricional.

Bressani (14), en un estudio de 31 especies de amaranto provenientes de varios lugares, determinó una variación en NPR de - 1.74 a 3.14. Dichos valores equivalen en porcentaje, entre 54% y 60% del valor de NPR para la caseína, lo que no concuerda con los valores teóricos calculados a partir de sus aminoácidos esenciales. Los valores de digestibilidad, variaron entre 74% y 82%. Estudios realizados por Betschard, et al (8), concluyeron que el rango de PER para la harina de la semilla no tratada, tuvo una variación entre 1.4 y 1.7

* PER = Índice de Eficiencia de Proteína.

VALOR NUTRITIVO DE LAS PROTEINAS.

El valor nutritivo de la proteína de los alimentos y depende de la presencia de los aminoácidos esenciales en las cantidades requeridas y también de su disponibilidad biológica.

Algunos de los aminoácidos esenciales existen en materiales alimenticios en cantidades limitadas. La lisina, metionina y triptófano podrían ser simultáneamente limitantes e indispensables.

El tratamiento con calor como proceso en los alimentos puede originar que estos aminoácidos formen compuestos estables llamados productos de Maillard, especialmente con azúcares reductores. Los productos de Maillard son muchos y pueden formarse de varias maneras; el más importante es el que se forma por la reacción del grupo eta-amino de la lisina, el cual es muy reactivo; actúa con la glucosa, fructosa, galactosa, lactosa, los cuales son también muy reactivos para formar productos Maillard. Cuando la lisina, la cual posee un grupo eta-amino enlazado, es parte de un producto Maillard, no está disponible para la hidrólisis enzimática (4).

FACTORES ANTINUTRICIONALES.

En un estudio realizado por Cheeke y Bronson (16), se evalua ron varias fracciones de la planta de amaranto, y se consideró a las semillas como una excelente fuente de energía y proteína, aun que, la semilla suministrada en dieta a ratas, permitió observar pobres resultados en el crecimiento, lo que sugiere la presencia de factores tóxicos que pueden ser reducidos mediante la cocción.

Un estudio realizado por Alfaro (1), utilizando harina de -

amaranto como sustituyente de harina de alfalfa en dieta para conejos, permitió comprobar que el valor nutritivo del amaranto puede ser mejorado mediante la cocción, además, de que los componentes tóxicos y responsables de antipalatibilidad, pueden también ser removidos.

Entre los componentes que pueden ser perjudiciales están los fenoles, saponinas, oxalatos y nitratos que pueden ser convertidos todos a nitritos (28). Se han determinado crecimientos deficientes en ratas (17), lo cual se debe posiblemente a la baja ingestión del alimento. Las fracciones de amaranto, ya sea la planta completa, las semillas o el LPC, parecen ser poco apetecibles a las ratas, debido a un sabor desagradable apreciado por el paladar humano.

En la semilla de amaranto están presentes sustancias tóxicas como nitratos y oxalatos, pero en cantidades similares a las presentes en cultivos comunes (24), se ha determinado por otra parte, que en la semilla están presentes algunos compuestos fenólicos y saponinas, los cuales pueden alterar la gustocidad (16).

PROCESAMIENTO TERMICO.

Bressani (14), ha reportado que con el cocimiento del grano el valor nutritivo del amaranto aumenta. Esto sugiere que el grano crudo contiene ciertos factores termolábiles que hacen que la proteína no esté del todo disponible; por lo cual, el grano cocido induce mayores niveles de crecimiento que cuando se preparan dietas a base de grano crudo (3). No ha sido posible aún, identificar con claridad cuáles sean los factores responsables de la depresión del crecimiento observada en animales sometidos a ensayos biológicos, aunque se han determinado niveles bajos de inhibidores de la tripsina y de actividad hemaglutinante.

En un trabajo realizado por Blanco (10), en frijol, se pudo observar el efecto de la cocción sobre los factores antinutricionales, el cual consiste en una disminución o eliminación de éstos en el material debidamente cocido. La baja digestibilidad de la proteína del frijol, se constituye en un limitante para la eficiente utilización de las leguminosas como fuente de proteína (13). La cocción adecuada, mejora la digestibilidad en el frijol, hasta en un 30% (15).

Según Bressani (14), la ebullición durante treinta minutos del amaranto incrementa el valor protéico de 2.36 en estado crudo a 2.80 cuando se coce, y a un valor de 3.04 cuando es cocida y secada en un secador de rodos. Pero cuando el proceso térmico es el reventado del grano, el valor protéico disminuye hasta un 1.54, valor significativamente inferior a la muestra cruda.

Imeri (21), concluye en un trabajo sobre los aspectos químicos y biológicos del amaranto, que cuando las variedades se cuecen en agua a presión atmosférica y se secan en un secador de rodos, no se detectan diferencias significativas en NPR, y los valores se igualan al patrón de caseína empleado. El incremento en NPR observado, fue de 2.31 a 3.19 promedio. El estudio de factores antinutricionales fue negativo para inhibidores de tripsina; el contenido de taninos estuvo en una concentración muy baja y la presencia de hemaglutininas que reaccionaron contra sangre humana, de vaca y de carnero, fue establecida en harinas crudas, no así en las cocidas. Esto confirma el carácter termolábil de dichos compuestos. Además, a medida que se aumenta el tiempo de cocción, también el contenido de lisina aumenta.

Se han realizado ensayos sobre procesamientos térmicos que permiten una mejor disponibilidad de la proteína. Uno de los pro

cesos térmicos lo constituye el reventado (12). Este proceso es el comunmente empleado para producir la "Alegría", el alimento que le da la identidad al grano de amaranto en México, pero se ha podido determinar que la calidad del producto reventado es inferior a la del producto crudo, tanto en NPR como en crecimiento, cuando se ha evaluado utilizando para ello animales. La digestibilidad del producto reventado puede disminuir de un 76% en el producto crudo hasta un 59%, como resultado de una disminución significativa en el contenido de lisina.

Algunos investigadores (5, 14), ha reportado que al cocer los granos de amaranto, su valor nutricional aumenta. Esto sugiere que en el amaranto existen ciertos factores antinutricionales termolábiles, que originan cierto grado de desaprovechamiento de la proteína, ya que no toda está disponible.

La extrusión es otro proceso en el cual los materiales sufren gelación, mezcla, cocción, expansión y secado (2). Este proceso tiene grandes ventajas, entre las cuales pueden mencionarse su bajo costo, fácil obtención del producto, calidad del producto, lo que reduce la degradación de las sustancias nutritivas, mejorando la digestibilidad por gelatinización del almidón y de las proteínas, destrucción de ciertos factores antinutricionales como inhibidores de tripsina, hemaglutininas y gosispol (31).

Se ha demostrado que el procesamiento húmedo mejora la calidad de la proteína del amaranto (12). Investigaciones realizadas por Imeri (21), aluden a la posible presencia de factores antifisiológicos en la semilla de amaranto, los cuales son responsables de los valores bajos de digestibilidad de la proteína, tales como inhibidores de tripsina, los cuales tienen la habilidad de inhibir la actividad de la enzima tripsina del tracto digestivo de

hombres y animales; fitohemaglutininas, sustancias capaces de aglutinar los glóbulos rojos, cuyos efectos tóxicos consisten en trastornos de la absorción intestinal y como resultado hay disminución de peso o crecimiento, absorción intestinal de nitrógeno disminuída, bajo peso del bazo y alto peso del páncreas (29); taninos que son sustancias polifenólicas con la característica importante de interactuar con proteínas, disminuyendo el valor nutritivo del alimento; saponinas, las cuales normalmente no son absorbidas y permanecen en el tracto digestivo, lo que podría inhibir las enzimas proteolíticas.

Cheeke y Bronson (16), han discutido la presencia de saponinas en el Amaranthus hypochondriacus como un factor tóxico cuando se utiliza la planta entera en dieta para ratas, pero se pudo observar que el efecto disminuye cuando se cocieron las muestras.

VI. MATERIALES Y METODOS.

El estudio se realizó en los Laboratorios del Instituto de Nutrición Para Centro America y Panamá. (INCAP).

1. MATERIALES PARA EL ANALISIS QUIMICO.

- 1.1. Amaranto. Se evaluaron 3 especies de amaranto: Amaranthus cruentus var. 13-Perú; Amaranthus caudatus var. Gua-17; Amaranthus hypochondriacus var. 4-USA.
- 1.2. Marmita. Para inducir humedad mediante remojo.
- 1.3. Tamis, 60 mesh. Para eliminar agua y humedad superficial.
- 1.4. Deshidratador de rodos. Tamaño pequeño, para Laboratorio.
- 1.5. Molino. Para la obtención de las harinas.
- 1.6. Cromatógrafo de gases. Para análisis de aceites.
- 1.7. Desecador de vacio. Para análisis de humedad.
- 1.8. Aparato de reflujo Soxhlet. Para análisis de grasa y extracción de aceites.

2. MATERIALES PARA ANALISIS BIOLOGICO.

- 2.1. Se utilizaron ratas blancas recién destetadas, de 21 días, provenientes de la colonia del INCAP.

3. METODOS.

El trabajo se realizó en 4 etapas.

3.1. Primera etapa:

Inducción de humedad. Se determinó la humedad total del grano en el desecador al vacío para las tres especies, y luego mediante remojo en agua a 60°C se indujo la humedad del grano. Se determinó la humedad alcanzada por el grano, a cada minuto de remojo, hasta 90 minutos, con estos datos se obtuvo una curva de humedad para cada especie a fin de determinar tiempos de remojo para alcanzar humedades de 15, 20 y 25%. (Ver Figuras 1, 2, 3 y 4).

3.2. Segunda etapa: Procesamiento del grano.

Consistió en el procesamiento térmico del grano de las tres especies a distinto contenido de humedad (15, 20 y 25%). Se hizo en el deshidratador de rodos, utilizando 3 diferentes tiempos de retención de la semilla en el rodo, 3, 5 y 7 RPM y molienda del mismo.

3.3. Tercera etapa: Análisis químico.

Se efectuaron análisis de:

- Humedad.
- Proteína (N * 6.25) - Nitrógeno.
- Grasa.

Todas las anteriores, según el método descrito por la AOAC (36).

- Lisina disponible; según el método descrito por Conkerton y Frampton (35).

- Almidones; según el método descrito por Farrand (32).
- Perfil de ácidos grasos; mediante cromatografía gaseosa.

3.4. Cuarta etapa: Análisis biológico.

- Se procedió a hacer una mezcla de las repeticiones de cada especie a fin de obtener 27 muestras correspondientes a cada una de las diferentes combinaciones de las variables en estudio.
- Se prepararán las dietas, usando como única fuente de proteína el grano de amaranto deshidratado en rodos.

Las raciones se ajustaron a 10% de proteína y fueron preparadas de la manera siguiente:

<u>Ingrediente</u>	<u>% g/100 g.</u>
Proteína	10% (g)
Aceite vegetal	5% (ml)
Aceite de bacalao	1% (ml)
Minerales	4% (g)
Almidón	80% (g)
Vitaminas	5 ml/100 g dieta.

- Índice Neto de Proteína. (NPR).

Se usaron ratas blancas de 21 días de edad, colocadas en jaulas, para administrarles el alimento ad-libitum; cada grupo (27 en total) estuvo constituido por 4 ratas hembras y 4 machos. Se tuvo un grupo con dieta libre de nitrógeno, como control y 3 grupos conteniendo la muestra cruda de cada una de las especies. La duración del ensayo fue de 14 días; la última semana fueron recolectadas las heces para determinar digestibilidad de la proteína. Al final las -

ratas fueron pesadas para determinar la ingesta de la proteína y se calculó NPR, según la fórmula siguiente:

$$\text{NPR} = \frac{\text{G.P.G.E.} - \text{PP G. DLN}}{\text{P I G E}}$$

Ganancia en peso g e - PP . Grupo DLN

Y la digestibilidad de la proteína, según:

$$\text{DAp.} = \frac{\text{NI} - \text{NF}}{\text{NI}} \times 100$$

En donde:

G P G E = Ganancia en peso del grupo experimental.

P P G DLN = Pérdida de peso en grupo con dieta libre de nitrógeno.

P I G E = Proteína ingerida por el grupo experimental.

D A p = Digestibilidad aparente.

N I = Nitrógeno total ingerido.

N F = Nitrógeno fecal.

4. DISEÑO EXPERIMENTAL.

Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3^3 , con 3 repeticiones para caracterización química y con 8 repeticiones para caracterización biológica, en el que se hicieron los siguientes análisis para cada variable.

4.1. Andeva.

4.2. Comparaciones múltiples (Tukey).

4.3. Correlaciones.

Las variables que se midieron son:

ESPECIE	HUMEDAD %	VELOCIDAD DE ROTACION RPM
<u>Amaranthus cruentus</u>	15	3
	20	5
	25	7
<u>Amaranthus caudatus</u>	15	3
	20	5
	25	7
<u>Amaranthus hypochondriacus</u>	15	3
	20	5
	25	7

VII. RESULTADOS.

1. DE LA EVALUACION QUIMICA DEL GRANO DE AMARANTO.

Una vez inducido el contenido de humedad, según se muestra en las curvas de humedad de las Figuras 1, 2, 3 y 4, se determinó el contenido de proteína (N x 6.25), Lisina disponible, almidón dañado, extracto etéreo y perfil de ácidos grasos, de muestras del grano de Amaranthus cruentus, Amaranthus caudatus y Amaranthus hypochondriacus, sometidos a tres diferentes condiciones de remojo del grano y pasados por un secador de rodos a tres diferentes velocidades de rotación.

Los resultados de los tratamientos se muestran en los Cuadros 1, 2 y 3, como resumen de las determinaciones químicas realizadas.

2. CONTENIDO DE PROTEINA (NITROGENO TOTAL x 6.25).

El contenido de proteína diferente entre las especies de Amarantho, encontrándose valores de 16.78, 16.40 y 15.26% para Amaranthus cruentus, Amaranthus caudatus y Amaranthus hypochondriacus respectivamente (Cuadro 4) según el análisis estadístico realizado, se detectaron diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$) entre especies de amaranto en cuanto al contenido de proteína --

Según la prueba de comparación de medias tuckey (0.05) Amaranthus cruentus reporta el mayor contenido de proteína y es estadísticamente diferente a las dos especies restantes (Cuadro 4).

Analizando el efecto de la humedad de remojo del grano sobre el contenido de proteína, se observa que el mayor valor de protei-

FIGURA 1.

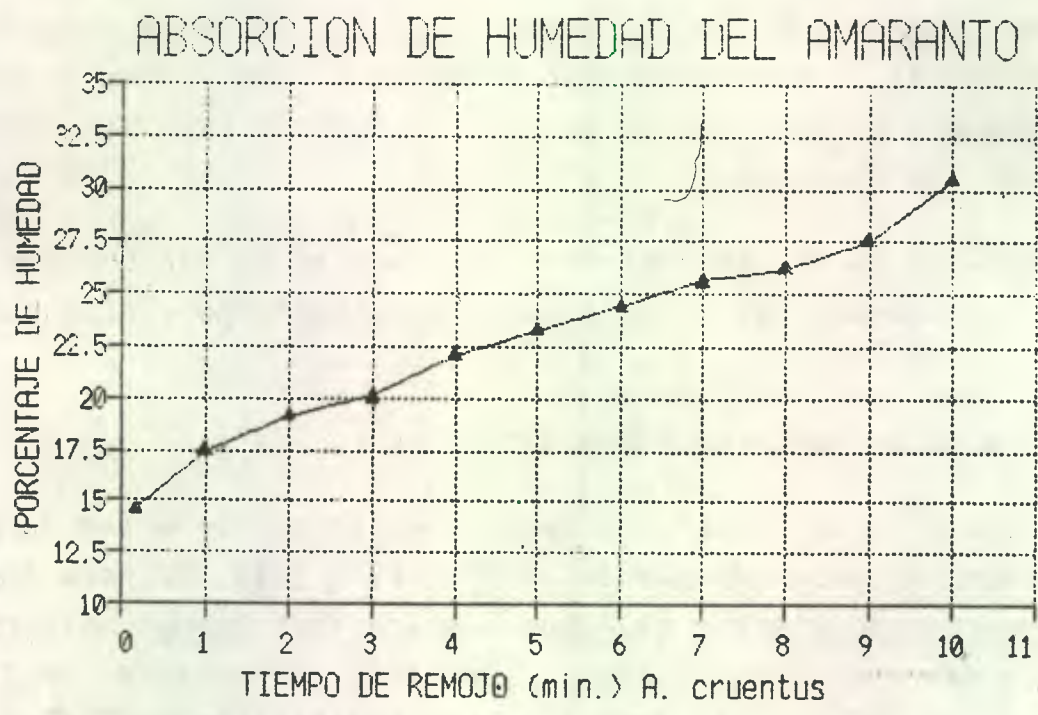


FIGURA 2.

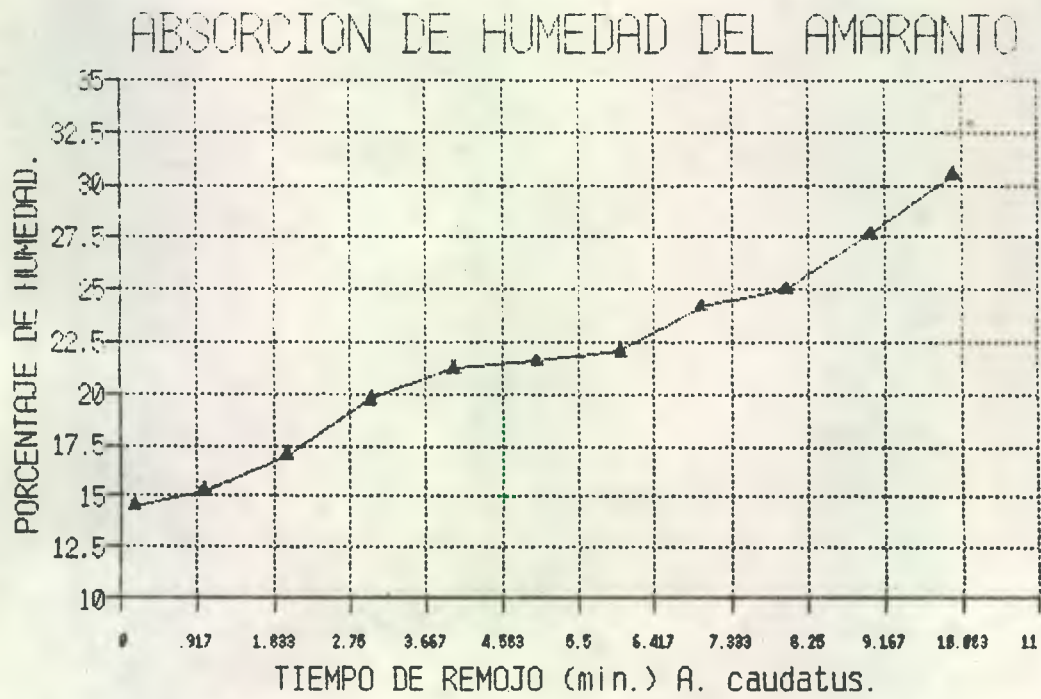
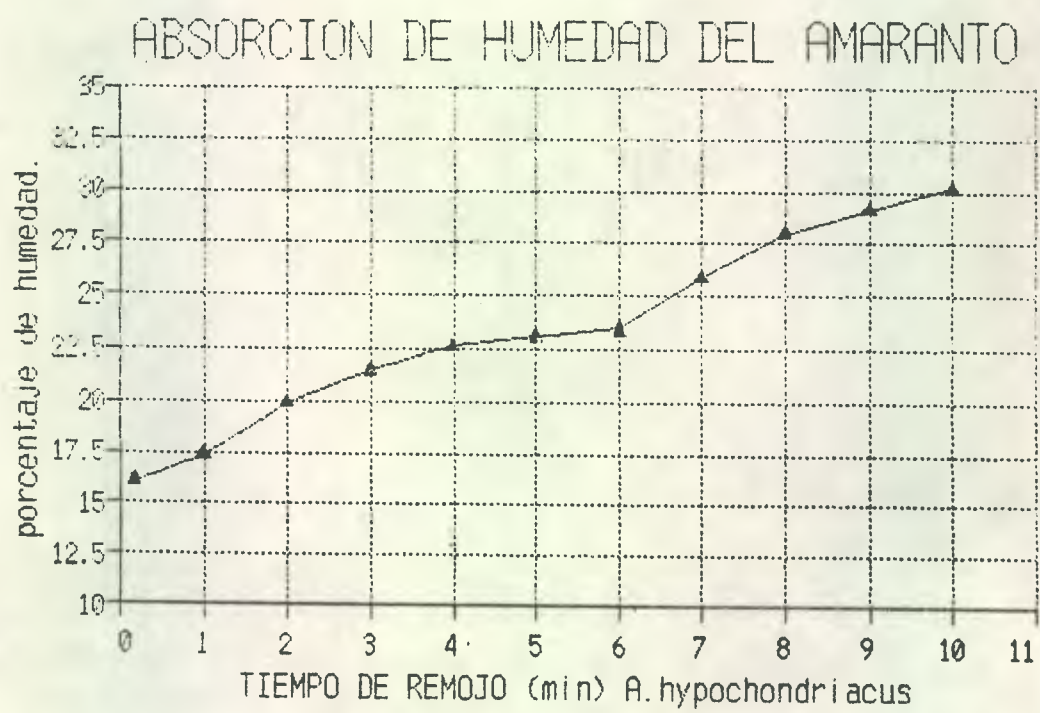


FIGURA 3.



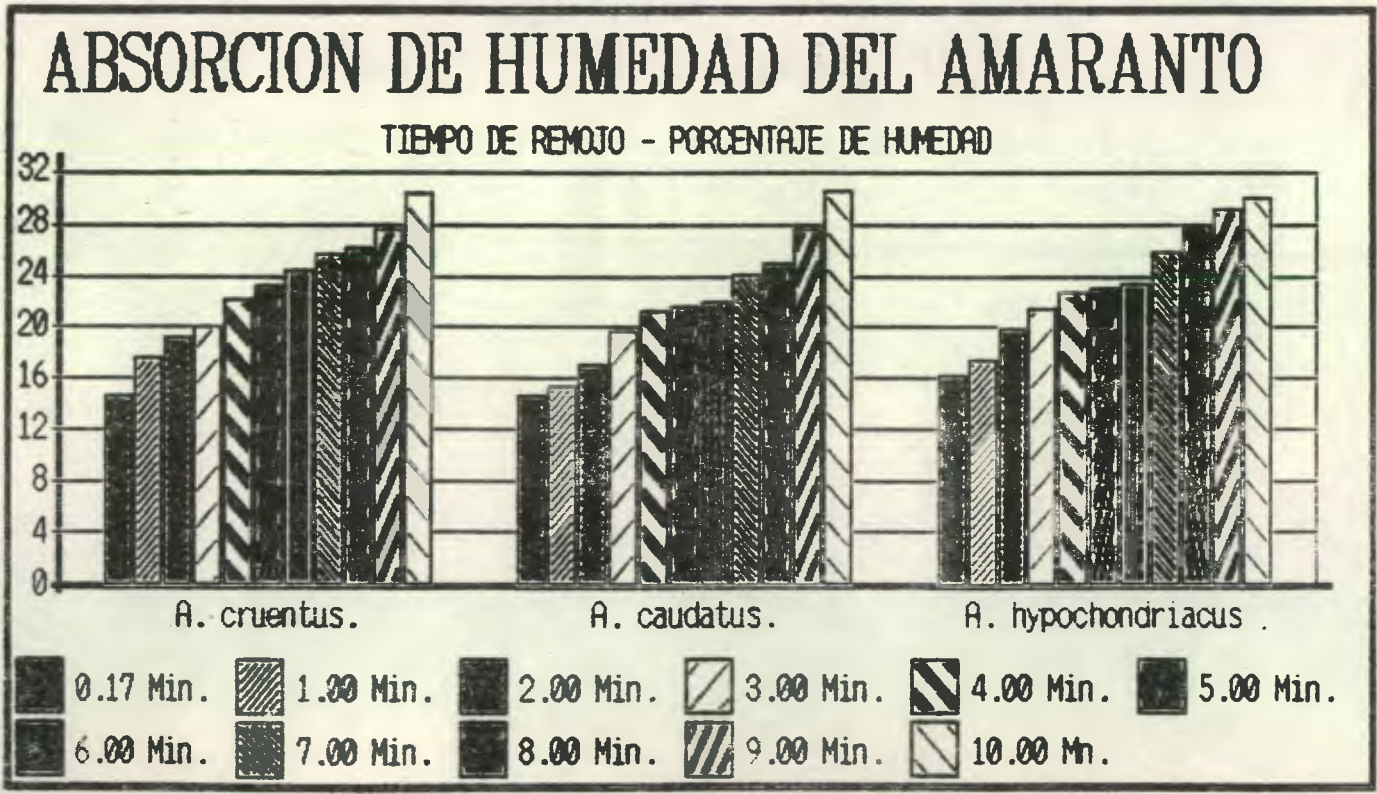


FIGURA 1

Cuadro 1. Resumen del contenido de Proteína, Extracto etéreo y Lisina disponible de tres variedades de Amaranto, sometidas a diferentes condiciones de remojo y secado en rodos.
(Expresada en g/100 g de muestra en base seca).

Humedad del grano	Velocidad secador de rodos	V A R I E D A D E S								
		<u>Amaranthus cruentus</u>			<u>Amaranthus caudatus</u>			<u>Amaranthus hypochondriacus</u>		
		Proteína %	Extracto etéreo %	Lisina Disponible %	Proteína %	Extracto etéreo %	Lisina Disponible %	Proteína %	Extracto etéreo %	Lisina Disponible %
15	3	16.34	8.20	1.10	16.32	8.52	1.19	15.09	8.23	1.06
	5	17.02	8.18	1.10	16.47	8.74	1.15	14.93	8.34	1.15
	7	16.69	8.54	1.20	15.75	8.06	1.20	15.28	9.13	1.21
20	3	15.79	8.27	1.19	16.23	8.00	1.12	15.06	8.50	1.15
	5	16.28	8.06	1.22	16.40	8.02	1.16	15.70	7.96	1.14
	7	17.35	8.82	1.11	16.29	8.52	1.24	15.20	7.76	1.22
25	3	17.57	8.58	1.12	16.42	8.01	1.18	15.55	7.87	1.15
	5	16.90	8.80	1.22	17.84	8.55	1.10	15.42	8.19	1.20
	7	17.23	9.27	1.25	15.95	8.65	1.20	15.10	8.63	1.21

Cuadro 2. Resumen del contenido de almidón dañado de tres especies de Amarantho sometidas a remojo y secadas en rodos. (Expresado en %).

Humedad del grano	RPM	V A R I E D A D E S		
		<u>Amaranthus cruentus</u>	<u>Amaranthus caudatus</u>	<u>Amaranthus hypochondriacus</u>
		Almidón dañado %	Almidón dañado %	Almidón dañado %
15	3	100.0	100.0	100.0
	5	100.0	89.3	100.0
	7	85.3	100.0	100.0
20	3	96.1	100.0	100.0
	5	100.0	100.0	100.0
	7	100.0	88.6	100.0
25	3	100.0	100.0	100.0
	5	100.0	100.0	100.0
	7	100.0	100.0	100.0

Cuadro 3. Valores promedio del tiempo de retención (TR) y porcentaje de la concentración de aceites en muestras procesadas y crudas.

ESPECIE	TR	% C16:0	TR	% C18:0	TR	% C18:1	TR	% C18:2	TR	% C18:3	TR	% Desco- nocado
<u>Amaranthus</u> <u>cruentus</u> X procesada	5.83	21.05	9.17	4.15	9.95	25.03	11.44	46.60	13.44	1.81	8.34	1.11
<u>Amaranthus</u> <u>cruentus</u> muestra cruda	6.55	20.49	9.70	4.15	10.42	25.15	11.82	47.06	13.76	1.79	8.93	1.07
<u>Amaranthus</u> <u>caudatus</u> X procesada	6.32	21.21	9.47	3.26	10.22	27.55	11.63	46.67	13.50	1.40	8.70	0.76
<u>Amaranthus</u> <u>caudatus</u> muestra cruda	6.49	20.44	9.60	2.91	10.33	27.72	11.73	47.55	13.57	1.19	8.84	0.68
<u>Amaranthus</u> <u>hypochondriacus</u> X procesada	6.16	20.54	9.27	3.34	10.01	21.81	11.47	51.31	13.48	1.32	8.49	1.21
<u>Amaranthus</u> <u>hypochondriacus</u> muestra cruda	6.22	20.85	9.46	3.39	10.19	21.87	11.65	51.35	13.60	1.41	8.68	1.31

C16:0 = Acido palmítico.
 C18:0 = Acido esteárico.
 C18:1 = Acido oléico.
 C18:2 = Acido linoléico.
 C18:3 = Acido linolénico.

(El tiempo de retención está expresado en minutos)

na se logró en 25% de la humedad, seguido de 10% y 15% con valores de 16.44, 16.03 y 15.96% respectivamente (Cuadro 5).

Según el análisis estadístico se detectaron diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$) entre los niveles de humedad (Cuadro 40), Tuckey (0.05) indica que con 25% de humedad obtuvo mayor contenido de proteína y estadísticamente diferente a los dos restantes niveles de humedad (Cuadro 5).

La velocidad de rotación en el secador de rodos tuvo una influencia estadísticamente significativa (Apendice) sobre el contenido de proteína del grano de amaranto.

El mayor valor correspondió a 5 RPM seguido de 7 RPM y 3 RPM con 16.33, 16.08 y 16.03% de proteína respectivamente, encontrándose según Tuckey (0.05) diferencias estadísticas entre 5 RPM (16.33% proteína) respecto a los dos tratamientos restantes (Cuadro 6).

Evaluando el efecto de la intervención entre las especies de amaranto y la humedad de remojo del grano respecto al contenido de proteína, se observa, según el análisis estadístico que dicho efecto es estadísticamente significativo ($P < 0.05$).

El mayor valor de contenido de proteína se reportó para Amaranthus cruentus y 25% de humedad de remojo con 11.23%, el cual es estadísticamente diferente en contenido de proteína a las demás combinaciones entre especies y humedad de remojo, según Tuckey (0.05) (Cuadro 7).

La interacción entre las especies de amaranto y la velocidad de rotación del desecador de rodos fue estadísticamente significativa ($P < 0.05$) (Apendice), reportándose el mayor valor de protef

Cuadro 4. Contenido de proteína (Nitrógeno Total X 6.25) del grano de tres especies de amaranto. (Expresado en gramos/100 gramos de muestra) y diferenciación de medias Tuckey (0.05).

E S P E C I E S	X Proteína		
	N - 27		
<u>Amaranthus cruentus</u>	16.70	A	W = 0.1952
<u>Amaranthus caudatus</u>	16.40	B	
<u>Amaranthus hypochondriacus</u>	15.26	C	

W = Comparador Tuckey (0.05)

NOTA: Promedios con diferente letra, son estadísticamente diferentes. (P < 0.05).

Cuadro 5. Contenido de proteína (Nitrógeno Total X 6.25) del grano de Amaranto en función de la humedad de remojo. (Expresado en gramos/100 gramos de muestra) y diferenciación de medias Tuckey (0.05).

Humedad de remojo	X Proteína (%)		
	N = 27		
15%	15.96	B	W = 0.1956
20%	16.93	B	
25%	16.44	A	

W = Comparador Tuckey (0.05).

NOTA: Promedios con diferente letra son estadísticamente diferentes (P < 0.05).

Cuadro 6. Contenido de proteína (Nitrógeno total X 6.25) del grano de Amarantho secado en rodos. (Expresado en gramos/100 gramos de muestra) y diferenciación de medias Tuckey (0.05).

Velocidad de rotación (RPM)	X Proteína (%)	
	N = 27	
3	16.04	B
5	16.33	A
7	16.03	B

W = Comparador Tuckey (0.05).

NOTA: Promedios con diferente letra son estadísticamente diferentes (P < 0.05).

Cuadro 7. Contenido de proteína (Nitrógeno total * 6.25) del grano de tres especies de amaranto secado en rodos a diferentes velocidades de rotación. (Expresado en gramos/100 gramos de muestra) y diferenciación de medias de Tuckey (0.05).

Especie	Humedad (%)	X Proteína (%)	
		N = 9	
1. <u>Amaranthus cruentus</u>	25	17.25	A W = 0.4523
2. <u>Amaranthus caudatus</u>	25	16.74	B
3. <u>Amaranthus cruentus</u>	15	16.65	B
4. <u>Amaranthus cruentus</u>	20	16.31	BC
5. <u>Amaranthus caudatus</u>	20	16.14	C
6. <u>Amaranthus caudatus</u>	15	15.36	D
7. <u>Amaranthus hypochondriacus</u>	25	15.32	D
8. <u>Amaranthus hypochondriacus</u>	20	15.10	D
9. <u>Amaranthus hypochondriacus</u>			

na para combinación Amaranthus caudatus, 5 RPM y Amaranthus cruentus, 5 RPM con 16.90 y 16.73% respectivamente, entre los cuales según Tuckey 0.05 (Cuadro 8) son estadísticamente iguales entre sí y diferentes a las demás combinaciones de especies y velocidades de rotación.

La humedad de remojo y la velocidad de rotación del secador de rodos, manifestaron un efecto significativo estadísticamente ($P < 0.05$) (Apendice) sobre el contenido de proteína del grano, observándose el mayor valor para el tratamiento de 25% de humedad y 5 RPM con un valor de 16.72% de proteína y diferente a los demás tratamientos (Cuadro 9).

Al considerar el efecto conjunto de las especies de amaranto, humedad de remojo y velocidad de rotación del secador de rodos, se aprecia que la mejor combinación corresponde al Amaranthus caudatus, 25% de humedad y 5 RPM con 17.84% de proteína.

Es importante, observar que aunque el análisis estadístico muestra diferencias significativas ($P < 0.05$) (Apendice) entre los tratamientos correspondientes a la triple interacción, según la prueba de Tuckey (0.05) los valores correspondientes entre el rango de 17.84 - 16.94% de proteína son estadísticamente similares.

Todas las triples combinaciones de factores que posean un contenido de proteína comprendido en el rango anterior son estadísticamente similares al contenido de proteína reportado para Amaranthus cruentus, 25% de humedad y 5 RPM (Cuadro 10)

1.2. CONTENIDO DE GRASA DEL GRANO DE AMARANTO:

En la determinación del contenido de grasa del grano de las

Cuadro 8. Contenido de proteína (Nitrógeno total * 6.25) del grano de tres especies de amaranto secado en rodos a diferentes velocidades de rotación. (Expresado en gramos/100 gramos de muestra) y diferenciación de medias de Tuckey (0.05).

Especie - RPM		X Proteína (%)		
		N = 9		
1.	<u>Amaranthus cruentus</u>	7	17.06	A W = 0.4523
2.	<u>Amaranthus caudatus</u>	5	16.90	AB
3.	<u>Amaranthus cruentus</u>	5	16.73	ABC
4.	<u>Amaranthus cruentus</u>	3	16.57	BC
5.	<u>Amaranthus caudatus</u>	3	16.29	CD
6.	<u>Amaranthus caudatus</u>	7	16.60	D
7.	<u>Amaranthus hypochondriacus</u>	5	15.35	E
8.	<u>Amaranthus hypochondriacus</u>	3	15.23	E
9.	<u>Amaranthus hypochondriacus</u>	7	15.19	E

W = Comparador Tuckey.

NOTA: Promedios con diferente letra son estadísticamente diferentes (P < 0.05).

N = Número de repeticiones.

Cuadro 9. Contenido de proteína (Nitrógeno total * 6.25) del grano de tres especies de amaranto en función de humedad de remojo y velocidad de rotación del secador de rodos y diferenciación de medias Tuckey (0.05).

Humedad	Velocidad de rotación	X Proteína (%)		
		N = 9		
25%	5	16.72	a	W = 0.4523
25%	3	16.52	ab	
20%	7	16.28	bc	
15%	5	16.14	bcd	
20%	5	16.12	bcd	
25%	7	16.09	bcd	
15%	7	15.88	cd	
15%	3	15.88	cd	
20%	3	15.69	d	

W = Comparador Tuckey (0.05).

NOTA: Promedios con diferente letra son estadísticamente diferentes (P < 0.05).

N = Número de repeticiones.

Cuadro 10. Contenido de proteína (Nitrógeno total X 6.25) de tres especies de Amarantho sometido a diferentes humedades de remojo del grano y secado en rodos a diferentes velocidades de rotación.

V A R I E D A D E S								
<u>Amaranthus cruentus</u>			<u>Amaranthus caudatus</u>			<u>Amaranthus hypochondriacus</u>		
Humedad	RPM	Proteína g%	Humedad	RPM	Proteína g%	Humedad	RPM	Proteína g%
25	3	17.57	25	5	17.84	20	5	15.70
20	7	17.35	15	5	16.47	25	3	15.55
25	7	17.23	25	3	16.42	25	5	15.42
15	5	17.04	20	5	16.40	15	7	15.28
25	5	16.90	20	7	16.29	20	7	15.20
15	7	16.59	20	7	16.23	25	7	15.10
15	3	16.34	15	3	16.21	15	3	15.09
20	5	16.28	25	7	15.95	20	3	15.06
20	3	15.79	15	7	15.95	15	5	14.93

R = 3
W = 0.9036
X = 16.79
S = 0.58

X = 16.40
X = 0.59

X = 15.26
S = 0.25

NOTA:

W = Comparador Tuckey (0.05)
 \bar{X} = Promedio.
S = Desviación estandar.

especies evaluadas, los resultados muestran un mayor contenido para Amaranthus cruentus, seguido de Amaranthus caudatus y Amaranthus hypochondriacus, con 8.52, 8.34 y 8.28% de grasa respectivamente, (Cuadro 11). El análisis de varianza realizado indica que existen diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$) entre las especies (Apéndice). Según la prueba de comparación de medidas Tuckey (0.05) Amaranthus cruentus presenta el mayor promedio de grasa, 8.52% y es estadísticamente diferente del contenido de grasa de las dos especies restantes (Cuadro 11).

Analizando el efecto de la humedad de remojo del grano sobre el contenido de grasa, se observa que el mayor valor reportado corresponde a 25% de humedad de remojo con un valor de 8.50% de grasa, luego 15% y 20% de humedad con 8.93 y 8.21% de grasa en el grano respectivamente (Cuadro 12).

Según el análisis estadístico se detectaron diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$) entre los niveles de humedad de remojo (Apéndice), según Tuckey (0.05) indica que los valores más altos de grasa se reportaron para 25% y 15% de humedad de remojo con 8.5 y 8.43% de grasa en orden respectivo entre los cuales no existe diferencia estadística, aunque son diferentes a 20% de humedad de remojo que reportó 8.21% de grasa (Cuadro 12).

La velocidad de rotación en el secador de rodos tuvo una influencia significativa estadísticamente ($P < 0.05$) sobre el contenido de grasa en el grano.

El mayor valor de grasa se reportó a 7 RPM con 8.60%, el cual según Tuckey 0.05 es diferente de los valores de grasa obtenidos con 5 y 3 RPM, con los cuales se reportaron 8.30 y 8.24% de grasa respectivamente (Cuadro 13).

Cuadro 11. Contenido de grasa del grano de tres especies de Amarantho y diferenciación de medias Tuckey (0.05).

Variedades	Grasa g% *		
	N = 27		
<u>Amaranthus cruentus</u>	8.52	a	W = 0.1214
<u>Amaranthus caudatus</u>	8.34	b	
<u>Amaranthus hypochondriacus</u>	8.28	b	

NOTA: Los valores con diferente letra son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$). W = Comparador Tuckey (0.05).

Cuadro 12. Contenido de grasa del grano de Amarantho en función de la humedad de remojo y diferenciación de medias Tuckey (0.05).

Humedad de remojo	Grasa - g%		
	N = 27		
25%	8.50	a	W = 0.1214
15%	8.43	a	
20%	8.21	b	

NOTA: Los valores con diferente letra son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$). W = Comparador Tuckey (0.05).

Cuadro 13. Contenido de grasa del grano de Amarantho secado en rodos. Diferenciación de medias Tuckey (0.05).

Velocidad de rotación	Grasa		
	N = 27		
7	8.60	a	W = 0.1214
5	8.30	b	
3	8.24	b	

NOTA: Los valores con diferente letra son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$). W = Comparador Tuckey (0.05).

El análisis de la intervención entre las especies de amaranto y la humedad de remojo del grano respecto al contenido de grasa es estadísticamente significativo (Apéndice), los resultados muestran que la mejor combinación entre éstos factores la representa Amaranthus cruentus remojada a 25% de humedad, reportando 8.88% de contenido de grasa, el cual Tuckey (0.05) es estadísticamente diferente a todas las demás combinaciones de especies y humedades de remojo (Cuadro 14).

La velocidad de rotación del secador de rodos interaccionó significativamente ($P < 0.05$) (Apéndice) con las especies de amaranto evaluadas, de tal forma que Amaranthus cruentus y 7 RPM corresponde al mayor valor de grasa con 8.87%, el cual según Tuckey (0.05) es estadísticamente diferente a las demás combinaciones de especies y velocidades de rotación (Cuadro 15).

En cuanto a la influencia de la interacción de la humedad de remojo y la velocidad de rotación del secador de rodos, los resultados se muestran en el Cuadro 16. Según el análisis estadístico se detectaron diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$) (Cuadro 40) entre la interacción mencionada en cuanto al contenido de grasa del grano, reportándose 8.85% para 25% de humedad de remojo y 7 RPM, el anterior valor representa, según Tuckey (0.05) el mayor valor de grasa y es diferente estadísticamente a los valores de contenido de grasa de las demás combinaciones de humedad de remojo y velocidad de rotación (Cuadro 16).

Al considerar la influencia conjunta entre los tres factores en estudio se aprecia, según el Cuadro 17, que el mayor valor de grasa lo reporta la especie Amaranthus cruentus remojada a 25% de humedad y secada en rodos a una velocidad de 7 RPM. Es importante hacer notar que aunque el análisis estadístico muestra diferen

Cuadro 14. Contenido de grasa del grano de tres especies de Amarantho sometidas a tres humedades de remojo y diferenciación de medias Tuckey (0.05).

Espece	Humedad (%)	X Grasa (g%)		
		N = 9		
1. <u>Amaranthus cruentus</u>	25	8.88	a	W = 0.2811
2. <u>Amaranthus hypochondriacus</u>	15	8.53	b	
3. <u>Amaranthus caudatus</u>	15	8.44	bc	
4. <u>Amaranthus caudatus</u>	25	8.40	bc	
5. <u>Amaranthus cruentus</u>	20	8.38	bc	
6. <u>Amaranthus cruentus</u>	15	8.30	bcd	
7. <u>Amaranthus hypochondriacus</u>	25	8.23	cd	
8. <u>Amaranthus caudatus</u>	20	8.18	cd	
9. <u>Amaranthus hypochondriacus</u>	20	8.07	d	

NOTA: Los valores con diferente letra son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$). W = Comparador Tuckey (0.05).

Cuadro 15. Contenido de grasa del grano de Amarantho secado en rodos a diferentes velocidades de rotación y diferenciación de medias Tuckey (0.05).

Espece	Velocidad de Rotación RPM	Grasa (g%)		
		N = 9		
1. <u>Amaranthus cruentus</u>	7	8.87	a	W = 0.2811
2. <u>Amaranthus hypochondriacus</u>	7	8.59	b	
3. <u>Amaranthus caudatus</u>	5	8.44	bc	
4. <u>Amaranthus caudatus</u>	7	8.41	bcd	
5. <u>Amaranthus cruentus</u>	3	8.35	bcd	
6. <u>Amaranthus cruentus</u>	5	8.35	bcd	
7. <u>Amaranthus hypochondriacus</u>	3	8.20	cd	
8. <u>Amaranthus caudatus</u>	3	8.18	cd	
9. <u>Amaranthus hypochondriacus</u>	5	8.13	d	

NOTA: Los valores con diferente letra son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$). W = Comparador Tuckey (0.05).

Cuadro 16. Contenido de grasa del grano de Amaranto en función de la humedad de remojo y velocidad de rotación del secador de rodos y diferenciación de medias Tuckey (0.05).

Humedad	Velocidad de Rotación RPM	Grasa (g%)		
		N - 9		
25%	7	8.85	a	W = 0.2811
15%	7	8.57	b	
25%	5	8.51	bc	
15%	5	8.39	bcd	
20%	7	8.26	bcd	
15%	3	8.26	cde	
25%	3	8.15	de	
20%	5	8.01	e	

NOTA: Los valores promedio con diferente letra son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$). W = Comparador Tuckey (0.05).

cias estadísticas significativas ($P < 0.05$) (Apéndice) entre los tratamientos correspondientes a la triple interacción, según la prueba de Tuckey (0.05) los valores comprendidos entre el rango de 9.75 - 8.71% de contenido de grasa son estadísticamente similares. Todas las triples combinaciones de factores que posean un contenido de grasa comprendido en el rango anterior son estadísticamente iguales al contenido de grasa de Amaranthus cruentus - remojado a 25% de humedad y 7 RPM (Cuadro 17).

1.3. CONTENIDO DE LISINA DISPONIBLE DEL GRANO DE AMARANTO.

En la determinación del contenido de lisina disponible del grano de las especies evaluadas, los resultados muestran que no existen diferencias estadísticas entre las mismas, presentando 1.17% de lisina disponible para las tres especies evaluadas (Cuadro 18).

Analizando el efecto de la humedad de remojo del grano sobre el contenido de lisina disponible, se observa que el mayor valor reportado corresponde a 25% de humedad, con un valor de 1.18% de lisina, luego 20% y 15% de humedad en 1.17 y 1.15% de lisina en el grano respectivamente. Según el análisis estadístico se detectó diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los niveles de humedad de remojo.

Según Tuckey (0.05), indica que los valores más altos de lisina disponible se encontraron con 25% y 20% de humedad con 1.18 y 1.17% en orden respectivo, entre los cuales no existe diferencias estadísticas ($P < 0.05$) aunque son diferentes a 15% de humedad de remojo (1.15% de lisina) (Cuadro 19).

La velocidad de rotación en el desecador de rodos tuvo una

Cuadro 17. Contenido de grasa de tres especies de Amarantho sometidas a diferentes humedades de remojo y secadas en rodos a diferentes velocidades de rotación.

V A R I E D A D E S								
<u>Amaranthus cruentus</u>			<u>Amaranthus caudatus</u>			<u>Amaranthus hypochondriacus</u>		
Humedad	RPM	Grasa g%	Humedad	RPM	Grasa g%	Humedad	RPM	Grasa g%
25	7	9.27	20	5	8.74	15	7	9.13
20	7	8.82	25	7	8.65	25	7	8.63
25	5	8.80	25	5	8.55	20	3	8.50
25	3	8.58	20	7	8.52	15	5	8.24
15	7	8.54	15	3	8.52	15	3	8.23
20	3	8.27	15	7	8.06	25	5	8.19
15	3	8.20	20	5	8.02	20	5	7.96
15	5	8.18	15	3	8.01	25	3	7.87
20	5	8.06	20	3	8.00	20	7	7.76

N = 3

influencia significativa estadísticamente ($P < 0.05$) sobre el contenido de lisina disponible en el grano de amaranto (Cuadro 40). El mayor valor de lisina disponible correspondió a 7 RPM con 1.29% el cual según Tuckey (0.05) es diferente de los valores de lisina obtenidos con 5 y 3 RPM, con los cuales se reportaron 1.16% y 1.14% respectivamente (Cuadro 20).

El análisis de la interacción entre las especies de amaranto y la humedad de remojo del grano respecto al contenido de lisina disponible muestra diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$) (Apéndice) entre las combinaciones de éstos dos factores, el mayor resultado corresponde a Amaranthus cruentus remojado a 25% de humedad, reportando 1.20% de lisina disponible, el cual según Tuckey (0.05) es únicamente diferente a Amaranthus hypochondriacus Amaranthus cruentus, remojados a 15% de humedad (Cuadro 21).

La velocidad de rotación del secador de rodos interaccionó significativamente ($P < 0.05$) (Cuadro 40) con las especies evaluadas, de tal forma que al Amaranthus caudatus y 7 RPM, corresponde el mayor valor de lisina disponible con 1.22%, el cual según Tuckey (0.05) es similar a Amaranthus hypochondriacus, 7 RPM, Amaranthus cruentus, 7 RPM y Amaranthus cruentus, 5 RPM con 1.21%, 1.19% y 1.18% de lisina disponible respectivamente (Cuadro 22).

En relación al efecto de la interacción de la humedad de remojo del grano y la velocidad de rotación del desecador de rodos, los resultados se muestran en el Cuadro 23. Según el análisis estadístico no se detectaron diferencias estadísticas ($P < 0.05$) entre la interacción mencionada.

Cuadro 18. Contenido de lisina disponible del grano de tres especies de Amaranato.

Variedades	Lisina disponible n = 27
<u>Amaranthus</u> <u>cruentus</u>	1.17
<u>Amaranthus</u> <u>caudatus</u>	1.17
<u>Amaranthus</u> <u>hypochoandriacus</u>	1.17

Cuadro 19. Contenido de Lisina disponible del grano de Amaranato en función de la humedad de remojo y diferenciación de medias Tuckey (0.05).

Humedad de remojo	Lisina disponible n = 27
25%	1.18 a W = 0.0208
20%	1.19 a
15%	1.15 b

W = Comparador Tuckey (0.05).

NOTA: Promedios con diferente letra son estadísticamente significativos ($P < 0.05$).

Cuadro 20. Contenido de lisina disponible del grano de Amaranato secado en rodos y diferenciación de medias Tuckey (0.05).

Velocidad de rotación (RPM)	Lisina disponible
7	1.21 a W = 0.0208
5	1.16 b
3	1.14 c

W = Comparador Tuckey 0.05).

NOTA: Promedios con diferente letra son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$).

Cuadro 21. Contenido de Lisina disponible del grano de tres especies de Amarantho sometidas a diferentes humedades de remojo y diferenciación de medias Tuckey (0.05).

Variedad - Humedad	Lisina disponible N = A		
<u>Amaranthus cruentus</u>	1.20	a	W = 0.0482
<u>Amaranthus hypochondriacus</u>	1.19	a	
<u>Amaranthus caudatus</u>	1.18	a b	
<u>Amaranthus caudatus</u>	1.17	a b c	
<u>Amaranthus cruentus</u>	1.17	a b c	
<u>Amaranthus hypochondriacus</u>	1.17	a b c	
<u>Amaranthus caudatus</u>	1.16	a b c	
<u>Amaranthus hypochondriacus</u>	1.14	b c	
<u>Amaranthus cruentus</u>	1.13	c	

W = Comparador Tuckey (0.05).

NOTA: Promedios con diferente letra son estadísticamente diferentes.

Cuadro 22. Contenido de Lisina disponible del grano de tres especies de Amarantho secado en rodos a diferentes velocidades de rotación y diferenciación de medias Tuckey (0.05).

Variedad	Velocidad de Rotación RPM	Lisina disponible N = a		
<u>Amaranthus caudatus</u>	7	1.22	a	W = 0.0482
<u>Amaranthus hypochondriacus</u>	7	1.21	a	
<u>Amaranthus cruentus</u>	7	1.19	a b	
<u>Amaranthus cruentus</u>	5	1.18	a b c	
<u>Amaranthus caudatus</u>	3	1.15	b c d	
<u>Amaranthus hypochondriacus</u>	5	1.16	b c d	
<u>Amaranthus caudatus</u>	5	1.14	c d	
<u>Amaranthus cruentus</u>	3	1.13	d	
<u>Amaranthus hypochondriacus</u>	3	1.12	d	

W = Comparador Tuckey (0.05).

NOTA: Promedios con diferente letra son estadísticamente diferentes (P < 0.05).

Al considerar la influencia conjunta entre los tres factores en estudio, se aprecia en el Cuadro 24, que el mayor contenido de grasa lo reporta la especie Amaranthus cruentus remojada al 25% de humedad y secada en rodos a una velocidad de 7 RPM. Según el análisis estadístico se detectaron diferencias significativas ($P < 0.05$) (Apéndice), entre los tratamientos correspondientes a la triple interacción, según la prueba de Tuckey (0.05) los valores de contenido de lisina disponible comprendidos en el rango de 1.25 - 1.15% son estadísticamente similares al valor de lisina disponible determinada en el tratamiento Amaranthus cruentus 25% de humedad de remojo y 7 RPM (Cuadro 24).

1.4. PERFIL DE ACIDOS GRASOS.

El análisis cromatográfico del perfil de ácidos grasos para las tres especies de amaranto, permitió la identificación de 5 ácidos grasos conocidos: ácido palmítico C16:0, ácido esteárico C18:0, ácido oléico C18:1, ácido linoléico C18:2 y ácido linolénico C18:3, así como sus respectivos patrones. Se encontró presente además un ácido graso el cual no pudo identificarse (se presume que sea hidroxilado), al cual no se le determinó su patrón, aunque se determinó el porcentaje de concentración, así como su tiempo de retención (Ver gráficas 6, 8 y 10).

El perfil de ácidos grasos se mantuvo constante, tanto en las muestras crudas como en las muestras tratadas, por lo que se puede decir que el tratamiento térmico no influye en la concentración de los mismos.

En el Cuadro 3, se puede observar que existe similitud entre los resultados obtenidos de las muestras crudas y el promedio de los resultados de las muestras tratadas. Las pequeñas variaciones

Cuadro 23. Contenido de Lisina del grano de especies de Amarantho en función de humedad de remojo y velocidad de rotación del secador de rodos.

Humedad	Velocidad de Rotación RPM	Lisina disponible n - A
25%	7	1.22
15%	7	1.22
20%	7	1.19
25%	5	1.17
20%	5	1.17
20%	3	1.15
25%	3	1.15
15%	5	1.13
15%	3	1.12

Cuadro 24., Contenido de Lisina disponible de tres especies de Amaranto sometido a diferentes humedades de remojo del grano y secado en rodos a diferentes velocidades de rotación.

<u>Amaranthus cruentus</u>			<u>Amaranthus caudatus</u>			<u>Amaranthus hypochondriacus</u>		
Humedad - RPM		Lisina Disponible	Humedad - RPM		Lisina Disponible	Humedad - RPM		Lisina Disponible
25%	7	1.25	25%	7	1.24	20%	7	1.22
25%	5	1.22	15%	7	1.20	25%	7	1.21
20%	5	1.22	25%	7	1.20	15%	7	1.21
15%	7	1.20	15%	3	1.19	25%	5	1.20
20%	3	1.19	25%	3	1.18	25%	3	1.15
25%	3	1.12	20%	5	1.16	25%	3	1.15
20%	7	1.11	15%	5	1.15	20%	3	1.15
15%	3	1.10	20%	3	1.12	15%	5	1.15
15%	5	1.10	25%	5	1.10	15%	3	1.06

N = 3

W = 0.0963

observadas en los valores numéricos se deben a aspectos de manejo, así como a la concentración de la muestra de aceite que se inyectó al cromatógrafo.

La observación de los cromatogramas (Gráficas 5 a la 10), permite una mejor apreciación de los picos de absorción, así como las áreas que ocupa cada uno de los ácidos grasos de las muestras crudas en comparación con las muestras tratadas (se eligió la muestra más representativa del promedio para cada especie tratada).

2. DE LA EVALUACION BIOLOGICA DEL GRANO DE AMARANTO.

La evaluación biológica comprendió la determinación de la Razon Proteínica Neta (NPR) y la digestibilidad aparente del grano de Amaranthus cruentus, Amaranthus caudatus y Amaranthus hypochondriacus sometidos a tres condiciones de remojo y secados en rodos a tres diferentes velocidades de rotación, en el Cuadro 25 se presenta un resumen de los resultados obtenidos, el comportamiento de cada variable medida y efecto de los tratamientos se presenta a continuación.

2.1. DETERMINACION DE LA RAZON PROTEINICA NETA (NPR).

La evaluación biológica de las especies mediante NPR, muestra que según los resultados descritos en el Cuadro 26, Amaranthus cruentus presenta el mayor valor biológico con 3.59, seguido de Amaranthus hypochondriacus y Amaranthus caudatus con 3.37 y 3.31% respectivamente.

El análisis de varianza realizado muestra que existen diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$) entre las especies

CHROMATOGRAPHIC PROFILE FOR FATTY ACIDS

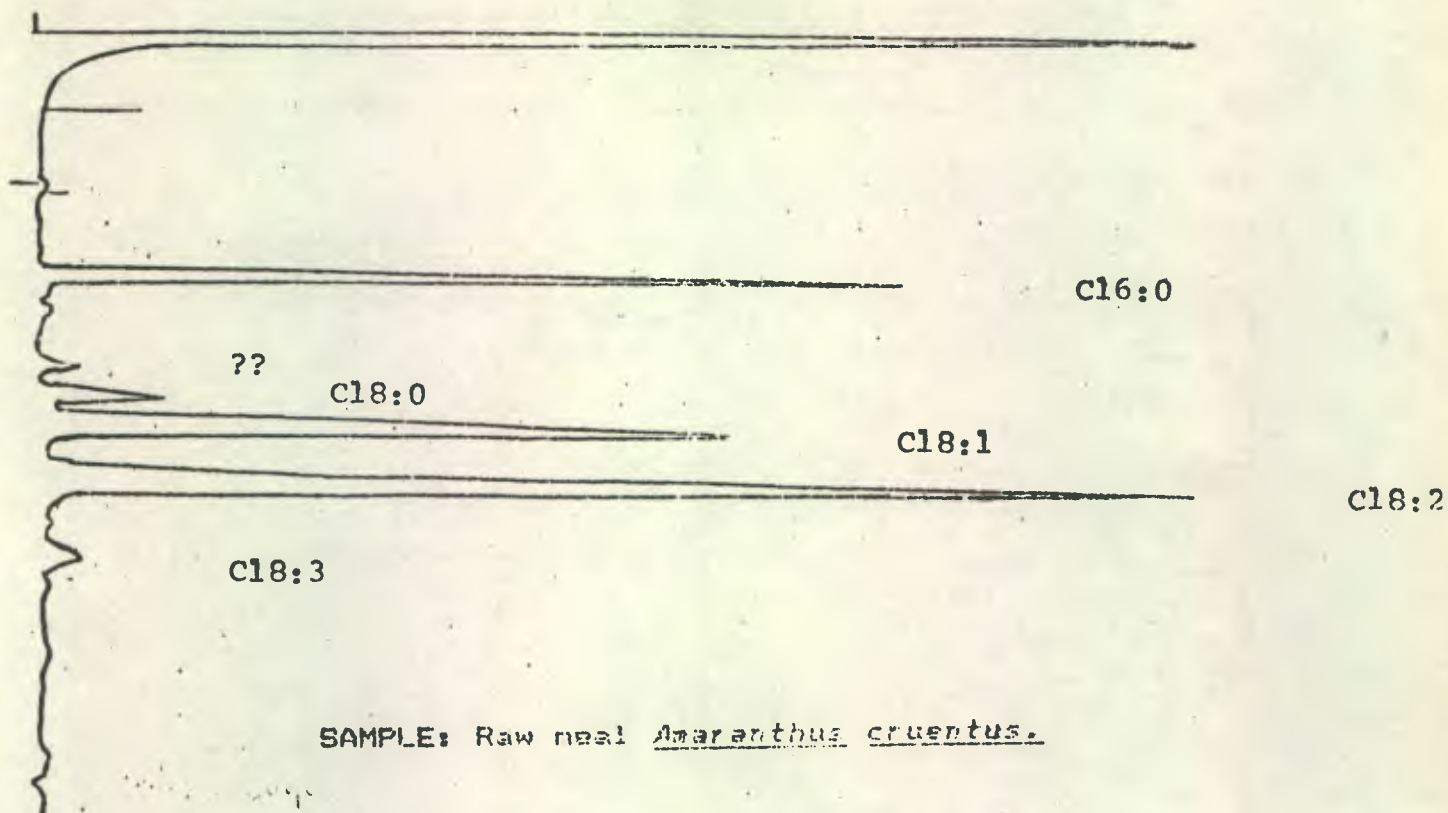


Figura 5.

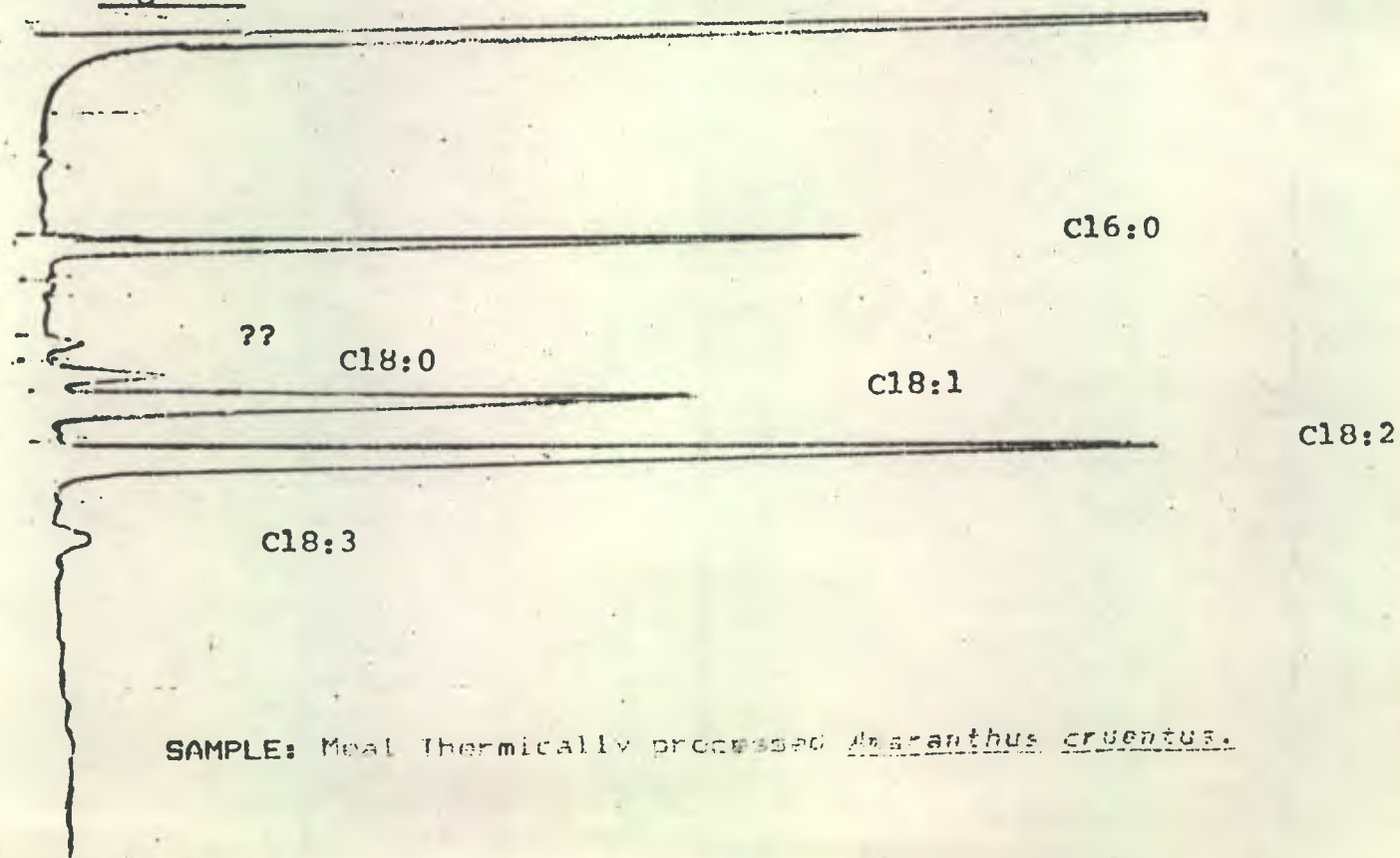
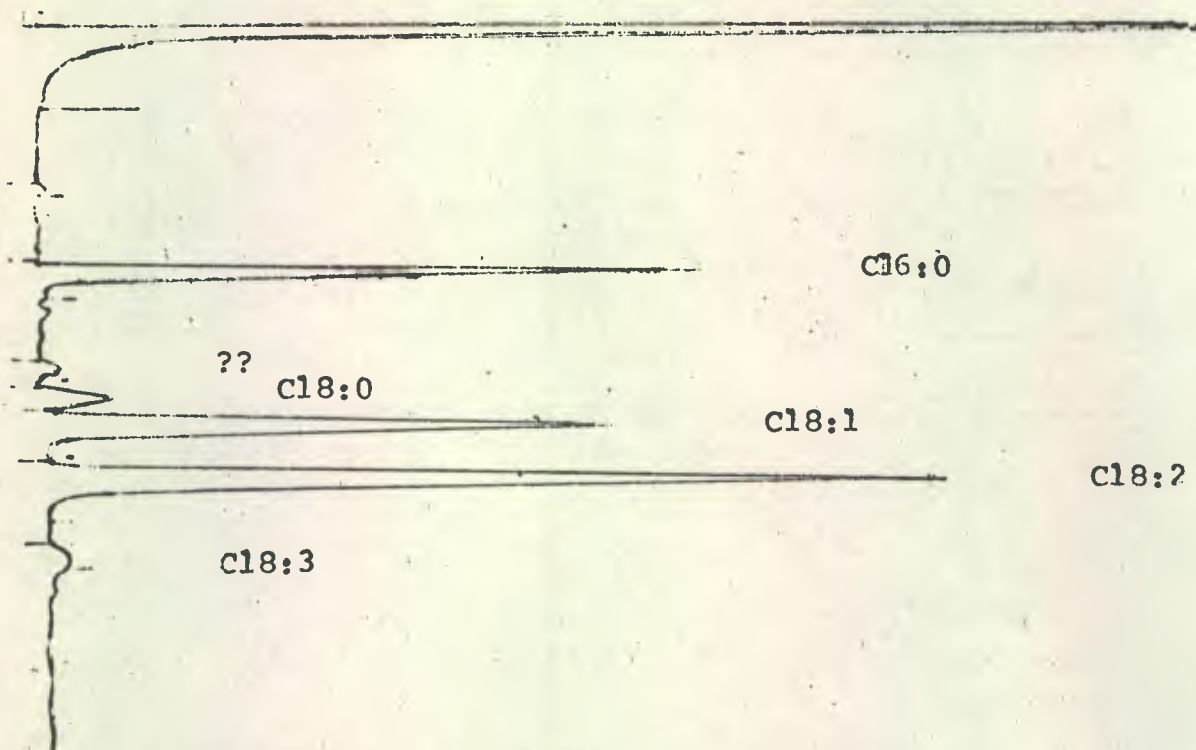


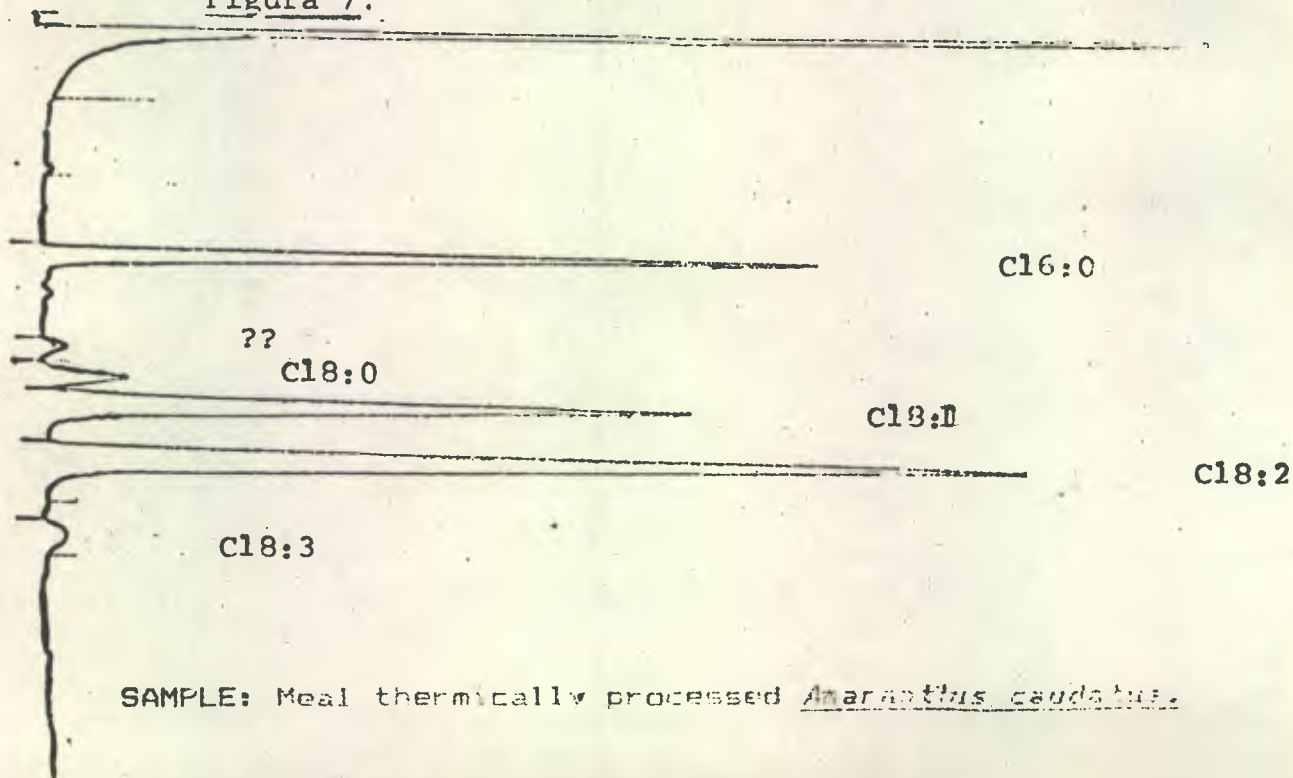
Figura 6.

CHROMATOGRAPHIC PROFILE FOR FATTY ACIDS



SAMPLE: Raw meal *Amaranthus caudatus*.

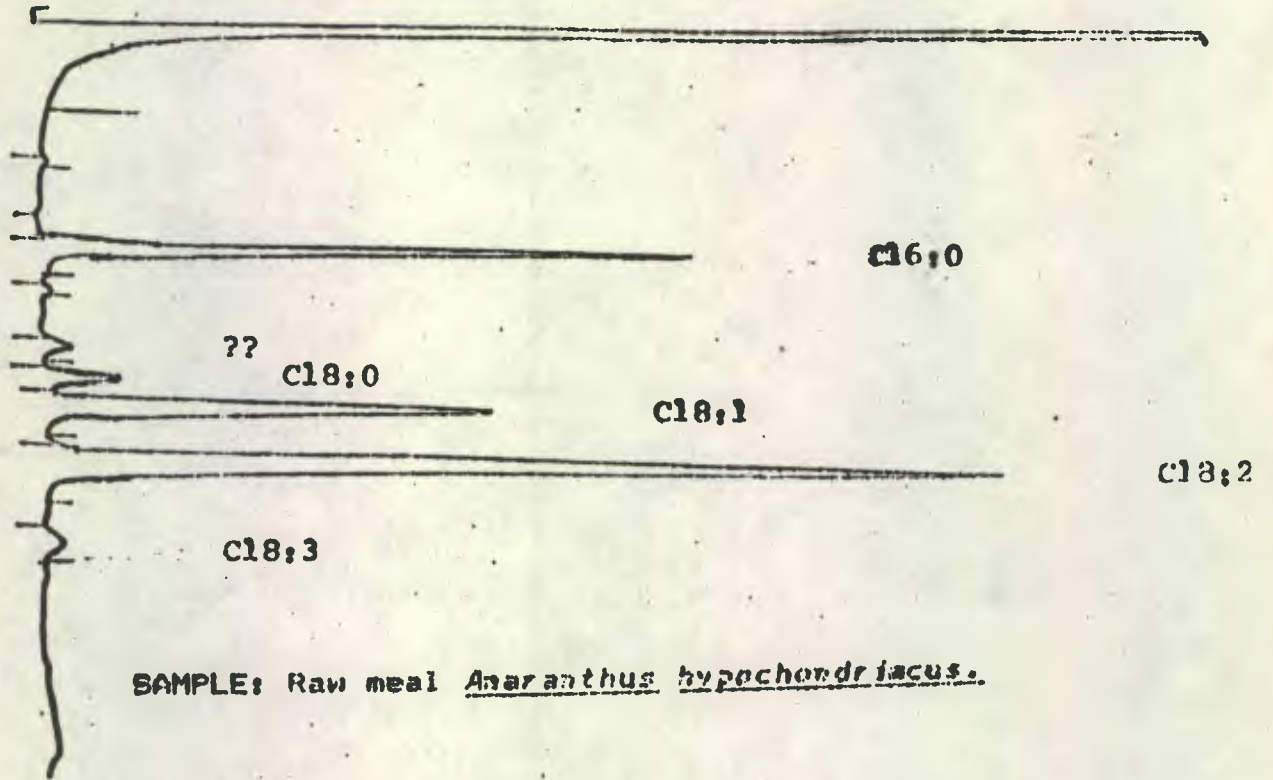
Figura 7.



SAMPLE: Meal thermally processed *Amaranthus caudatus*.

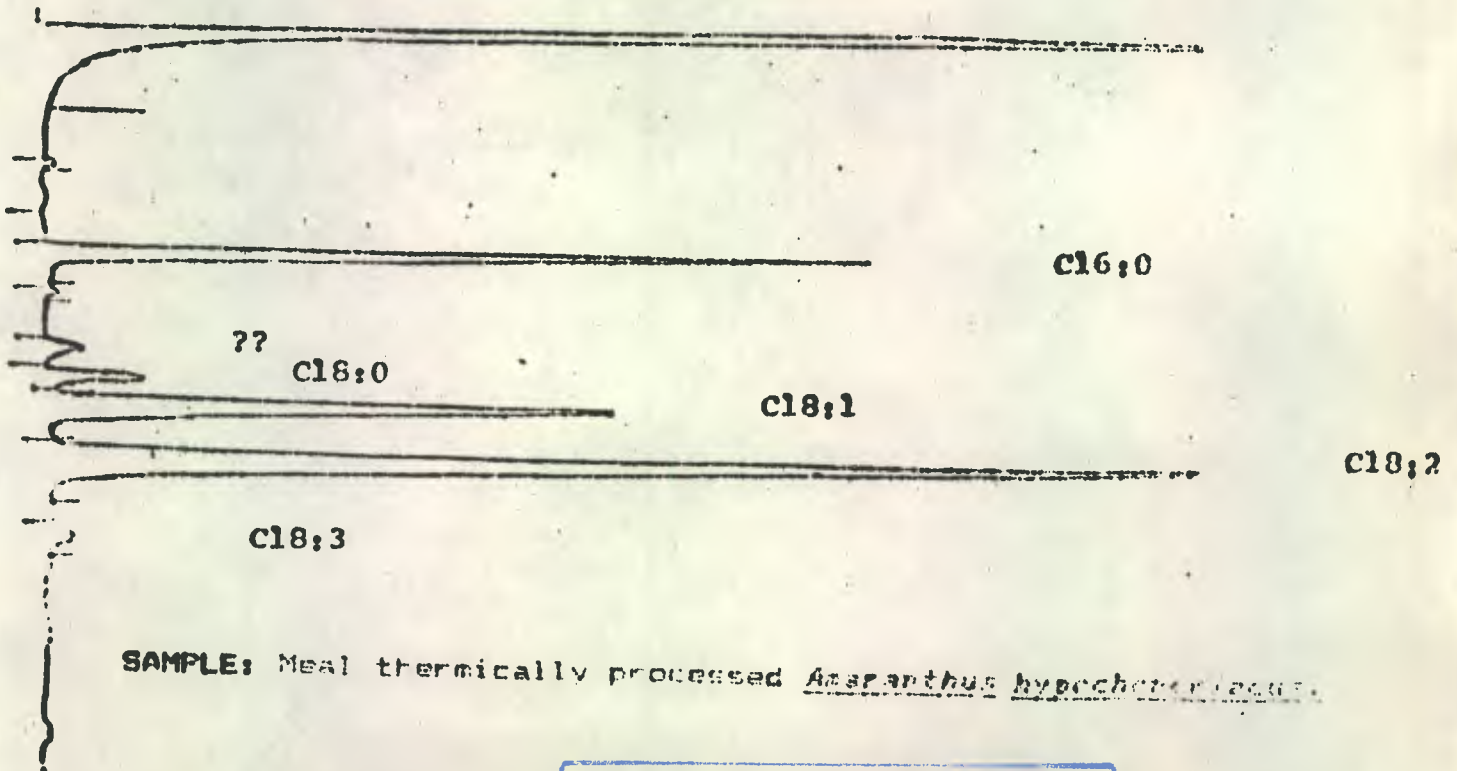
Figura 8.

CHROMATOGRAPHIC PROFILE FOR FATTY ACIDS



SAMPLE: Raw meal *Anaranthus hypochondriacus*.

Figura 9



SAMPLE: Meal thermally processed *Anaranthus hypochondriacus*.

Figura 10.

Cuadro 25. Resumen de la evaluación biológica de la proteína de tres variedades de Amarantho sometido a diferentes condiciones de remojo y secado en rodos, medida como Razón Proteínica Neta (NPR) y digestibilidad aparente del Nitrógeno.

Humedad del grano %	Velocidad secador de rodos (RPM)	V A R I E D A D E S					
		<u>Amaranthus cruentus</u>		<u>Amaranthus caudatus</u>		<u>Amaranthus hypochondriacus</u>	
		NPR	Digestibilidad aparente (%)	NPR	Digestibilidad aparente (%)	NPR	Digestibilidad aparente (%)
15	3	3.61	76.96	3.25	77.44	3.36	71.86
	5	3.61	76.01	3.17	78.32	3.42	71.03
	7	3.54	74.68	3.37	77.01	3.28	73.23
20	3	3.76	70.87	3.14	74.32	3.38	72.60
	5	3.59	73.43	3.31	75.52	3.40	72.61
	7	3.41	74.87	3.43	76.40	3.33	70.87
25	3	3.56	73.99	3.32	78.34	3.37	73.33
	5	3.62	74.19	3.47	76.77	3.29	70.29
	7	3.63	73.43	3.37	76.03	3.52	72.61

(Apéndice). Según la prueba de comparación de medias Tuckey - (0.05) *Amaranthus cruentus* presenta el mayor valor biológico 3.59 y es estadísticamente diferente de las otras dos especies (Cuadro 26).

Los resultados del efecto de la humedad de remojo, velocidad de rotación del secador de rodos y las interacciones especie - humedad de remojo, especie - RPM, Humedad de remojo - RPM y la triple interacción sobre el NPR, se muestran en los Cuadros 27, 28, 29, 31, 31 y 32. Según el análisis estadístico realizado no se detectaron diferencias estadísticas ($P < 0.05$) entre dichos tratamientos con respecto al NPR.

Considerando la influencia conjunta entre los tres factores en estudio, se obtuvo según el Cuadro 32, que la mejor calidad biológica correspondió a la proteína del grano de *Amaranthus cruentus*, remojado a 20% de humedad y una velocidad de rotación de 3 RPM aunque no se detectaron diferencias estadísticas entre los tratamientos.

2.2. DETERMINACION DE LA DIGESTIBILIDAD APARENTE.

La digestibilidad aparente del nitrógeno del grano de las especies de amaranto evaluadas, indican que la mayor digestibilidad aparente corresponde al *Amaranthus caudatus* con 76.68%, seguido de *Amaranthus hypochondriacus* y *Amaranthus cruentus* con 72.05 y 74.27% en orden respectivo (Cuadro 33). Según el análisis estadístico realizado, no se detectaron diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$) entre las especies.

Analizando el efecto de la humedad de remojo del grano sobre la digestibilidad del nitrógeno del mismo, se observa que la mayor digestibilidad la presentó con 15% de humedad de remojo del grano

Cuadro 26. Razón Proteínica Neta (NPR) del grano de tres especies de Amarantho y diferenciación de medias de Tuckey (0.05).

V A R I E D A D E S	NPR	n-27	
<u>Amaranthus</u> <u>cruentus</u>	3.59	a	w = 0.1896
<u>Amaranthus</u> <u>hypochondriacus</u>	3.37	b	
<u>Amaranthus</u> <u>caudatus</u>	3.31	b	

w = Comparador Tuckey (0.05).

NOTA: Promedios con diferente letra, son estadísticamente diferentes. ($P < 0.05$).

Cuadro 27. Razón Proteínica Neta (NPR) del grano de Amarantho en función de la humedad de remojo.

Humedades	NPR	n-27
25%	3.46	
20%	3.42	
15%	3.40	

Cuadro 28. Razón Proteínica Neta del grano de Amarantho en rodos.

Velocidad de rotación (RPM)	NPR
7	3.43
5	3.43
3	3.42

Cuadro 29. Razón Proteínica Neta (NPR) del grano de especies de Amarantho sometidas a diferentes humedades de remojo.

V A R I E D A D E S	HUMEDAD (%)	NPR	n-24
<u>Amaranthus cruentus</u>	25	3.60	
<u>Amaranthus cruentus</u>	20	3.59	
<u>Amaranthus cruentus</u>	15	3.59	
<u>Amaranthus hypochondriacus</u>	25	3.40	
<u>Amaranthus caudatus</u>	25	3.39	
<u>Amaranthus hypochondriacus</u>	20	3.75	
<u>Amaranthus hypochondriacus</u>	15	3.35	
<u>Amaranthus caudatus</u>	20	3.29	
<u>Amaranthus caudatus</u>	15	3.26	

Cuadro 30. Razón Proteínica Neta (NPR) de especies de Amarantho secado en rodos a diferentes velocidades de rotación.

V A R I E D A D E S	Velocidad de rotación RPM	NPR	n-24
<u>Amaranthus cruentus</u>	3	5.64	
<u>Amaranthus cruentus</u>	5	3.61	
<u>Amaranthus cruentus</u>	7	3.53	
<u>Amaranthus caudatus</u>	7	3.39	
<u>Amaranthus hypochondriacus</u>	7	5.38	
<u>Amaranthus hypochondriacus</u>	5	3.37	
<u>Amaranthus hypochondriacus</u>	3	3.37	
<u>Amaranthus caudatus</u>	5	3.32	
<u>Amaranthus caudatus</u>	3	3.24	

Cuadro 31. Razón Proteínica Neta (NPR) del grano de especies de amaranto en función de la humedad de remojo y velocidad de rotación del secador de rodos.

HUMEDAD	Velocidad de Rotación (RPM)	NPR	n-24
25%	7	3.51	
25%	5	3.46	
20%	5	3.43	
20%	3	3.43	
25%	3	3.42	
15%	3	3.41	
15%	5	3.40	
15%	7	3.40	
20%	7	3.39	

Cuadro 32. Razón Proteínica Neta (NPR) de tres especies de Amarantho sometidas a diferentes humedades de remojo del grano y secadas en rodos a diferentes velocidades de rotación.

<u>Amaranthus cruentus</u>			<u>Amaranthus caudatus</u>			<u>Amaranthus hypochondriacus</u>		
Humedad	RPM	NPR	Humedad	RPM	NPR	Humedad	RPM	NPR
20	3	3.76	25	5	3.47	25	7	3.52
25	7	3.63	20	7	3.43	15	2	3.42
25	5	3.62	25	7	3.37	20	5	3.40
15	5	3.61	15	7	3.37	20	3	3.39
15	3	3.61	25	3	3.32	25	3	3.37
20	5	3.59	20	5	3.31	15	3	3.36
25	3	3.56	15	3	3.20	20	7	3.33
15	7	3.54	15	5	3.17	25	5	3.29
20	7	3.41	20	3	3.14	15	7	3.28

n = 3

W = 0.2925

Rango = 3.76 - 0.2925

Cuadro 33. Digestibilidad aparente del grano de tres especies de Amarantho. (Expresado en %).

V A R I E D A D E S	Digestibilidad(%) n = 27
<u>Amaranthus caudatus</u>	76.68
<u>Amaranthus cruentus</u>	74.27
<u>Amaranthus hypochondriacus</u>	72.05

Cuadro 34. Digestibilidad aparente del grano de amaranto en función de la humedad de remojo y diferenciación de medias Tuckey (0.05).

Humedad de remojo	Digestibilidad(%) n - 27
15%	75.17 a W = 1.866
25%	74.33 a b
20%	73.50 b

W = Comparador Tuckey (0.05).

NOTA: Promedios con diferente letra son estadísticamente diferentes. (P 0.05).

Cuadro 35. Digestibilidad aparente del grano de Amarantho secado en rodos

Velocidad de rotación	Digestibilidad(%) n - 27
3	74.41
7	74.35
5	74.24

con 75.17% seguido de 25% y 20% con 74.33 y 73.50% de digestibilidad respectivamente. Según el análisis estadístico se detectaron diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$) (Apéndice), la prueba de comparación de medios Tuckey (0.05) muestra que entre 15% es diferente estadísticamente de 20% y similar a 25% en la respuesta de digestibilidad de nitrógeno (Cuadro 34).

Los resultados del efecto de la velocidad de rotación el secado de rodos así como las interacciones Especie - Humedad, Especie - RPM, Humedad y la triple interacción se muestran en los Cuadros 35, 36, 37, 38 y 39. Según el análisis estadístico de estas fuentes de variación, no presentaron una influencia estadísticamente significativa ($P < 0.05$) en la digestibilidad del nitrógeno de los tratamientos evaluados.

Cuadro 36. Digestibilidad aparente del grano de especies de Amarantho sometido a diferentes humedades de remojo.

ESPECIES	HUMEDAD(%)	DIGESTIBILIDAD(%)n-9
<u>Amaranthus caudatus</u>	15	77.59
<u>Amaranthus caudatus</u>	25	77.05
<u>Amaranthus cruentus</u>	15	75.88
<u>Amaranthus caudatus</u>	20	75.42
<u>Amaranthus cruentus</u>	25	73.87
<u>Amaranthus cruentus</u>	20	73.05
<u>Amaranthus hypochondriacus</u>	25	72.08
<u>Amaranthus hypochondriacus</u>	15	72.04
<u>Amaranthus hypochondriacus</u>	20	72.03

Cuadro 37. Digestibilidad aparente del grano de especies de Amarantho secado en rodos a diferentes velocidades de rotación.

ESPECIES	RPM	DIGESTIBILIDAD(%)n-9
<u>Amaranthus caudatus</u>	5	76.87
<u>Amaranthus caudatus</u>	3	76.70
<u>Amaranthus Caudatus</u>	7	76.43
<u>Amaranthus cruentus</u>	5	74.54
<u>Amaranthus cruentus</u>	7	74.33
<u>Amaranthus cruentus</u>	3	73.94
<u>Amaranthus hypochondriacus</u>	3	72.60
<u>Amaranthus hypochondriacus</u>	7	72.24
<u>Amaranthus hypochondriacus</u>	5	71.31

Cuadro 38. Digestibilidad aparente del grano de Amarantho en función de la humedad de remojo y velocidad de rotación del secador de rodos.

HUMEDAD	RPM	DIGESTIBILIDAD (%) n=9
<u>Amaranthus cruentus</u>	3	75.42
<u>Amaranthus Hypochondriacus</u>	3	75.22
<u>Amaranthus cruentus</u>	5	75.12
<u>Amaranthus cruentus</u>	7	74.92
<u>Amaranthus caudatus</u>	7	74.05
<u>Amaranthus hypochondriacus</u>	7	74.02
<u>Amaranthus caudatus</u>	5	73.85
<u>Amaranthus hypochondriacus</u>	5	73.75
<u>Amaranthus caudatus</u>	3	72.60

Cuadro 39. Digestibilidad aparente de tres especies de Amarantho sometido a diferentes humedades de remojo del grano y secado en rodos a diferentes velocidades de rotación.

<u>Amaranthus cruentus</u>			<u>Amaranthus caudatus</u>			<u>Amaranthus hypochondriacus</u>		
Humedad - RPM (%)		Digestibilidad (%)	Humedad - RPM (%)		Digestibilidad (%)	Humedad - RPM (%)		Digestibilidad (%)
15	3	76.96	25	3	78.34	25	3	73.33
15	5	76.01	15	5	78.32	15	7	73.24
15	7	74.93	15	3	77.69	25	7	72.61
20	7	74.87	15	7	77.01	20	5	72.61
25	5	74.19	25	5	76.77	20	3	72.60
25	3	73.99	20	7	76.41	15	3	71.86
25	7	73.43	25	7	76.03	15	5	71.03
20	5	73.43	20	5	75.52	20	7	70.87
20	3	70.87	20	3	74.34	25	5	70.29

n = 3

VIII. DISCUSION DE RESULTADOS.

1. De la evaluación química del grano de amaranto.

1.1. Contenido de proteína (Nitrógeno total x 6.25).

El contenido de proteína de las muestras de amaranto procesadas según los resultados mencionados, se encuentran dentro del rango de 12-16% reportado por Odtojan (27), y es un poco mayor a la reportada por Sánchez (32).

De acuerdo al análisis estadístico realizado se encontró una influencia estadística significativa de los factores en estudio y de las interacciones entre los mismos. Expresando el efecto de los factores como porcentaje de la varianza total, en relación al contenido de proteína, la especie, es el factor más determinante con un 59.97% del total de la variación, seguido de la humedad de remojo (6.58%) y la velocidad de rotación del secador de rodos (2.41%).

El anterior análisis puede indicar que el contenido de proteína de una muestra procesada de amaranto está regulada en mayor grado por el tipo de especie que se utilice en el procesamiento y que en menor grado es afectada por la humedad de remojo y velocidad de rotación utilizados en el presente trabajo.

1.2. Contenido de grasa (Extracto etéreo).

Los resultados del contenido de grasa de los tratamientos evaluados, son un poco mayores a los reportados por Odtojan (27) (7.5%) y bastante mayores a lo reportado por Sánchez (32) con 3.1% para amarantos híbridos. Sánchez (31) reporta 1.5% de gra-

sa. Para el presente estudio deberá tomarse en consideración que los resultados obtenidos fueron ajustados previamente a gr/100 gr de base seca, lo que podría ser una causa de los valores altos en comparación con Odtoján (27).

El análisis estadístico muestra que al evaluar el efecto de los factores de estudio sobre el contenido de grasa, la velocidad de rotación de los rodos (RPM) es el de mayor influencia, - seguido por la humedad de remojo indicada y por último la especie de amaranto. Lo anterior nos indica que el contenido de grsa de las muestras procesadas está influenciado en cierto grado por la velocidad de rotación a la que sea operado el secador de rodos. En el caso que nos ocupa, la velocidad adecuada fue de 7 RPM, ya que el tiempo de exposición de la muestra en los rodos, es menor a esta velocidad de rotación. En orden decreciente los factores menos influyentes son la humedad de remojo y la especie de amaranto tratada.

1.3. Contenido de lisina disponible.

Los resultados del contenido de lisina disponible de los tratamientos evaluados es similar a los reportados por Bressani (13). Según el análisis estadístico realizado se encontró una influencia estadística significativa de los factores en estudio a excepción de la especie y la interacción humedad de remojo por velocidad de rotación. Asimismo, el factor más determinante en el contenido de lisina disponible de los tratamientos evaluados es la velocidad de rotación del secador de rodos, obteniéndose los mayores valores de lisina con una velocidad de 7 Revoluciones Por Minuto (RPM) 1.21%). Esto parece indicar que la

temperatura de deshidratación pueda influir en la disminución del contenido de lisina disponible en la muestra evaluada, lo que podría ser debido a la producción de compuestos de Maillard ó desnaturalización por efecto térmico, ya que a 3 y 5 RPM, la muestra es expuesta a un mayor tiempo de contacto con el rodo, el cual mantiene una temperatura promedio de 132°C.

El valor promedio de lisina disponible de las muestras tratadas (1.17), es ligeramente superior al de las muestras crudas (1.15), aunque deberá considerarse que el valor de las muestras tratadas fue ajustado previamente a gms/100 gms de base seca.

2. De la evaluación biológica del grano de amaranto.

2.1. Razón Proteínica Neta (NPR).

La evaluación de la calidad del grano de amaranto remojada y secada en rodos, mediante NPR permite observar que los resultados de calidad biológica son bastante buenos, ya que entre variedades fluctuó de 3.31.- 3.59, valores que son superiores a los reportados por Bressani (14). Asimismo, se observa que a mayor nivel de humedad de remojo se incrementa el NPR del grano de amaranto, pudiera ser que hay una hidrólisis de ciertos compuestos dentro del grano y que de esa forma se favorece la disponibilidad de ciertos nutrientes. Sin embargo, el análisis estadístico muestra que en función de la varianza total del factor que más influye en la calidad biológica es la especie de amaranto que se está evaluando, no encontrándose efectos significativos para los demás

factores. En otras palabras, el efecto del procesamiento tuvo poco impacto en el aumento de la calidad biológica medida como NPR, pudiera ser que las condiciones a que fue sometido en humedad de remojo no son lo suficientemente drásticas como para inducir cambios químicos en el grano, sería necesario evaluar otras condiciones de proceso, para determinar su efecto. También puede ser que las condiciones de proceso evaluadas no tuvieran una influencia marcada sobre factores antinutricionales termolábiles lo que haya provocado que no se detectaran diferencias a ese respecto.

2.2. Digestibilidad aparente de nitrógeno.

Los resultados de la calidad de la proteína, medida como digestibilidad de nitrógeno total del grano de amaranto remojado y secado en rodos, reportan datos de digestibilidad de 76.68 - 72.05% entre especies de amaranto. Asimismo, se aprecia que la humedad de remojo del grano influye sobre la digestibilidad sin presentar una tendencia específica, con 15% de humedad de remojo se pretende la mejor digestibilidad aparente.

Los valores de digestibilidad obtenidos se encuentran dentro del rango de 74 - 82% reportado por Bressani (14).

Al analizar la influencia de los factores de estudio sobre la respuesta de digestibilidad como porcentaje de la varianza total que el mayor efecto se debe a las especies de amaranto, o sea, que dicha característica es intrínseca del grano y que está gobernada por particularidades que son inherentes al grano de amaranto, detectándose diferencias entre dichas especies en lo que respecta a digestibilidad.

IX. CONCLUSIONES.

1. El tratamiento térmico influye significativamente en el mejoramiento de la calidad proteínica del grano de amaranto, tomando como base el valor promedio de las muestras tratadas y el valor de las muestras crudas: 3.60 contra 2.19, 3.32 contra 1.77 y 3.37 contra 2.09 para Amaranthus cruentus, Amaranthus caudatus y Amaranthus hypochondriacus respectivamente.
2. El secamiento en rodos influyó significativamente ($P < 0.05$) sobre el contenido de proteína, extracto etéreo y lisina disponible de las especies de amaranto evaluadas. No se detectó efecto significativo del secamiento en rodos sobre el patrón de ácidos grasos, por lo cual no se rechaza parcialmente la hipótesis planteada. El almidón se dañó en un 100% para las 3 especies.
3. El secamiento en rodos no influyó estadísticamente ($P < 0.05$) sobre el valor proteínico del grano de las especies de amaranto evaluadas, al medirlo como NPR (Razón Proteínica Neta) y digestibilidad aparente, por lo cual se rechaza la hipótesis planteada.
4. Existen diferencias significativas ($P < 0.05$) en el contenido de proteína total, extracto etéreo y los valores de NPR y digestibilidad aparente de la proteína de Amaranthus cruentus, Amaranthus caudatus y Amaranthus hypochondriacus. No se detectaron diferencias entre el contenido de lisina disponible,

almidón dañado y patrón de ácidos grasos de las variedades evaluadas, por lo cual se rechaza parcialmente la hipótesis planteada.

5. El grano de amaranto es alto en su contenido de proteína, aunque en las harinas crudas no está toda aprovechable, lo que se pudo demostrar en el ensayo biológico de las muestras crudas, ya que los valores de NPR fueron significativamente menores a los de las muestras procesadas. (Ver Cuadro 31).

IX. RECOMENDACIONES.

- 1.- El período de exposición al calor del grano de amaranto, es relativamente corto (3 RPM para el de mayor duración), pero es suficiente para la degradación de los factores aninutricionales. Se recomienda efectuar una evaluación con grano precocido y deshidratado en rodos.
- 2.- Las harinas obtenidas para este ensayo no presentaban buenas características sensoriales para su consumo como alimento. Se recomienda efectuar un estudio para la obtención de un producto con características mejoradas para consumo humano, atendiendo a los objetivos del presente trabajo, como por ejemplo, bebidas instantáneas, papillas ó mezcla con cereales.
3. Es evidente la termosensibilidad de los factores antinutricionales presentes en el Amaranto por lo que se recomienda efectuar estudios con la ayuda de países interesados para la identificación de las características físicas y químicas de dichos factores a fin de detectar otras formas de degradación.

XI. BIBLIOGRAFIA.

1. ALFARO, M.A. 1983. Evaluación de diferentes niveles de harina de amaranto (Amaranthus hypochondriacus L.), en sustitución de harina de alfalfa para conejos en crecimiento. Tesis Médico Veterinario. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. p. 19-23.
2. ANDERSON, R.A. et al. 1969. Gelatinization of corn grits by roll and extrusion cooking. *Cereal Csi Today*, (EE.UU) 14(1):4-7, 11-12.
3. ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMIST (Wash.). 1970. Official methods of analysis. 11th. ed. Washington, D.C., 1015 p.
4. BABOO, M.; LASER, A. 1978. Gas chromatographic determination of available lysine. *Food. Chem (Suiza)* 3(4):283-285.
5. BECKER, R. et al. 1984. El Amaranto; su morfología, composición y usos como alimento y forraje. *El Amaranto y su Potencial, Boletín (Gua.)* No. 1:2-3.
6. _____.; SAONDEOS, M. 1984. El Amaranto; su morfología, composición y usos como alimento y forraje. *El Amaranto y su Potencial, Boletín (Gua.)* No. 3:4-5.
7. BENAVIDES, V. 1985. Determinación de esteroides en el aceite de Amaranthus sp. *El Amaranto y su Potencial, Boletín (Gua.)* No. 3:4-5.
8. BETSCHART, A.D. et al. 1979. Amaranthus: morphology, nutritional value and food potential. *Cereal Foods World (California)* 24(9):457-459.
9. BECKER, R.: et al. 1979. Sacharides and Starch of grain amaranth. In. *Amaranth Conference (2., 1979, Mex.)*. México, Rodale Press. p. 58-59.
10. BLANCO DE ARAYA, A. 1983. Importancia de algunos factores sobre la digestibilidad de las proteínas del frijol (Phaseolus vulgaris L.) y de sus aminoácidos en humanos adultos. Guatemala, Centro de Estudios Superiores de Nutrición y Alimentos. p. 3-5.

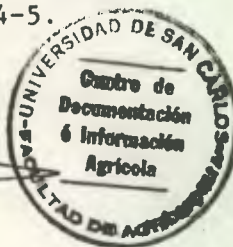
11. Bourgues, R. 1986. Perfil bromatológico del amaranto. In Seminario Nacional del Amaranto (1., 1986, Mex.). México, Colegio de Postgrados. p. 331-343.
12. BRESSANI, R. 1986. Efecto del Procesamiento Térmico húmedo o seco sobre la calidad proteínica del grano de amaranto. In Seminario Nacional del Amaranto. (1., 1986, Mex.). México, Colegio de Postgraduados. p. 344-353.
13. BRESSANI, R.; ELIAS, L.G. 1979. Improvement of the nutritional quality of foods legumes. Food and Nutrition Bulletin (Japón) 1(4):23-24.
14. _____. 1983. Calidad protéica de la semilla de amaranto cruda y procesada. El Amaranto y su Potencial, Boletín (Gua.) No. 3:5-6.
15. _____. et al. 1980. Nutritional value of legume crops for human and animals. In Advances in Legume Science Ed. Summerfield, R.J. y Bunting, A.H. Londres, Rodale Press. p. 135-155.
16. CHEEQUE, P.R.; BRONSON, J. 1979. Feeding trials with amaranthus grain, forage and leaf protein concentrates. In Amaranth Conference (2., 1979, Mex.). México, Rodale Press. p. 5-11.
17. CHEEQUE, P.R. et al. 1981. Nutritive value of leaf protein concentrates prepares from amaranthus ssp. Canadian Journal of Animal Science (Canadá) 61:119-204.
18. CONKERTON, L.; FAMPTON, R. 1959. Reaction of gossypol with free E-amino groups of Lysine proteins. Arch. Biochem. Biophys (EE.UU.) No. 81:120-134.
19. FARRAND, E.A. 1964. Flour properties in relation to the modern bread process in the United Kingdom with special reference to alpha-amylase and starch damage. Cereal Chem. (Minn.) 41:98-110.
20. HARWOOD, R. 1980. the Present and Future Status of Amaranth. In Proceedings of the Second Amaranth Conference. (2., 1980, EE.UU.). EE.UU., Rodale Press. p. 153-160.

21. IMERI, A.G. 1985. Estudio de algunos aspectos químicos, biológicos y tecnológicos de 25 variedades de Amaranthus caudatus. Tesis Mag. Sc. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. 83 p.
22. INDIA. NATIONAL INSTITUTE OF NUTRITION. 1983. Nutritional quality of amaranthus grains. Nutrition News (Indis) 4(6):3-4.
23. LEES, P. 1983. Amaranto ¿El superlativo del futuro? Agricultura de las Américas (EE.UU) 8(32):16-32.
24. MARDEROSIAN, A.D. et al. 1980. Nitrate and oxalate content of vegetable amaranth. Abstract on Tropical Agriculture (EE.UU.) No. 35440:24-25.
25. MARX, J.L. 1977. Amaranth; a come back for the food the aztecs. Science (Mex.) 198:39-40.
26. MAYA, S.; PEREZ, J.L. 1979. Agroindustrial Potential of Amaranth in Mexico. In Amaranth Conference (2., 1979, Mex.). México, Rodale Press. p. 5-11.
27. ODTOJAN, R.C. 1983. El amaranto; una cosecha promisoría descuidada. El Amaranto y su Potencial, Boletín (Gua.) No. 4:3-4.
28. OKE, O.L. 1980. Amaranth in Nigeria. In Proceedings of the Second Amaranth Conference (2., 1980, EE.UU.). EE.UU., Rodale Press. p. 22-30.
29. OSUNTOGUM, A.B.; OKE, O.L. 1983. A note of the nutritive value of amaranth seeds. Food Chem (Inglaterra) 23(4)287-289.
30. PEREZ, G. et al. 1986. Algunas características químicas, biológicas y toxicológicas en harinas crudas y procesadas térmicamente de amaranto (Amaranthus leucocarpus S.); informe anual 1985 - 1986. Guatemala, Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá. 490 p.
31. SANCHEZ, A. 1980. Potencial agroindustrial del amaranto. México, Centro de Estudios Económicos y Sociales del Tercer Mundo. 320 p.
32. _____ . 1983. Dos cultivos olvidados de importancia agroindustrial. El Amaranto y la Quina, Boletín (Gua.) 33(1):11-32.

33. _____. 1986. Perspectivas biotecnológicas del sistema amaranto. In Seminario Nacional del Amaranto (1., 1986, Mex.). México, Colegio de Postgraduados. p. 554-563.
34. ROSSEN, J.L. et al. 1973. Food extrusion. Food Tech (EE.UU.) 27:46-53.
35. SHU-AN, W.; XIN-HAI, L.; JIA-YI, L. 1985. Breve informe de una serie de estudios del amaranto de semilla. El Amaranto y su Potencial, Boletín (Gua.) no. 2:4-5.

Vo. Bo.

Patruallo



XII. APENDICE.

Resumen de Análisis de Varianza del contenido de Proteína,
Grasa, Lisina disponible, NPR, Digestibilidad aparente.

Variable = Proteína (Nitrógeno Total * 6.25) g%

Fuente de Variación	Gl.	% Varianza	Significancia
Especie	2	59.97	**
Humedad de remojo	2	6.38	**
RPM	2	2.41	**
Especie X Humedad de remojo	4	2.27	*
Especie X RPM	4	6.51	**
Humedad de remojo X RPM	4	4.49	**
Especie X Humedad de remojo X RPM	8	9.54	**
error	54	8.39	
Total	80		

** = Significancia estadística (P < 0.01)

Variable = Contenido de grasa (%)

Fuente de Variación	Gl.	% Varianza	Significancia
Especie	2	6.68	**
Humedad de remojo	2	9.49	**
RPM	2	14.77	**
Especie X Humedad de remojo	4	14.46	**
Especie X RPM	4	6.28	**
Humedad de remojo X RPM	4	9.01	**
Especie X Humedad de remojo X RPM	8	25.40	**
Error	54	13.92	
Total	80		

** = Significancia estadística (P < 0.01)

Variable = Lisina Disponible (Dimensional).

Fuente de Variación	GL.	% Varianza	Significancia
Especie	2	0.00	N.S.
Humedad de remojo	2	4.40	**
RPM	2	26.00	**
Especie X Humedad	4	6.40	**
Especie X RPM	4	7.20	**
Humedad X RPM	4	3.60	N.S.
Especie X Humedad X RPM	8	29.60	**
Error	54	22.80	
Total	80		

** = Significancia Estadística. (P < 0.05)

N.S. = No Significancia Estadística.

Variable = Razón Proteínica Neta (NPR).

Fuente de Variación	GL.	% Varianza	Significancia
Especie	2	15.00	*
Humedad de remojo	2	0.65	N.S.
RPM	2	0.05	N.S.
Especie X Humedad	4	0.43	N.S.
Especie X RPM	4	2.13	N.S.
Humedad X RPM	4	0.54	N.S.
Especie X Humedad X RPM	8	4.27	*
Error	54	76.93	
Total	80		

* = Significancia Estadística ($P < 0.05$)

N.S. = No Significancia Estadística.

Variable = Digestibilidad Aparente.

Fuente de Variación	GL.	% Varianza	Significancia
Especie	2	28.99	**
Humedad del grano	2	3.77	**
RPM	2	0.04	N.S.
Especie X Humedad	4	2.35	N.S.
Especie X RPM	4	0.99	N.S.
Humedad X RPM	4	2.27	N.S.
Especie X Humedad X RPM	8	4.66	**
Error	54	56.93	
Total	80		

N.S. = No Significancia Estadística.

** = Significancia Estadística ($P < 0.01$).

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia
Asunto

8-febrero-1990

BIBLIOTECA CENTRAL-USAC
 DEPOSITO LEGAL
 PRESENTE EL PRESENTE
 "IMPRIMASE"




 ING. AGR. ANIBAL B. MARTINEZ M.
DECANO

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE GUATEMALA
 Biblioteca