



UNIVERSIDAD LA SALLE

ESCUELA DE QUIMICA

INCORPORADA A LA U.N.A.M.

FORTIFICACION DE HARINA
DE TRIGO MEDIANTE LA
ADICION DE HARINA DE
AMARANTO PARA SU USO
INDUSTRIAL EN PANIFICACION

TESIS PROFESIONAL

MARIANA BELMONTE TRUJANO

MEXICO, D.F.

1988



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 esta 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.

I N D I C E

CAPITULO I.

INTRODUCCION	1
--------------	---

CAPITULO II.

OBJETIVO	2
----------	---

CAPITULO III.

GENERALIDADES

1.	CARACTERISTICAS DEL TRIGO	4
1.1	Características Físicas	4
1.2	Propiedades y Deficiencias Nutricionales	7
1.3	Cualidades Panaderas	15
2.	CARACTERISTICAS DEL AMARANTO	27
2.1	Características de la Planta	32
2.1.1	Físicas	32
2.1.2	Químicas	34
2.1.3	Nutritivas	37
3.	UTILIZACION DEL AMARANTO	39
3.1	Productos que se Elaboran y Consumen	39
3.2	Mezclas con Otros Granos	40

CAPITULO IV.

MATERIAL Y METODOS

1.	SELECCION DE LAS HARINAS	41
1.1	Análisis Bromatológico de la Harina de Trigo y Amaranto	41
2.	SELECCION ALEATORIA DE LAS MEZCLAS A UTILIZAR	42
2.1	Mezclas de las Harinas	42
3.	CARACTERISTICAS PANADERAS DE LAS MEZCLAS	42
4.	CARACTERISTICAS NUTRICIONALES DE LAS MEZCLAS	43
5.	FABRICACION DE PAN CON LAS DIFERENTES MEZCLAS	43
5.1	Elaboración del Pan	45
5.1.1	Técnica	45

CAPITULO V.

RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS	47
--------------------------------------	----

CAPITULO VI.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	70
--------------------------------	----

CAPITULO VII.

BIBILOGRAFIA	72
--------------	----

CAPITULO I.

INTRODUCCION.

Uno de los problemas a los que nuestro mundo se enfrenta cotidianamente, es el de la obtención de alimentos que cubran el requerimiento diario de nutrientes de los habitantes. En los países en vías de desarrollo como el nuestro, también enfrentamos el problema de la calidad de los alimentos, ya que al no tener el pueblo la cantidad suficiente, al menos el poco que está disponible debe tener un alto valor nutritivo. Por lo cual en la actualidad los investigadores se encargan de elaborar alimentos de alta calidad nutritiva, usando nuevas fuentes alimenticias que resulten además aceptadas organolépticamente y de valor económico bajo. Una de éstas fuentes de alimentos la encontramos en la planta de amaranto, que en nuestra época ofrece una opción importante para el desarrollo de nuevas técnicas de fabricación de alimentos o el empleo de técnicas cotidianas con la obtención de mejores productos para ofrecer al consumidor alimentos de calidad a bajo costo y con ganancias para el fabricante.

Debido a la gran demanda en el consumo de diversas transformaciones y presentaciones de la harina de trigo, es conveniente elaborar un producto que mejore sus características nutricionales ya que el trigo presenta una deficiencia considerable en el aminoácido lisina. Por tal motivo, se plantea en este estudio, que adicionando a la harina de trigo otra que pueda mejorarlo, en este caso harina de semilla de amaranto, se pueda lograr una mezcla con alto valor nutritivo, ya que la harina de amaranto presenta un elevado contenido de lisina.

En este producto la utilización de una harina fortificada será la base para obtener una elevada ca-

lidad nutritiva, pero deberá poseer todas las características óptimas del trigo, básicamente su calidad panadera, la cual nos la da el gluten presente y así poder determinar para que tipos de productos de panadería se podría emplear.

CAPITULO II.

OBJETIVO.

El objetivo de este trabajo es el encontrar una mezcla óptima de harina de trigo y amaranto que aparte de poseer un elevado contenido nutricional, mantenga las cualidades panaderas del trigo.

1. OBJETIVOS PARTICULARES.

- a. Determinar el contenido proteínico de las mezclas propuestas para elegir la de mayor porcentaje de aminoácidos esenciales.
- b. Determinar las propiedades panificables de las mezclas para elaborar un pan de características aceptables.
- c. Proponer un producto elaborado a partir de una de las mezclas que posea buena calidad organoléptica y un elevado contenido protéico de acuerdo a los resultados obtenidos de los objetivos antes propuestos.

CAPITULO III.

GENERALIDADES.

1. CARACTERISTICAS DEL TRIGO.

1.1 CARACTERISTICAS FISICAS.

El trigo es el más importante de los cereales debido a sus propiedades panificables lo que lo convirtió desde el principio de la humanidad en una fuente importante de alimentos y se estima que su cultivo se inició en tiempos remotos en Persia, Egipto, Grecia y Europa. El rendimiento varía de un país a otro y existe relación entre la variedad del trigo y el tipo de suelo en el que se cultive.

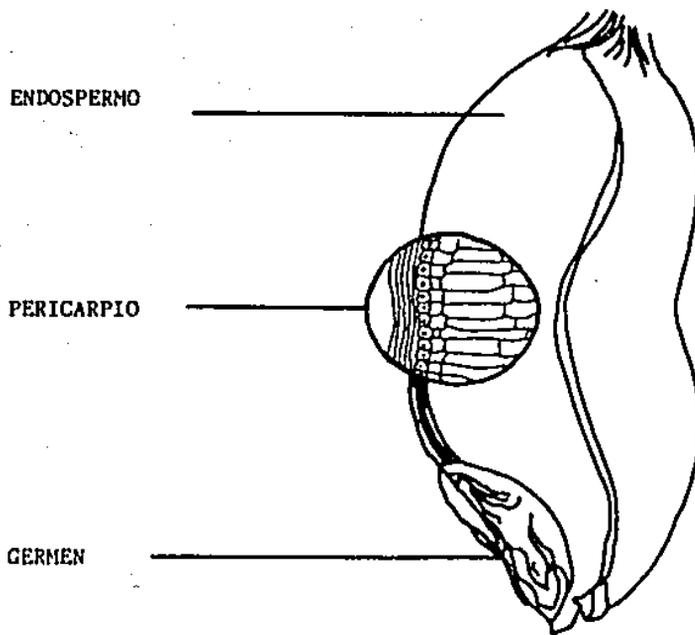
La clasificación del trigo es la siguiente:

reino	Vegetal
sub-reino	Fanerógamas
tipo	Angiospermas
clase	Monocotiledóneas
sub-clase	Apétalas
orden	Gramíneas
familia	Graminácea
género	Triticum
especie	Dicoccum

Los granos de trigo son de forma ovoide, redondeados en ambos extremos y se constituyen principalmente de tres partes: endospermo, pericarpio y germen (Figura No. 1).

En el endospermo se encuentra la parte almidonosa que también está constituida por proteína, el almidón se localiza en forma de gránulos lenticulares o esféricos. En el pericarpio la mayoría es fibra, mientras que el germen se manifiesta como la parte grasa del grano. El porcentaje de las diferentes partes morfoló-

FIGURA NO. 1 SECCION LONGITUDINAL DEL GRANO DE TRIGO (11).



gicas del grano se observa en la Tabla No. 1.

TABLA NO. 1 PARTES MORFOLOGICAS DEL GRANO DE TRIGO
(3)

	PERICARPIO	ENDOSPERMO	GERNEN
Peso (gr)	15	82	3
Almidón	0	100	0
Proteína	20	72	8
Fibra	70	8	3
Grasa	30	50	20
Cenizas	67	23	10

Existe una clasificación general para los tipos de trigo y es:

- a. según la textura del endospermo, que se relaciona con la forma en que se rompe el grano durante la molienda, y
- b. según el contenido de proteína, relacionándose con las propiedades de la harina y los usos que se le den.

La textura del endospermo puede ser vítrea o harinosa, y también podemos clasificar a los trigos como duros y blandos relacionándose con la forma de romperse el endospermo, los primeros darán una harina de tamaño grande y la de los segundos será muy fina; así mismo pueden ser fuertes o débiles que es una característica relacionada con las propiedades panaderas, encontrando que los trigos fuertes tienen un alto contenido de proteínas dando un volumen mayor de pan y una miga de buena textura, mientras que los trigos débiles poseen bajo contenido de proteínas, la miga es de estructura basta y abierta por lo que el volumen del

pan es menor.

De los diversos tipos de trigo que se cultivan básicamente se emplean en la industria de alimentos dos grupos botánicos: *Triticum vulgare* y *Triticum durum*. Sus usos básicos son en productos de panificación, gracias a la propiedad de la proteína que forma el gluten, que permite la formación de una estructura estable por fermentación o gasificación química, dando un pan de consistencia ligera y miga estable.

1.2 PROPIEDADES Y DEFICIENCIAS NUTRICIONALES.

Debido al amplio consumo de los productos derivados del trigo, es de suma importancia conocer sus características nutricionales. Una de las propiedades de más relevancia en este aspecto es el contenido de aminoácidos, el estudio básicamente se enfoca hacia los aminoácidos esenciales por ser éstos de gran importancia para la dieta diaria del individuo, ya que al no ser sintetizados por el organismo deben ser ingeridos en cantidad adecuada en los alimentos. En la Tabla No. 2 se observa el contenido de aminoácidos esenciales del trigo comparándolo con un alimento patrón.

Como se puede observar hay una clara deficiencia de los aminoácidos lisina y triptofano, siendo éstos de los más importantes para el buen metabolismo del organismo. Se pueden comparar los valores del contenido de aminoácidos del trigo con otros cereales, resultando una semejanza, en la cantidad de éstos, como se ve en la Tabla No. 3.

Existirá una variación del contenido de nutrientes dependiendo del grado de extracción al que se someta la harina en el proceso de la molienda, lo cual

TABLA NO. 2 CONTENIDO DE AMINOACIDOS DEL TRIGO (47).
(gr./100 gr. proteina)

	HARINA DE TRIGO	PATRON HUEVO
Arginina	3.5	6.6
Histidina	2.1	2.4
Isoleucina	3.6	6.6
Leucina	7.0	8.8
Lisina	2.1	6.4
Metionina	1.5	3.1
Fenilalanina	4.8	5.8
Treonina	2.7	5.1
Triptofano	1.1	4.2
Valina	4.1	7.3

TABLA NO. 3 CONTENIDO DE AMINOACIDOS EN LOS CEREALES (3, 7).
(gr./100 gr. proteina)

	TRIGO	CEBADA	CENTENO	AVENA	ARROZ	MAIZ	AMARANTO
Arginina	6.8	8.0	8.0	10.6	12.3	8.0	4.2
Histidina	3.4	3.0	3.4	3.0	3.7	3.8	3.8
Isoleucina	6.1	6.1	6.2	7.4	6.2	6.4	5.9
Leucina	10.2	11.0	9.8	11.2	12.8	19.2	8.6
Lisina	4.3	5.4	5.9	5.9	5.9	4.8	8.4
Metionina	2.6	2.2	2.6	2.2	3.8	3.4	3.7
Fenilalanina	7.4	8.0	7.4	8.0	8.3	8.0	5.7
Treonina	4.6	5.9	5.8	5.4	6.6	6.7	5.6
Triptofano	2.1	2.2	2.1	2.9	2.2	1.3	3.7
Valina	6.8	8.0	8.0	8.6	9.1	8.9	6.7

se puede constatar en la Gráfica No. 1, observando la concentración de los constituyentes de acuerdo al grado de extracción.

Los constituyentes minerales del grano se encuentran en proporción adecuada al requerimiento diario del individuo y la mayoría de éstos se eliminan durante la molienda, sin embargo no hay una deficiencia marcada de éstos en el trigo a pesar de los procesos de transformación sufridos, siendo el hierro el principal mineral que se adiciona a la harina en algunos molinos después de la molienda. En la Tabla No. 4 se muestran éstos valores.

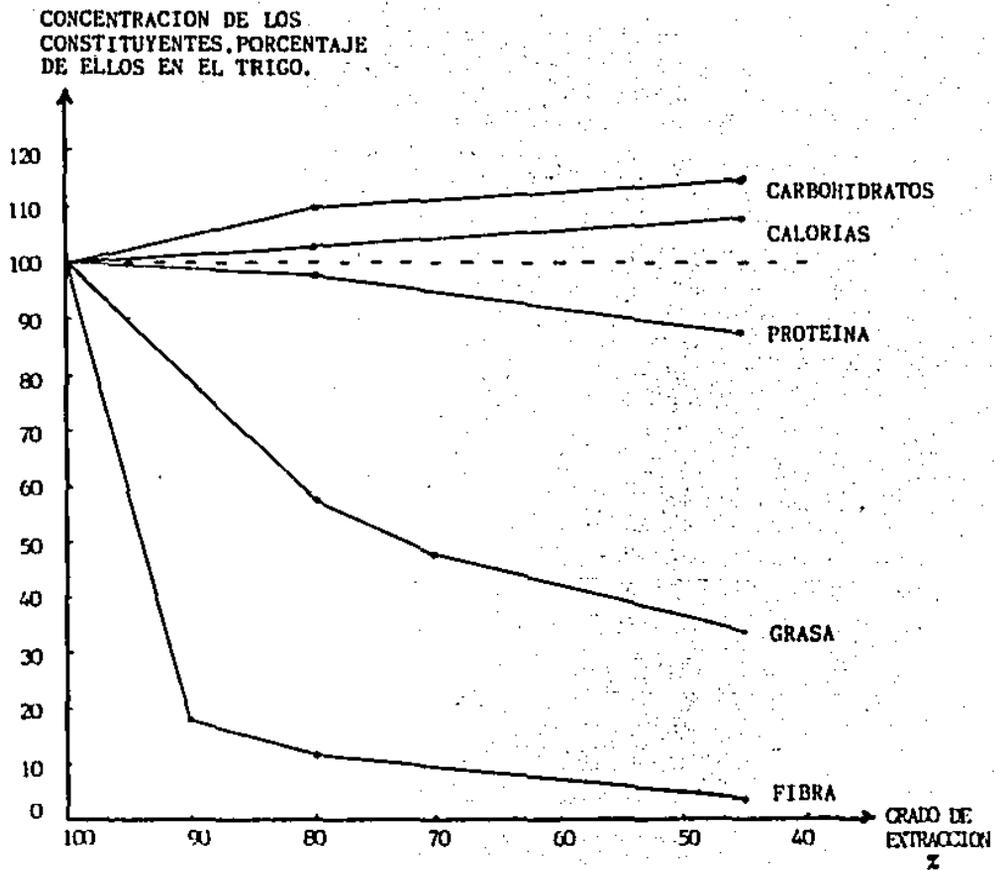
TABLA NO. 4 CONTENIDO DE MINERALES EN EL TRIGO (3).
(mg./100 gr. materia seca)

ELEMENTO	TRIGO	ELEMENTO	TRIGO	ELEMENTO	TRIGO
K	453	Na	24	Li	0.5
P	380	Si	12	Al	0.3
S	196	Fe	5	Ni	0.14
Mg	157	Zn	5	Sn	0.11
Cl	76	Mn	4	Pb	0.04
Ca	51	Cu	0.07	I	0.014

De acuerdo al grado de extracción al que se somete a la harina será la cantidad de minerales que pierda durante la molienda, los principales son: calcio, hierro, fósforo y magnesio. Los porcentajes se comprueban en la Gráfica No. 2.

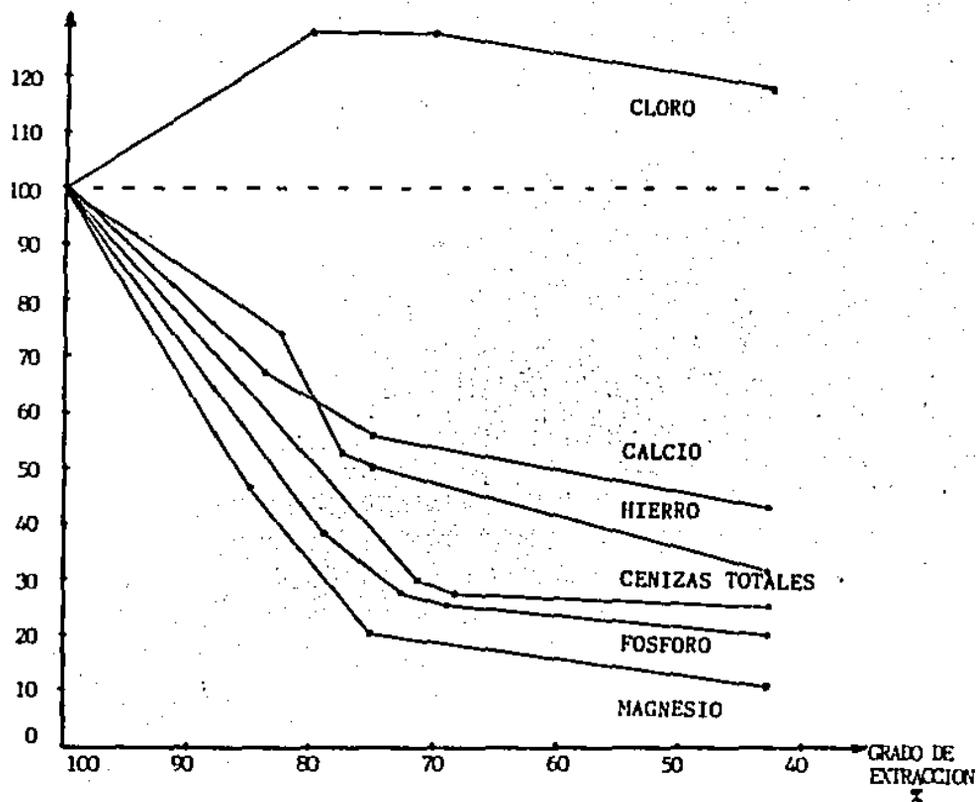
En cuanto al contenido medio de vitaminas en

GRAFICA NO. 1. CONSTITUYENTES DEL TRIGO (3).



GRAFICA NO. 2 MINERALES DEL TRIGO (3).

CONCENTRACION DE LOS
CONSTITUYENTES, PORCENTAJE
DE ELLOS EN EL TRIGO.



los principales cereales, no hay variación considerable entre ellos, por lo que se puede decir que no hay una diferencia a este respecto en el grano del trigo (32), como se comprueba en la Tabla No. 5.

TABLA NO. 5 CONTENIDO VITAMINICO EN LOS CEREALES (3,41).
(mg./gr.)

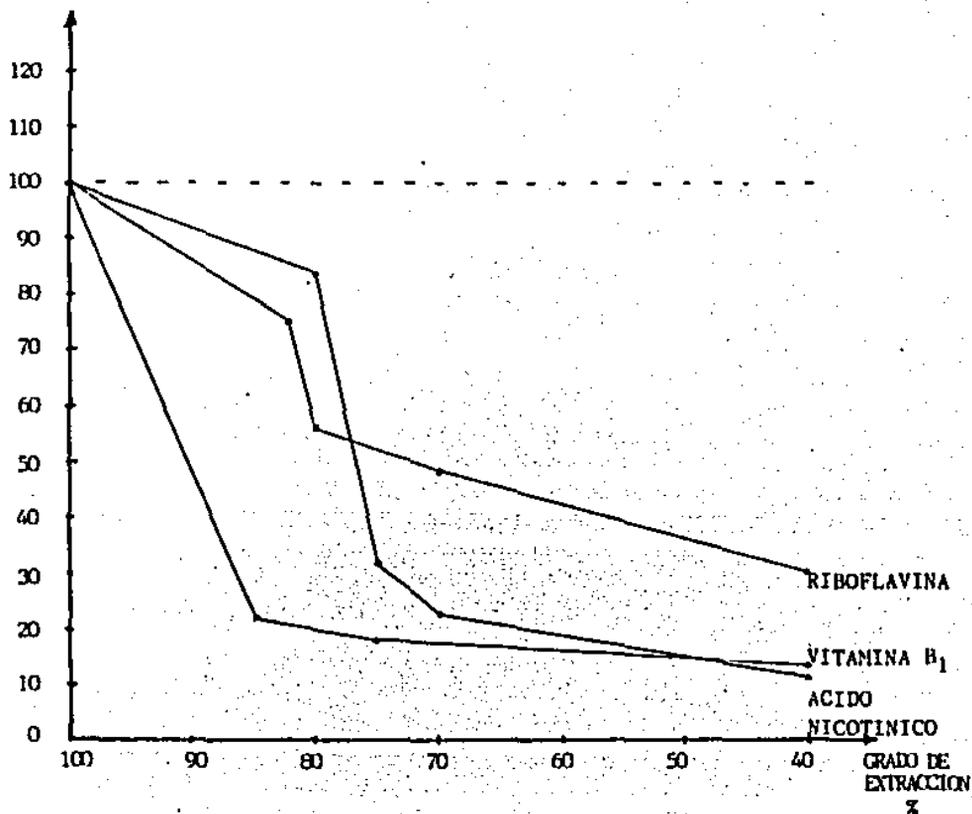
	TRIGO	CEBADA	CENTENO	AVENA	ARROZ	MAIZ	SORGO
Vitamina B ₁	4.0	6.5	4.6	5.7	4.0	4.5	3.1
Riboflavina	1.2	1.2	1.5	1.3	0.6	0.9	1.1
Ac. nicotínico	70.0	115.0	10.0	9.4	53.0	23.0	51.0
Ac. pantoténico	10.0	4.4	10.4	9.0	17.0	4.6	7.0
Biotina	1.0	-	0.06	-	-	0.1	0.3
Piridoxina	5.0	11.5	3.3	1.2	10.3	6.9	6.4
Ac. fólico	0.5	-	0.3	0.2	-	-	-
Vitamina B ₁₂	0.001	-	-	-	-	-	-

Al igual que en el caso de los constituyentes principales y los minerales hay una variación en el porcentaje del contenido de vitaminas de acuerdo al grado de extracción y transformación como se observa en la Gráfica No. 3.

La gran diferencia de tiempos de formación de la miga y la costra (100 - 200 °C), es un factor primario en la estabilidad de los nutrimentos del pan. Son de gran importancia nutricional las modificaciones ocurridas durante el cocimiento, en digestibilidad, fermentación, producción de poros y textura, desarrollo

GRAFICA NO. 3 VITAMINAS EN EL TRIGO (3).

CONCENTRACION DE LOS
CONSTITUYENTES. PORCENTAJE
DE ELLOS EN EL TRIGO.



de olor y sabor del pan, estos son acompañados de una indeseable destrucción e inactivación de nutrientes termolábiles (3,14). Las pérdidas que se reportan en bibliografía son las citadas en la Tabla No. 6.

TABLA NO. 6 PERDIDAS EN LOS PROCESOS DE PANIFICACION(26)

CONSTITUYENTE	PROCESO	% PERDIDA
Tiamina	Fermentación	5
	Cocimiento	20 - 30
Riboflavina	Cocimiento	64 - 88
Vitamina E	Cocimiento	20 - 30
Ac. fítico	Cocimiento	75
Ac. arábico	Cocimiento	25
Triptofano	Cocimiento	26 - 86
Lisina	Cocimiento	23 - 73
Metionina	Cocimiento	14 - 57
Treonina	Cocimiento	13 - 66

El constituyente principal de los cereales es el almidón, y en el trigo se determina que aproximadamente el 60 % del grano y del 70 - 71 % del endospermo están formados por este carbohidrato, encontrándose en forma de amilasa y amilopectina.

Dependiendo del grado de extracción de la harina es la cantidad de nutrientes presentes, así tenemos que conforme aumenta el grado de extracción las harinas contienen menos carbohidratos y cloruros pero mayor cantidad de todos los otros elementos nutritivos. Existe fabricación de harina blanca de alto contenido vi-

tamínico, a la que se le enriquece con vitamina B₁, riboflavina, ácido nicotínico y hierro. De acuerdo a ésto existe una reglamentación propuesta por el National Research Council de los Estados Unidos desde 1930, el cual trata de mejorar las características nutritivas de las harinas adicionando los nutrientes necesarios dentro de una reglamentación específica.

La deficiencia de éstos elementos nutritivos en la dieta origina enfermedades carenciales, por ejemplo, la insuficiencia de tiamina produce beri-beri, la de riboflavina altera el crecimiento, produce dermatitis y defectos oculares, la de niacina la pelagra y la de hierro conduce a la anemia.

1.3 CUALIDADES PANADERAS.

Los trigos se clasifican de acuerdo a sus características molineras que son la dureza y la blandura, las cuales están relacionadas con la forma de ruptura del endospermo. Los trigos duros proporcionan una harina de tamaño grande, arenosa y fácil de cernir, constituida por partículas de forma regular siendo en gran parte células del endospermo; los blandos dan una harina fina formada por fragmentos irregulares del endospermo y partículas planas que se adhieren unas a otras.

La fuerza del trigo se relaciona con las propiedades panaderas, o sea la capacidad para producir pan en piezas de volumen adecuado con miga de buena textura, llamándose "fuertes". Generalmente estos trigos tienen un elevado contenido protéico, mientras que los trigos que presentan el fenómeno contrario serán "flojos".

y tendrán bajo contenido de proteínas.

De acuerdo a las características del trigo existe una calidad molinera y se mide por el rendimiento y la pureza de la harina. Estos factores dependerán de la forma en que es separado el endospermo del salvado, de que tan resistente sea el salvado y no se fragmente, de la fragilidad del endospermo y de la facilidad con la que se tamiza la harina. La pureza de la harina indica que se encuentra libre de partículas de salvado, éste es de color oscuro mientras que el endospermo es blanco, también indica el contenido de cenizas, que es mucho mayor en el salvado que en el endospermo.

La harina de trigo está constituida por las siguientes fracciones:

- a. almidón.
- b. proteína (que son solubles del tipo de la albúmina y gliadina, e insolubles como la glutenina que es una de las partes principales del gluten).
- c. grasa.
- d. azúcares.
- e. sales minerales.
- f. humedad.
- g. pequeñas cantidades de celulosa.

La naturaleza de la harina depende del equilibrio que exista entre estos elementos y de acuerdo a ellos será la utilización que se le dé a ésta. Un análisis típico de las harinas de trigo es como el de la Tabla No. 7.

El proceso de obtención de la harina se basa en una combinación de raspado, tundido y machacado, efectuándose en molinos de cilindro. Básicamente se siguen tres pasos:

TABLA NO. 7 ANALISIS TIPICO DE LA HARINA DE TRIGO (1).

	PORCENTAJE
Proteína del glutén	11.0
Almidón	69.0
Azúcar	2.5
Proteínas solubles	1.0
Grasa	1.0
Salas minerales (cenizas)	0.5
Humedad	15.0
Vitamina B ₁	0.3

1. Trituración.- Se rompe el grano tratando de separar cada una de las partes anatómicas.
2. Tamización.- Se dividen las partículas según sus diferentes tamaños. Este paso se puede realizar varias veces, clasificando en grados cada una de las harinas obtenidas.
3. Purificación.- Se separan las partículas de las cubiertas corticales de las del endospermo, se efectúa según su velocidad límite de caída y es por medio de corrientes de aire.

La evaluación de las características de la harina y la predicción de su posible comportamiento en la fermentación, tienen hoy en día una importancia mayor que antaño, gracias a la expansión de los métodos de amasado continuo y las instalaciones automáticas. Para medir estas características se toman en cuenta dos funciones primordiales:

1. la capacidad de retención de gas de la masa, que está en dependencia con la cantidad y calidad del gluten.

2. la capacidad de la masa para producir gas, que está relacionada con la cantidad disponible de azúcares fermentables (15).

Ha sido necesario proponer métodos de análisis para conocer estas funciones y diseñar aparatos que registren los datos y los presenten en forma de gráficos, de acuerdo a estos datos se sabe que uso darle a la harina y obtener su máximo rendimiento. Se requiere hacer pruebas físicas o químicas para lo que existen varios métodos generales fáciles de realizar, con lo que se consiguen indicaciones no sólo de la calidad de la harina y sus posibilidades para panificación y bollería, sino también para controlar las recepciones y así asegurar al máximo una calidad uniforme. Pero a pesar de realizar estos ensayos, la prueba consistente en hacer el pan es aún el criterio definitivo con respecto a la calidad panadera de la harina (15,30).

Algunos de los ensayos propuestos requieren de aparatos complicados, pero para su utilización se recomienda que sea en volumen de harina grande, pues las características de ésta varían según el transcurso del año, debido a las diferencias de los trigos almacenados. Los aparatos con los que se realizan éstos ensayos son:

1. Farinógrafo de Brabender.
2. Extensógrafo de Brabender.
3. Alveógrafo y Mixógrafo de Chopin.
4. Equipo de Ensayo Millers Research.
5. Fermentógrafo de Brabender.
6. Zimotaquígrafo de Chopin.
7. Viscosímetro para la determinación del Número de Hagberg (actividad de la amilasa).
8. Amilógrafo y Viscógrafo de Brabender.

A continuación se describirán los principales tipos de aparatos utilizados para la determinación de las propiedades de las harinas, estos análisis se pueden realizar por métodos químicos usando aparatos corrientes de laboratorio, pero con estas nuevas técnicas se obtienen mejores resultados en cuanto a la exactitud y a la facilidad de aplicación.

1. Farinógrafo de Brabender.

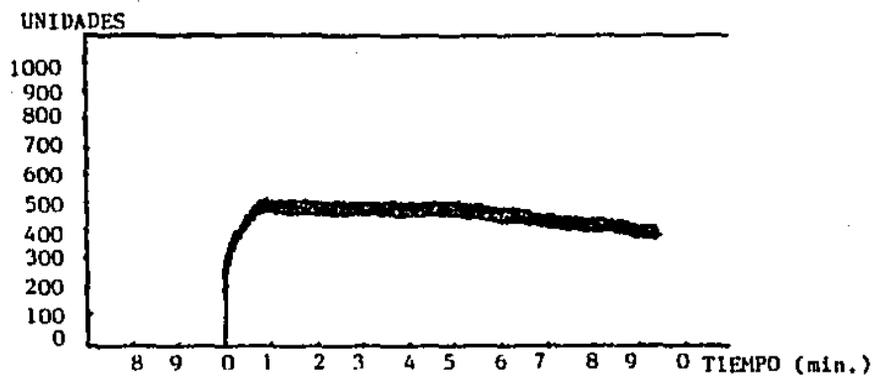
Con su ayuda se determina el rendimiento probable de pan que pueda dar una harina, midiendo la absorción de agua, así como también el acondicionamiento de la masa y la resistencia que presentará a su fermentación. También se puede analizar la influencia sobre la consistencia y carácter de la masa, de todo tipo de mejoradores.

El farinógrafo registra la evolución de la masa y la resistencia que opone al amasado, esta operación se prolonga hasta que la curva que va dando el aparato muestra síntomas de debilitamiento. La forma de la curva varía según el tipo de harina y por la naturaleza de los aditivos. De tal modo que se puede decir que cuanto más tiempo resiste una harina al proceso de amasado, tanto más fuerte es, y la influencia del aditivo se muestra del mismo modo (15).

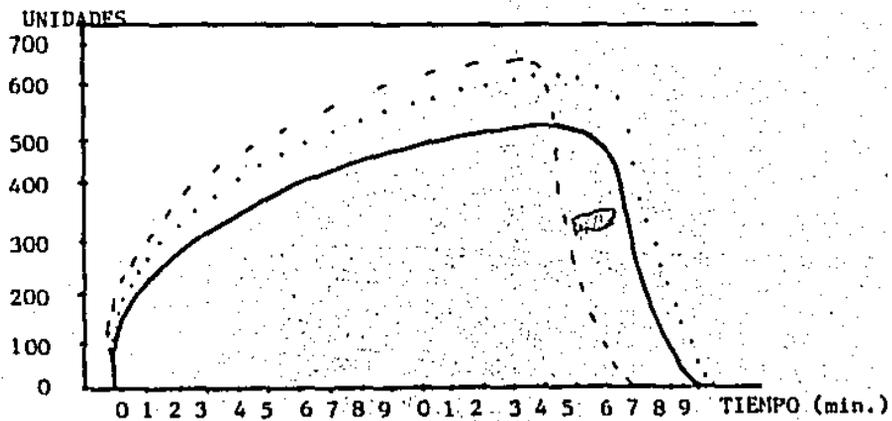
La gráfica que se obtiene se llama farinograma y es la que se muestra en la Gráfica No.4. De esta gráfica se puede extraer la siguiente información:

- a. Consistencia de la masa.- Se refiere a la capacidad de absorción de agua o sea la cantidad que se necesita de ésta para producir una masa de consistencia adecuada.

GRAFICA NO. 4 FARINOGRAMA (15).



GRAFICA NO. 5 EXTENSOGRAMA (15).



- b. Evolución de la masa.- De acuerdo a este dato se calcula el tiempo de amasado, ya que cada harina de acuerdo a sus características necesitará un tiempo de amasado. El punto máximo de la curva será el tiempo requerido para la confección de la masa en condiciones industriales. En base al tiempo que se le amase será la calidad del producto, ya que menor o mayor tiempo, estropean la masa.
- c. Estabilidad de la masa.- Se relaciona con el tiempo que pasa hasta que la masa se debilita y es una medida de la fermentación que resistirá la harina.
- d. Elasticidad y extensibilidad.- El ancho de la banda de la curva mide la dureza de la harina y su elasticidad.
- e. Debilitamiento de la masa.- Se representa por la caída de la curva, lo que se mide en un tiempo determinado.

2. Extensógrafo de Brabender.

Con ayuda de unas gráficas se mide la extensibilidad de la masa y la extensión en el punto óptimo de resistencia a la extensión.

En la amasadora del farinógrafo se hace una masa de consistencia estándar, la masa se moldea en redondo con un aparato especial que se suministra con el extensógrafo. Las piezas redondeadas pasan a la moldeadora que les da forma de barrita y se pasan entonces a los portaprobetas. Estos las soportan de modo que se puedan colocar en cámaras termostáticas, donde reciben maduración de 45 minutos. En el momento oportuno, se toman los portaprobetas y se colocan en posición en el aparato, de modo que un brazo desplazable, estira la masa hasta que finalmente ésta se rompe. La fuerza

necesaria para estirar y romper, se registra automáticamente en la gráfica, junto con la longitud que se ha estirado.

Una vez estirada la masa al máximo, se recoge y vuelve a moldear en forma redonda y se le deja otro periodo de maduración de 45 minutos; entonces se somete a otra prueba, y el proceso se repite hasta que la masa ha permanecido 135 minutos, con lo que se obtienen tres curvas de la misma muestra (Gráfica No. 5). La harina de buena calidad dará curvas cada vez más elevadas demostrando su buena extensibilidad. Para la interpretación de los resultados se toma la altura de la curva a los 5 cm. La extensibilidad viene dada por la longitud de la curva; el área abarcada representa la energía, pues prácticamente está compuesta por: cantidad de deformación y fuerza necesaria para efectuarla.

Un alto valor de energía unido a gran extensibilidad, muestra una harina fuerte, un valor bajo de energía y alta extensibilidad, muestra una harina floja no apta para panificación, y su uso es para galletas, harinas preparadas con levaduras artificiales o para pastas.

3. Alveógrafo de Chopin.

Este aparato mide la tenacidad y extensibilidad de una masa, se usa aire o bióxido de carbono a presión para romper la masa por medio de una burbuja.

Para interpretar correctamente las gráficas obtenidas, es de suma importancia seguir perfectamente las instrucciones para la preparación de la masa. Las masas se confeccionan siempre con la misma relación de sólidos a líquidos, cualquiera que sea el contenido de humedad de la harina a ensayar.

La interpretación de los resultados obtenidos en el alveógrafo es como sigue:

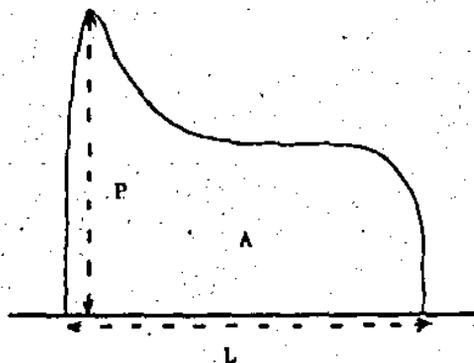
1. se dibuja la curva media de la hoja y se determina el área por medio de un planímetro, que es un instrumento de lectura directa que, pasando sencillamente su índice por el gráfico en el sentido de las manecillas del reloj, da una lectura directa del área graficada en cm^2 .
2. otras medidas que se hacen son: la altura máxima de la curva y la longitud de la misma, ambas dadas en mm. Un ejemplo de estas medidas se observa en la Figura No. 2.
3. la altura máxima de la curva da una medida de la estabilidad de la masa, y el área una medida de la fuerza. Los alveogramas típicos entre los que caen todos los gráficos de las harinas se muestran en la Figura No. 3.

Una vez realizados los diversos análisis a las harinas se clasifican según sus propiedades para los diversos usos que se les dará, así por ejemplo para la elaboración del pan y pasteles se necesitará de una harina del grupo de los trigos tenaces y que posean buen gluten.

La tecnología de la panificación consta de tres etapas: amasado, fermentación de la masa y cocido de ésta en el horno.

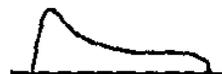
Los ingredientes básicos son: harina de trigo, levadura y sal, pero pueden añadirse otros como diversos tipos de harinas, ya sea de otros cereales o maltada, alimentos para la levadura, huevo, leche y productos lácteos, grasa, frutas, gluten, etc. Al realizar la mezcla de estos ingredientes comienzan dos procesos:

FIGURA NO. 2 MEDIDAS TOMADAS EN EL ALVEOGRAMA (15).

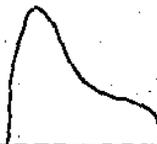


L = longitud ... 111 mm.
P = altura ... 94 mm.
A = área ... 51 cm².

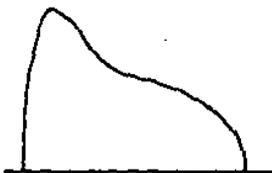
FIGURA NO. 3 ALVEOGRAMAS TÍPICOS (15).



TRIGOS SUAVES
(galletas)



TRIGOS MEDIO FUERTES
(pan hecho a mano)



TRIGOS FUERTES
(panificación mecanizada)



TRIGOS TENACES
(pasteles, galletas)



TRIGOS CRISTALINOS
(pastas y macarrones)

1. la proteína presente en la harina se hidrata, lo que da lugar al gluten, y
2. hay formación de dióxido de carbono por acción de las enzimas de las levaduras sobre los azúcares fermentables.

Las características necesarias de los ingredientes utilizados en la panificación son las siguientes:

a. Harina.

Debe proceder de trigos fuertes, es necesario que tenga una cierta cantidad de proteína, así como también calidad, fuerza y estabilidad, suficiente producción de gas y actividad amilásica, buen color y una humedad óptima que no ocasione problemas en el almacenamiento.

b. Agua.

Primeramente debe ser potable y la cantidad se determinará por el contenido de proteína de la harina y de acuerdo a su absorción, generalmente a mayor contenido de proteína es mayor la cantidad de agua requerida.

c. Levadura.

Debe ser fresca y activa, se emplea una cepa de Saccharomyces cerevisiae. La cantidad que se utiliza va en proporción con el tiempo de fermentación y la temperatura que se mantenga la masa. La función de la levadura es fermentar los azúcares para producir dióxido de carbono y etanol.

d. Sal.

Le proporciona al producto sabor y color, también hace que la masa no sea pegajosa y sea de fácil manipulación. Si se lleva a cabo una fermentación prolongada se usa una mayor cantidad de sal, ya que ésta eleva la velocidad de fermentación y reducirá el tiempo de ésta.

Todos los demás ingredientes empleados como mantequilla, azúcar, leche, etc., le transmiten al pan ciertas características especiales, casi siempre involucradas con el aspecto del producto.

Los cambios químicos que ocurren durante el proceso de panificación son los que a continuación se describen:

1. Mezcla de ingredientes.- Al comenzar la mezcla se va incorporando oxígeno que ayuda al desarrollo del gluten. La proteína se hidrata dando lugar al gluten y hay un desdoblamiento de los carbohidratos debido a la presencia de alfa y beta amilasas que producen di y trisacáridos.
2. Amasado.- Continúa el desdoblamiento de los carbohidratos llega a monosacáridos que son atacados por la levadura.
3. Cocción.- En ella hay una presencia elevada de dióxido de carbono lo que hace que ocurra una expansión, el almidón se gelatiniza, se coagula la proteína y hay evaporación de agua y etanol.

Después de este proceso, el producto tendrá un color café, que imparte el sabor y olor característico del pan, esto es debido probablemente a una reacción no enzimática (tipo Maillard) en donde las proteínas reaccionan con azúcares no reductores (3).

2. CARACTERISTICAS DEL AMARANTO.

En tiempos precolombinos el grano de amaranto fué uno de los alimentos básicos del Nuevo Mundo, tan importante como el maíz o el frijol. Los aztecas, incas

y otros pueblos lo sembraban; existen registros de que alrededor de 20,000 toneladas del grano de amaranto procedentes de 17 provincias eran enviadas a Tenochtitlan como tributo anual para el imperio azteca gobernado por Moctezuma (8).

La historia del amaranto es larga según escavaciones arqueológicas, sus hojas y semillas fueron empleadas por poblaciones prehispánicas, mucho antes de que se procediera a la domesticación de la planta. Las investigaciones hechas en el valle de Tehuacan, dieron indicios de que los indígenas cultivaban la planta durante la fase Caxcatlán (5200-3400 A.C.), lo que nos habla de una domesticación paralela a la del maíz.

El amaranto llamado comúnmente "alegría" o huau-tli, fué para los aztecas uno de los cuatro cultivos principales (maíz, frijol, chia y amaranto). Además estuvo ligado a ritos religiosos, de los que se tienen noticia por las cartas enviadas al rey de España, y que relatan lo siguiente: "el rito se efectúa en honor de Huitzilopochtli, Dios de la guerra, consiste en elaborar un enorme ídolo, confeccionado con amaranto, miel y sangre humana, para después pasearlo por la ciudad, siendo posteriormente despedazado y comido por la gente". Este rito era sugerido como diabólico por los conquistadores, por lo que se demandó su abolición (16).

De esta forma el cultivo de amaranto, fué una de las antiguas prácticas que más sufrió al ser relegada la cultura indígena. Su importancia y sobre todo su valor coremonial, fué combatido como símbolo de paganismo, de este modo empezó la labor de los misioneros españoles y no tomando en cuenta su importancia en la alimentación, se prohibió todo cultivo o consumo de la semilla de amaranto.

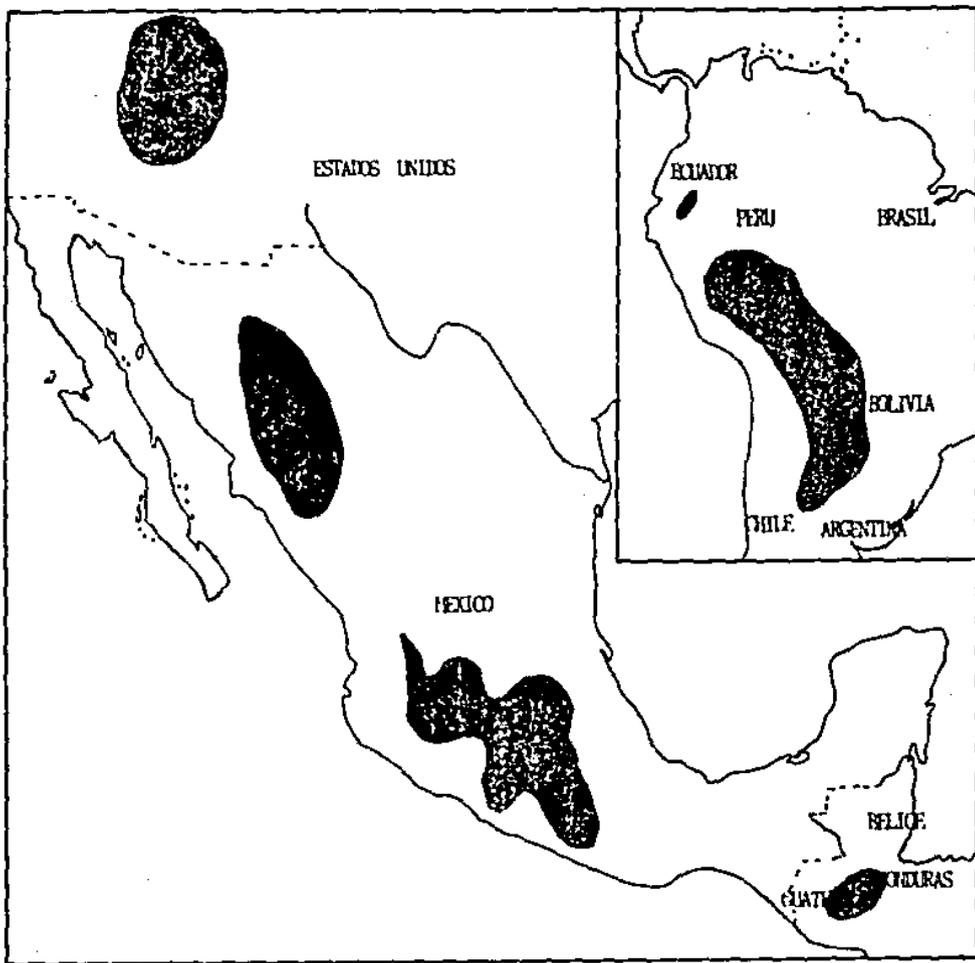


FIGURA NO. 4 ZONAS DE CULTIVO DEL AMARANTO EN AMERICA (8).

Hoy tan solo quedan restos, de los que una vez fué un cultivo muy importante, tanto en México como en otras regiones del continente americano (8) (Figura No. 4).

El maíz y frijol se convirtieron en los dos cereales líderes en la alimentación del Nuevo Mundo y en la actualidad su cultivo queda reducido a pequeñas zonas de las cuales en México las principales son el Distrito Federal (Tulyehualco y Milpa Alta), Estado de México y Morelos. La producción del Distrito Federal se destina casi íntegramente para la fabricación del dulce conocido como "alegría". También se reporta su cultivo en pequeñas superficies de Michoacán, Jalisco, Sonora, Chihuahua, Sinaloa, Durango, Guerrero, Tlaxcala, Puebla y Oaxaca (18)(Figura No. 5).

En países como Estados Unidos, Nigeria, India y China, se ha dado gran importancia al cultivo del amaranto por su elevado valor nutritivo. Su semilla es tan rica como cualquier otro grano de cereal para la alimentación del hombre, por su alto contenido de proteína y carbohidratos fácilmente digeribles (7).

La forma como se realiza el cultivo en la actualidad, es netamente tradicional y existe poca información escrita sobre su tecnología agrícola; por consiguiente el estudio de algunos factores que afectan su rendimiento ayudarán a un mejor entendimiento de este cultivo. Para el manejo correcto del cultivo, son necesarios los trabajos sobre colección, selección y mejoramiento de genotipos, fechas de siembra de diferentes ecosistemas, resistencia a plagas y enfermedades, competencia de malas hierbas, capacidad de asociarse con otros cultivos y respuestas a factores agronómicos controlables (fertilización, densidad, suministro de agua, etc.)(16).

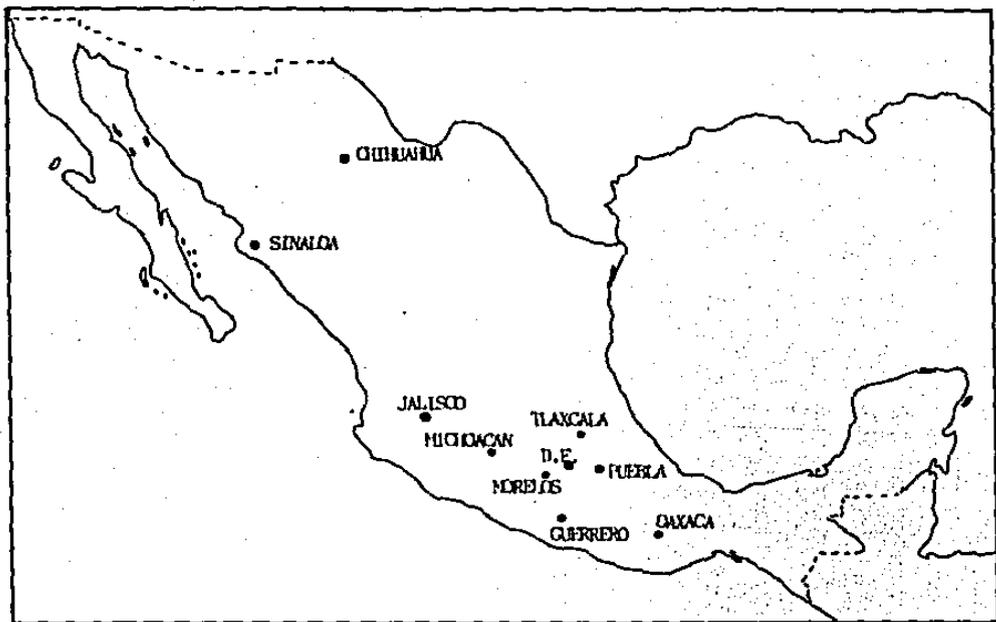


FIGURA NO. 5 CULTIVO DEL AMARANTO EN MEXICO (19).

2.1 CARACTERISTICAS DE LA PLANTA.

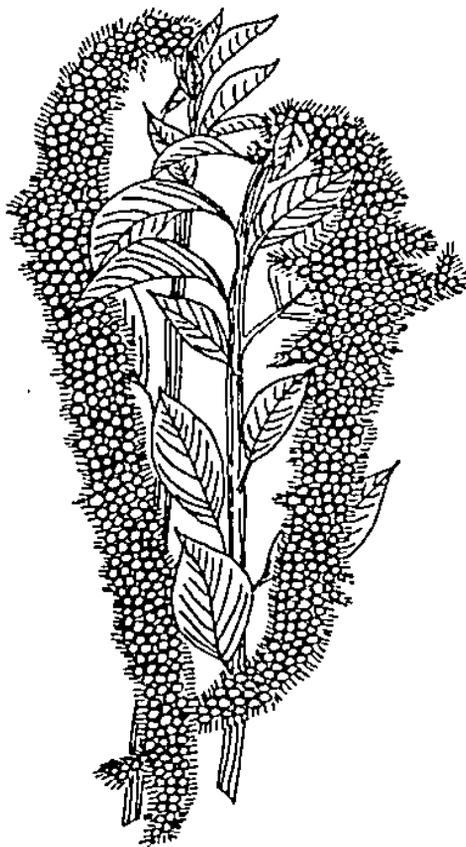
2.1.1 Físicas.

La planta es una dicotiledónea del orden Caryophylla perteneciente a la familia de las Amarantáceas (Figura No. 6). Esta familia comprende hierbas anuales o perennes, son de hojas opuestas, alternadas y sin estipulas. Su clasificación botánica es la siguiente:

reino	Vegetal
división	Embriophita sponogamia
sub-división	Angiospermae
clase	Dicotiledónea
sub-clase	Arcichomydae
familia	Amarantáceas
género	Amaranthus
principales especies	Candatus, Hypochondriacus, Cruentus, Híbridos
variedad	Leucocarpus

El género *Amaranthus* presenta: raíz pivotante, con abundantes raicillas delgadas, tallo erguido con estriás longitudinales que le dan un aspecto toscamente acanulado que alcanza una altura media de 1.5 m. y mide 2.5 cm. de diámetro en su base, adelgazándose muy poco hacia su extremidad; hojas que nacen directamente del peciolo, que miden 15 cm. de largo, con un limbo de 18 a 19 cm. de largo, 10 cm. de ancho y es de forma oval; las flores se distribuyen en racimos que miden 50 cm. de largo, son unisexuadas, con 5 estambres de filamento delgado y anteras de dos tecas; el ovario uniovalado con el estilo muy corto o nulo, y el estigma con 3 o 4 ramas filiformes; el fruto es un piridio pi-

FIGURA NO. 6 PLANTA DE AMARANTO.



riforme indehiscente y dehiscente con semillas lenticuladas brillantes, miden de 1 a 2 cm. de diámetro (8).

El amaranto es una planta anual que produce semillas alimenticias, en México se le conoce comúnmente como "alegría". Tolera un amplio rango de condiciones de suelo, desde muy ácidos, altos en aluminio, hasta salinos y desde texturas gruesas a finas; requiere de un clima cálido, templado y muy húmedo para su óptima adaptación; para la siembra se prepara el terreno igual que para maíz. La semilla se coloca en forma directa en el campo o en semilleros que luego son transplantados. En México la siembra generalmente se hace a fines de abril o a principios de mayo, las semillas germinan a los 8 días; las plantas florecen en agosto y septiembre, y las heladas anticipadas destruyen las hojas pero no afectan al grano. Los rendimientos de grano que se obtienen van desde 2 a 6.5 toneladas/hectárea, la cosecha se hace a fines de octubre o a principios de noviembre, después que ha terminado la temporada de lluvias (22). En México los reportes de la superficie cosechada en el año de 1984 muestran un rendimiento de 0.7 toneladas/hectárea (42).

2.1.2 Químicas.

Las plantas del género *Amaranthus* se distinguen por su alto contenido protéico en sus hojas y, en menor grado en sus tallos. El amaranto ha sido estudiado bajo condiciones controladas y se ha demostrado que el contenido de proteína total se incrementa con el uso de fertilizantes. Su composición química se muestra en la Tabla No. 8.

TABLA NO. 8 COMPOSICION QUINICA DEL AMARANTO (7).

	CENIZA(%)	N(%)	PROT.(%)	GRASA(%)	FIBRA(%)
A. cruentus	3.3	3.05	17.8	7.6	4.4
A. cruentus/ hypochondriacus	3.0	2.97	17.4	8.0	4.3
A. candatus	3.2	2.70	15.8	8.1	3.2
A. hypochondriacus	3.3	2.67	15.6	6.1	5.0

El contenido de proteína y de lisina comparado con otros cereales se da en la Gráfica No. 6, estos resultados indican que la proteína del amaranto no es deficiente en aminoácidos esenciales, sin embargo se ha demostrado que su digestibilidad en ratas es baja, debido posiblemente a que la proteína se encuentra ligada a compuestos fenólicos o bien, a la presencia de saponinas u otros compuestos tóxicos (7).

La hoja contiene el tejido fisiológicamente más activo de la planta y, como tal, es usualmente rica en vitaminas y minerales. El beta-caroteno se encuentra en gran cantidad en las hojas, así como también la vitamina C, la riboflavina y otras del complejo B están presentes en proporción considerable. El contenido de tiamina es bajo comparándolo con el requerimiento humano, no así el de riboflavina y piridoxina. La vitamina C se encuentra como ácido L-xyloascórbico, pero debido a la luz solar se pierde del 46 al 68 % del ácido ascórbico.

El contenido de minerales se muestra a continuación en la Tabla No. 9. Los cambios de estos valores se ven influenciados por la edad de las plantas, disminuyendo a medida que el tiempo de vida es mayor.

GRAFICA NO. 6. CONTENIDO DE PROTEINA Y LISINA DEL AMARANTO COMPARADO CON OTROS CEREALES (7).

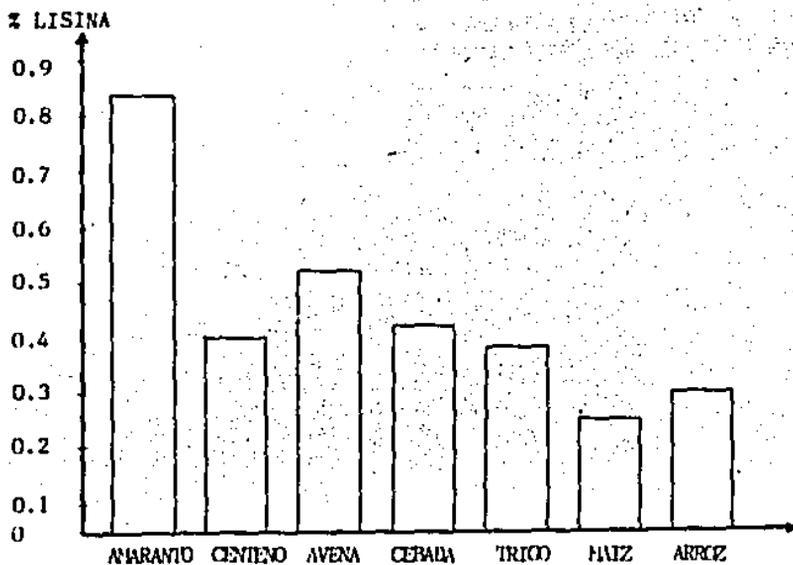
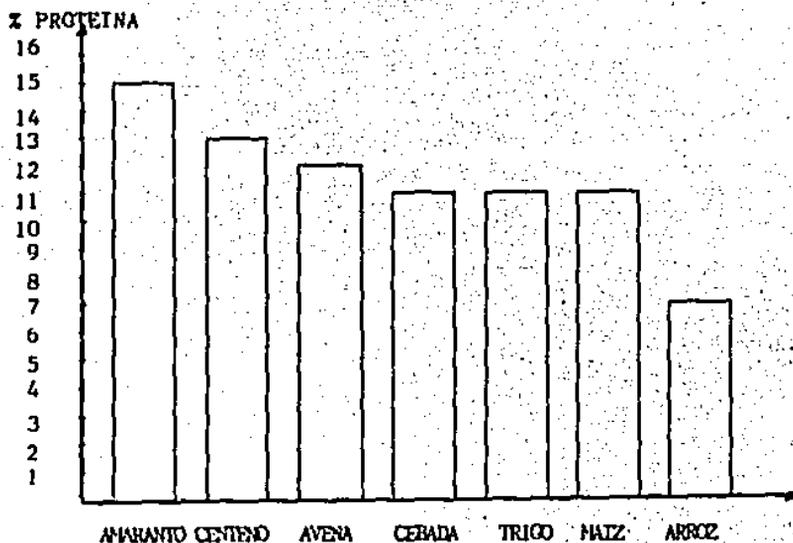


TABLA NO. 9 CONTENIDO DE MINERALES EN EL AMARANTO (19).

	AMARANTO		AMARANTO
Na	0.068	Zn	0.013
K	4.29	S	0.27
Ca	2.78	P	0.67
Mg	1.45	Cl	0.17
Fe	0.050	Al	0.0449
Cu	0.001		

Los nitratos, así como gran cantidad de otras sustancias son productos naturales que se encuentran en las hojas, y son considerados sustancias indeseables, pero sólo afectan al organismo cuando se consumen las plantas por largas temporadas. Cuando se consumen de 50 a 100 gr. de hojas de amaranto por día, se cubren algunas deficiencias de minerales que pueda haber en el individuo (19).

2.1.3 Nutritivas.

Basándose en los estudios que en todo el mundo se han realizado del amaranto, en cuanto a su importancia para la alimentación humana y animal, se pueden distinguir los siguientes puntos:

1. algunas especies de amaranto son usadas como verduras y se consumen como tal en Africa, Asia y Latino América.
2. su rápido crecimiento y su gran producción en corto tiempo, favorece su uso como verdura.
3. su contenido nutricional es alto ya que está constituido por calcio, magnesio, hierro, vitamina C, vitamina A y proteína de alta calidad.

4. por su diversidad genética el amaranto puede adaptarse a diferentes condiciones climáticas (17).

La semilla de amaranto es una fuente importante de proteína y se puede comparar con los cereales por su contenido de carbohidratos, siendo superior a ellos en cuanto a la cantidad de proteína y grasa, su equilibrio de aminoácidos es mejor y se diferencia por la elevada presencia de lisina y triptofano, muy deficiente en otros granos.

El proceso que más deteriora la calidad nutritiva es el tratamiento térmico, ya que causa daño a la proteína. Puede deberse a la destrucción de aminoácidos esenciales y a la formación de enlaces no hidrolizables durante la digestión, por ejemplo, la lisina reacciona con polifenoles, bastante abundantes en los vegetales, siendo un sustrato para la reacción de Maillard, donde el grupo E-amino reaccionará con el grupo aldehído de los azúcares reductores. También el azufre de metionina pasa a sulfóxido, lo que disminuye su digestibilidad, o puede haber la formación de productos condensados resistentes a la hidrólisis enzimática lo que disminuye la utilización neta de la proteína (19).

Por las razones anteriores se considera al amaranto como un recurso adecuado para la alimentación humana, pudiéndose contrarrestar los factores adversos a su empleo entre los que se pueden citar el tamaño de la semilla, la manipulación del mercado y la falta de conocimiento de ésta en varias regiones del país. La calidad proteica del amaranto es comparada con la de la soya y semejante a la de la carne, su facilidad de mezcla con otras harinas de cereales eleva las cualidades nutritivas de estas mezclas, que tendrán una acep-

table calidad panadera con la subsecuente manufactura de productos de buen sabor (6).

3. UTILIZACION DEL AMARANTO.

3.1 PRODUCTOS QUE SE ELABORAN Y CONSUMEN.

Uno de los principales productos que se elaboran hoy en día a base de la semilla de amaranto es el dulce conocido como "alegría", cuya existencia se remonta a tiempos ancestrales. Otro producto común durante los festejos de "Día de Muertos" es el atole, que se prepara con la harina integral del amaranto y se le da sabor a frutas; así como también en la fabricación de pinole y tamales (6).

Los productos antes mencionados son los tradicionales y básicamente se hacen a nivel casero, pero debido a los avances de la industrialización se ha visto la aparición de nuevos productos a base de semilla de amaranto; entre éstos se encuentran dulces de palanquetas, mazapanes, paletas, hojuelas de alegría usadas como cereal para desayuno y postres, así como productos de panificación como panes, pasteles, galletas, tortillas y sopas de pasta (7).

Las plantas de este género también tienen uso medicinal, por ejemplo, se emplean como remedio para la disenteria, para el tratamiento de la gonorrea, y en la India como tratamiento contra la picadura de serpiente, además la ceniza de las hojas se usa como colorante. Las plantas también son admiradas por su belleza y se destinan para fines de ornato (19).

3.2 MEZCLAS CON OTROS GRANOS.

Ya se ha mencionado el alto contenido proteínico del amaranto, lo que lo convierte en un elemento importante en la formación de ciertos productos alimenticios, fundamentalmente en la mezcla con granos de varios cereales, al realizar esta unión se ven mejoradas las cualidades nutricionales del producto para beneficio de la alimentación humana.

Se han comparado los análisis bromatológicos del amaranto, triticale, cebada desnuda, maíz, trigo y quinua, para determinar las proporciones adecuadas que se necesitarán en las mezclas para obtener productos de calidad aceptable, los análisis presentan los resultados descritos en la Tabla No. 10.

TABLA NO. 10 ANALISIS BROMATOLOGICO DE CEREALES (6).

	AMARANTO	TRITICALE	CEBADA	MAIZ	TRIGO	QUINUA
Humedad	10.00	11.00	11.0	11.7	10.10	10.30
Cenizas	2.50	2.06	2.9	1.6	1.05	2.30
Proteína	15.74	12.46	14.2	8.5	12.00	14.60
Grasa	7.03	1.46	4.2	5.5	1.80	6.80
Fibra Cruda	4.94	2.38	2.2	1.7	1.20	3.40
Carbohidratos	60.82	70.60	66.4	71.0	76.60	64.30

Los productos elaborados con las mezclas son panes, galletas y tortillas principalmente, y los resultados se basan en la comparación de las proporciones de harina empleadas, observándose sus características y seleccionando de acuerdo a su contenido proteínico y los análisis organolépticos, los productos de mejores características y proponerlos para el consumo humano(6).

CAPITULO IV.

MATERIAL Y METODOS.

El material que se utilizará para las diversas determinaciones es el siguiente:

- Alveógrafo de Chopin.
- Aparato de digestión y destilación Kjeldahl.
- Autoanalizador de aminoácidos.
- Balanza analítica.
- Balanza hidrostática de Ohaus.
- Estufa con temperatura controlable.
- Extensógrafo de Brabender.
- Extractor Soxhlet.
- Farinógrafo de Brabender.
- Horno.
- Material básico de laboratorio.
- Mufla.
- Parrilla eléctrica.

1. SELECCION DE LAS HARINAS.

Las harinas que se utilizarán tanto de trigo como de amaranto serán usadas en su forma comercial, siendo la primera, harina de trigo marca Mayran y la segunda harina de amaranto marca Tehutli de Amaranto, elaborada en Tulyehualco, Xochimilco, D.F.

1.1 ANALISIS BROMATOLOGICO DE LA HARINA DE TRIGO Y AMARANTO.

El análisis bromatológico se realizará en las dos harinas seleccionadas y en las mezclas propuestas, consta de seis determinaciones las cuales son: humedad, cenizas, grasa cruda, fibra cruda, proteína y carbohidratos. Las técnicas que se seguirán son las

estipuladas en el A.O.A.C. (Association of Official Analytical Chemists)(5). En el caso de la determinación de humedad se utilizará una Balanza Hidrostática de Ohaus, la cual simplifica el trabajo de esta técnica.

2. SELECCION ALEATORIA DE LAS MEZCLAS A UTILIZAR.

Las mezclas de trigo-amaranto que se elaborarán deberán ser representativas dentro de un rango determinado de propiedades físicas, ya que darán la pauta para conocer las características específicas de ese grupo de productos. Los porcentajes que se propondrán deberán marcar diferencias entre los panes, ya que éstas nos podrán mostrar que tanta harina de amaranto se le puede añadir al trigo, sin que éste vea afectadas sus cualidades panaderas y al mismo tiempo se eleve su nivel nutritivo.

2.1 MEZCLAS DE LAS HARINAS.

Se propondrán cuatro mezclas de trigo-amaranto y una harina de trigo que será el patrón, quedando las siguientes mezclas:

- mezcla 1 : patrón 100 % trigo.
- mezcla 2 : 95 % trigo - 5 % amaranto.
- mezcla 3 : 80 % trigo - 20 % amaranto.
- mezcla 4 : 50 % trigo - 50 % amaranto.
- mezcla 5 : 30 % trigo - 70 % amaranto.

3. CARACTERISTICAS PANADERAS DE LAS MEZCLAS.

Se tomarán en cuenta tres parámetros que son: farinograma, alveograma y extensograma, los que servirán

para determinar las características panaderas de las mezclas. Los aparatos empleados serán el Farinógrafo de Brabender, Alveógrafo de Chopin y Extensógrafo de Brabender. Las propiedades y características de estos aparatos se describiéron ampliamente en el Capítulo III, sección 1.3 de este trabajo.

4. CARACTERISTICAS NUTRICIONALES DE LAS MEZCLAS.

Para la evaluación de las características nutricionales de las mezclas propuestas, se determinará el contenido de aminoácidos mediante el empleo de un analizador de aminoácidos, cuyo principio se basa en una cromatografía de intercambio iónico en la que los aminoácidos resultan seleccionados por las diferencias de su comportamiento ácido-básico (43). El aparato que se usará es un autoanalizador marca Beckman modelo 118 C L, el cual utiliza tres buffers que son:

buffer 1: pH 3.25 de citrato de sodio.

buffer 2: pH 4.25 de citrato de sodio.

buffer 3: pH 10.0 de borato de sodio.

la diferencia en el pH indica la salida de los aminoácidos, apareciendo primero los ácidos que son: ácido aspártico, treonina, serina y ácido glutámico. A un pH de 4.25 se obtiene la lectura de los aminoácidos glicina, alanina, cisteína, valina y metionina. Finalmente a un pH básico se tienen isoleucina, leucina, estándar interno (nor leucina), tirosina, fenilalanina, histidina, lisina, arginina y también aparece amonio.

Para realizar la determinación de triptofano se utilizará el método de Erlich (5) en el cual se hidrolizan las proteínas en medio alcalino para evitar la destrucción de dicho aminoácido. El reactivo de Erlich se relaciona con un buen número de compuestos

orgánicos como indoles, aminas aromáticas y compuestos úricos, para dar complejos coloreados debido a la presencia de grupos cromóforos.

Al tener los datos de la cuantificación de aminoácidos se podrá realizar el cálculo de la cuenta química que da la pauta para conocer el valor nutritivo del alimento. En el cálculo se hace una relación entre los aminoácidos esenciales del patrón y del alimento problema, el resultado de la cuenta química se expresa en porcentaje, las fórmulas usadas serán las siguientes:

$$\text{CUENTA QUIMICA} = \frac{Y}{X} * 100$$

$$X = \frac{\text{gr. de cada aminoácido esencial del patrón}}{\text{gr. totales de aminoácidos esenciales del patrón}} * 100$$

$$Y = \frac{\text{gr. de cada aminoácido esencial del problema}}{\text{gr. totales de aminoácidos esenciales del problema}} * 100$$

El aminoácido que presente el valor más bajo de cuenta química será considerado como el aminoácido limitante. En este caso se usará como patrón la proteína del huevo, a la cual se le conoce como una proteína de calidad debido al balance adecuado de aminoácidos esenciales que presenta, y que son los necesarios para el buen metabolismo del organismo, por esta razón sirve de comparación con otros alimentos (13, 18, 28).

5. FABRICACION DE PAN CON LAS DIFERENTES MEZCLAS.

5.1 METODO DE ELABORACION DEL PAN.

Para la elaboración del pan se seguirá un método clásico para panificación (3). El material empleado será el que se cita a continuación:

100 gr.	harina (según las proporciones propuestas)
4 gr.	leche en polvo
3 gr.	grasa vegetal
10 ml.	levadura al 4 %
10 ml.	solución azúcar-sal
	agua, dependiendo de cada mezcla
	balanza
	amasadora
	cámara de fermentación
	horno
	moldes de acero inoxidable tipo panqué

5.1.1 Técnica.

Se pesan la harina, leche en polvo y grasa vegetal pasándose a un recipiente. La proporción de la harina será específica para cada una de las mezclas. A la mezcla se le agrega la levadura, la solución sal-azúcar y el agua necesaria para obtener una buena consistencia. Se procede a amasar por varios minutos, hasta tener la masa adecuada. La masa pasa a una cámara de fermentación con una temperatura aproximada de 25 a 30 °C por espacio de 80 minutos, después de transcurrido este tiempo se procede al primer "punch", lo que significa quitar el bióxido de carbono que se ha formado. Se introduce nuevamente a la cámara de fermentación

CAPITULO V.

RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS.

Para el análisis bromatológico los resultados de la determinación (en base húmeda) a las harinas puras y a las mezclas se dan en el siguiente cuadro:

	TRIGO	AMARANTO	95:5	80:20	50:50	30:70
Humedad	11.2	6.5	10.0	9.5	8.7	8.0
Cenizas	2.1	4.4	2.2	2.6	3.2	3.5
Grasa Cruda	1.3	6.7	1.8	2.6	3.6	5.3
Fibra Cruda	0.9	4.0	1.1	1.4	2.6	3.0
Proteína	8.3	11.2	8.6	9.8	10.2	10.7
Carbohidratos	76.2	67.2	76.3	74.1	71.7	69.5

Al comenzar el proceso de experimentación y contar ya con las harinas, se pudo observar una clara deficiencia de la harina de amaranto, probablemente proveniente de la molienda ya que se veía como "sucia", de mala calidad, se cree que puede estar adulterada y que fué sometida al proceso de molienda no solo la semilla sino también parte de las hojas y tallos. Por lo anterior en los datos del análisis bromatológico los valores son más bajos que los reportados en bibliografía para la proteína y grasa, siendo más altos para la fibra y cenizas, lo cual se muestra en la Tabla No.12.

TABLA NO. 12 COMPARACION DEL ANALISIS BROMATOLOGICO DEL AMARANTO.

	DATO BIBLIOGRAFICO	DATO EXPERIMENTAL
Proteína	15.8	11.2
Grasa Cruda	8.1	6.7
Fibra Cruda	3.2	4.0
Cenizas	3.2	4.4

En cuanto a los datos de la harina de trigo son equivalentes a los reportados en tablas. En el análisis de las mezclas se puede observar un incremento en el contenido de la proteína y grasa al ir aumentando la cantidad de amaranto en las mezclas, lo que da un valor nutritivo mayor al producto elaborado.

Sin embargo, la harina de trigo no resultó óptima al someterla a las pruebas de panificación y menos al mezclarla con el amaranto; se esperaban dificultades por las pocas cualidades panaderas del amaranto, pero los problemas que se encontraron fueron mayores, tanto que la mezcla que contenía 30 % trigo - 70 % amaranto no soportó ninguna de estas pruebas.

En los resultados obtenidos de los farinogramas que se muestran en la Tabla No. 13, se observa que al incrementar el porcentaje de harina de amaranto la estabilidad de la masa decrece, bajando el tiempo de amasado drásticamente en los puntos de constante.

TABLA NO. 13 RESULTADOS DE FARINOGRAMAS:

	TRIGO	95:5	80:20	50:50
B (min.)	1.2	2.7	3.3	3.2
C (min.)	1.0	2.2	2.9	3.0
D (min.)	2.4	4.5	4.0	4.0
C + D (min.)	1.4	1.9	1.1	0.8
V	42.0	34.0	19.0	18.0

- B : tiempo de desarrollo de la masa.
 C : punto de corte de la línea a 500 U.B.
 al inicio de la curva.
 D : punto de corte de la línea a 500 U.B.
 en la ruptura de la línea.

FIGURA NO. 7 FARINOGRAMA MUESTRA DE TRIGO.

GRAPH

BRABENDER PLASTOGRAPH

BR/

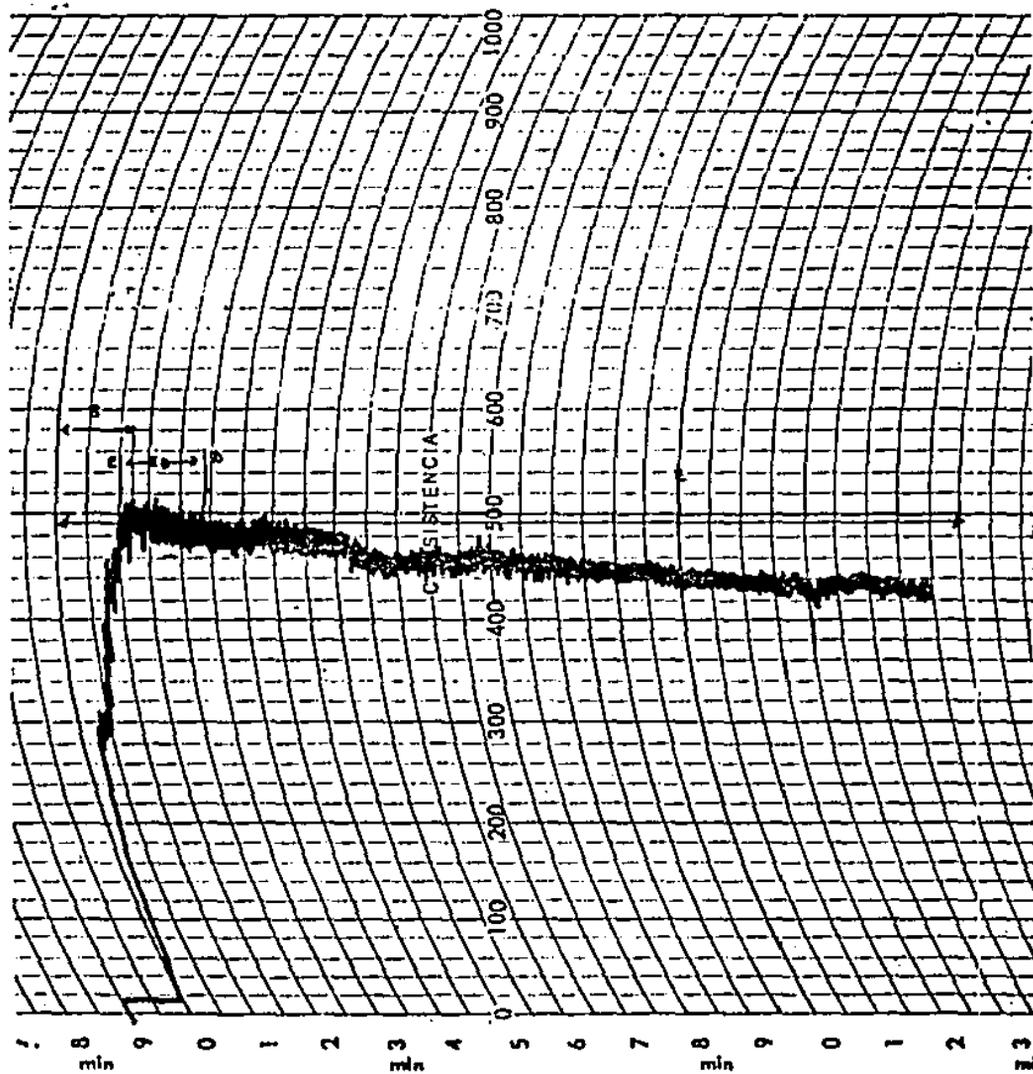


FIGURA NO. 8 FARINOGRAMA NUESTRA 95 : 5.

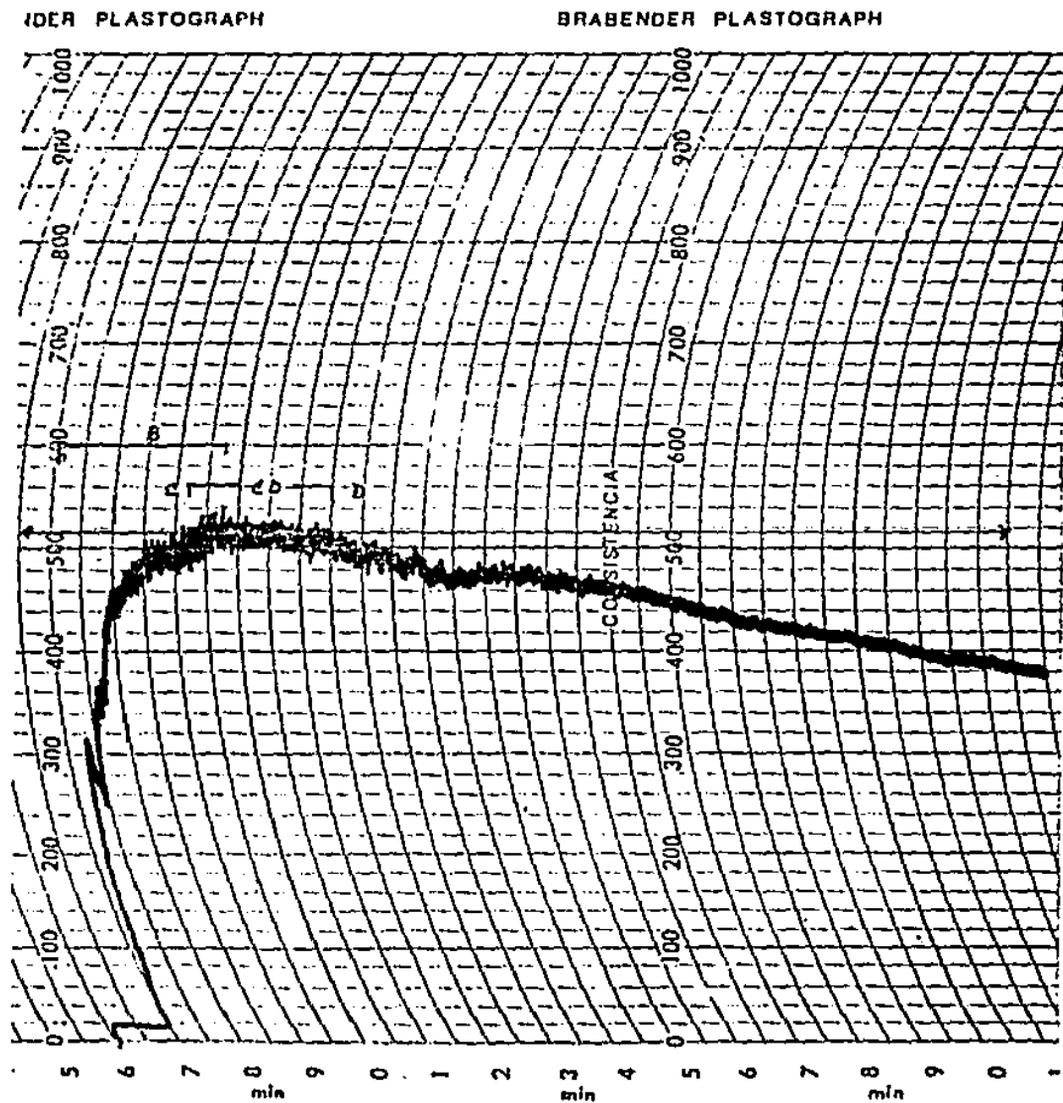


FIGURA NO. 9 FARINOGRAMA MUESTRA 80 : 20.

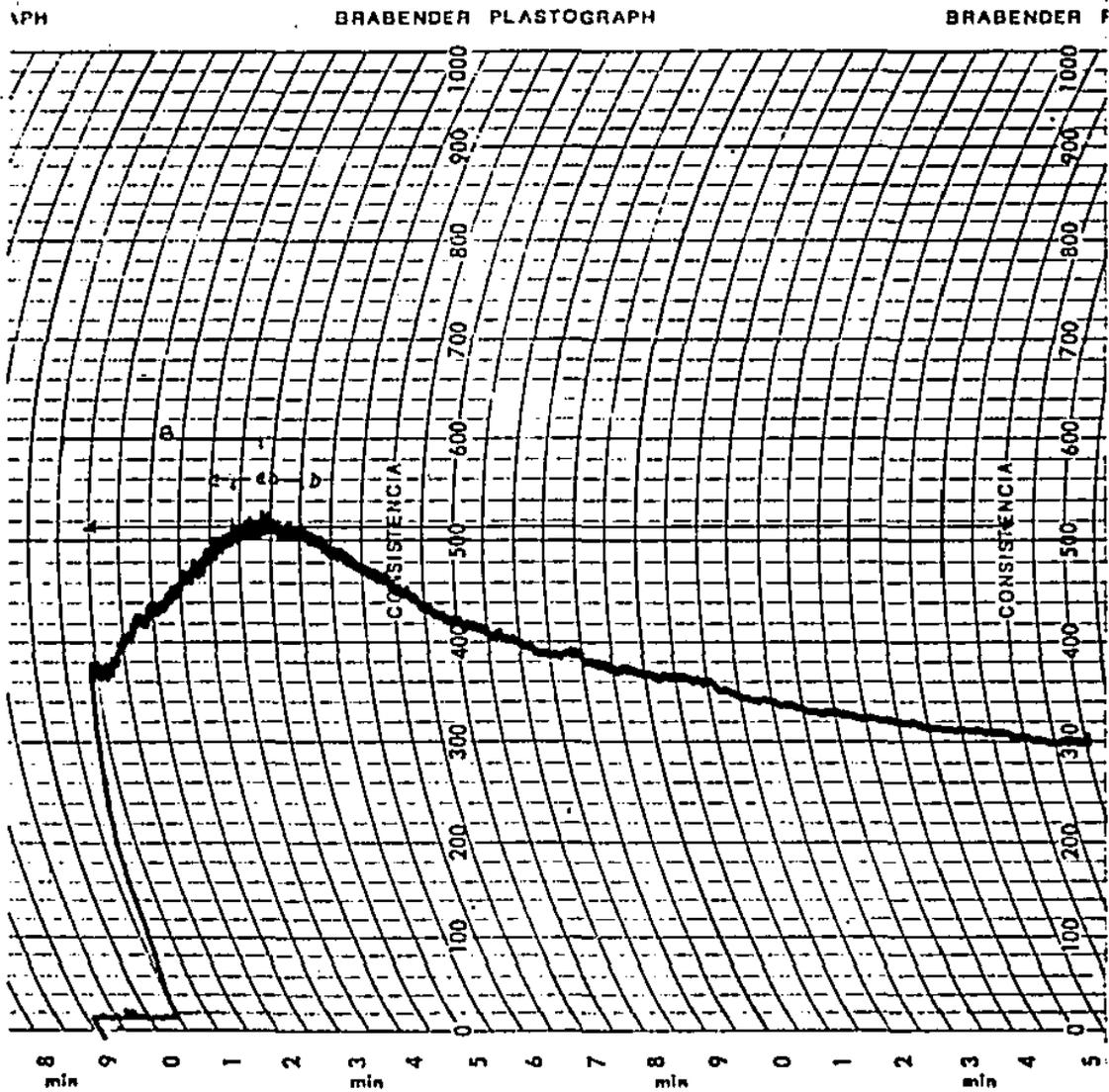
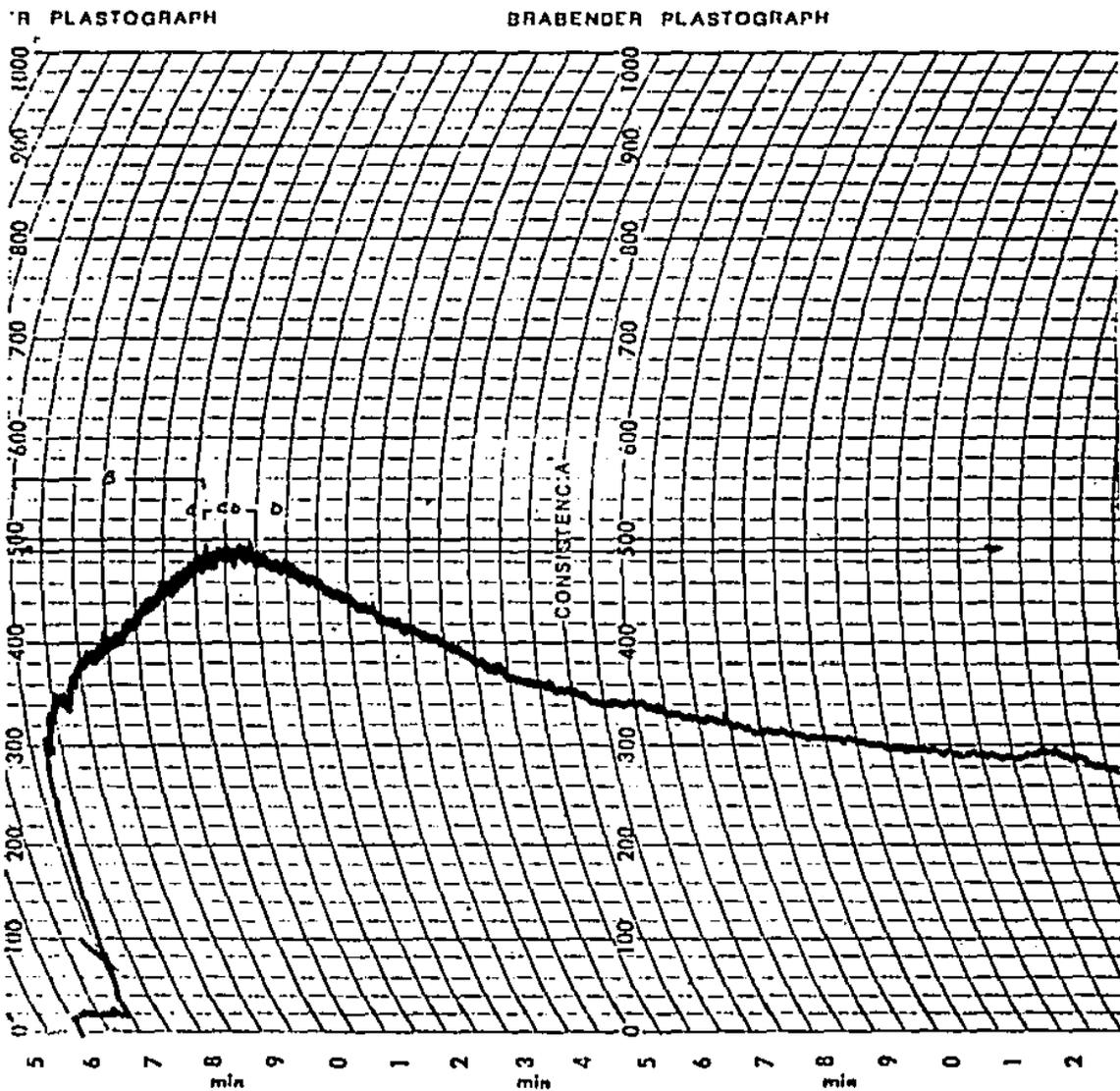


FIGURA NO. 10 FARINOGRAMA MUESTRA 50 : 50.



C + D : distancia entre los puntos de corte
(estabilidad).

V : índice valorimétrica.

Se puede decir que después de la mezcla de 80% trigo - 20% amaranto es casi imposible utilizarlas para fines de panificación. Las gráficas de estos valores se dan en las Figuras No. 7, 8, 9 y 10.

En los alveogramas los resultados obtenidos que se muestran en la Tabla No. 14 sólo fueron de tres harinas, debido a problemas que éstas presentaron al someterlas al tratamiento del aparato, por lo que se omitieron las mezclas 95:5 y 30:70.

TABLA NO. 14 RESULTADOS DE ALVEOGRAMAS.

	W	P/G
Trigo	243.94	6.47
80:20	96.45	5.28
50:50	61.21	5.43

W : fuerza general * 10^3 ergs.

P/G : relación que existe entre la tenacidad y la extensibilidad.

Como se puede ver al incrementar el porcentaje de harina de amaranto se tiene un efecto negativo en cuanto a la fuerza de la harina y la relación existente entre la tenacidad y extensibilidad que bajan notoria-

FIGURA NO. 11 ALVEOGRAMA MUESTRA DE TRIGO.

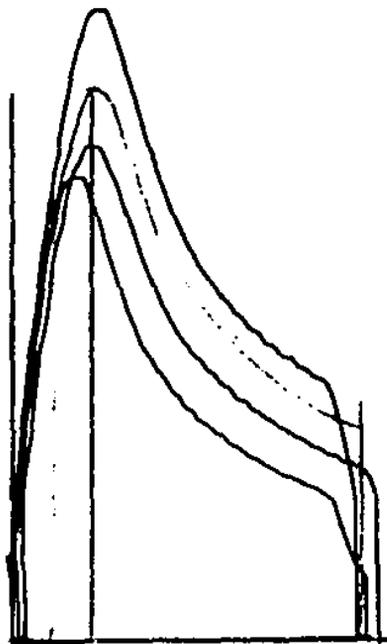


FIGURA NO. 12 ALVEOGRAMA MUESTRA BO : 20.

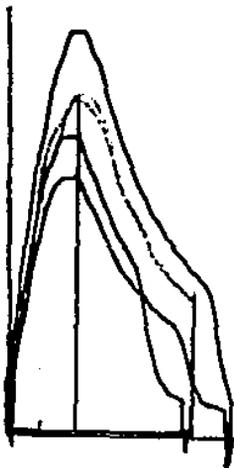
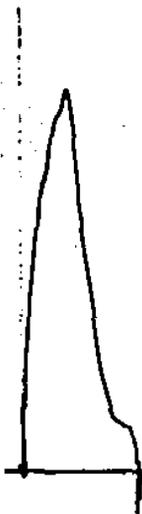


FIGURA NO. 13 ALVEOGRAMA MUESTRA 50 : 50.



mente, este efecto se puede ver claramente en las Figuras No. 11, 12 y 13.

Los datos obtenidos de los extensogramas que se dan en la Tabla No. 15, nos muestran que al elevarse el contenido de harina de amaranto, la energía que se relaciona con la fuerza de la masa va decayendo y en lo que respecta a la relación D_w/D_b (resistencia/extensibilidad) también se ve disminuida, lo cual se verifica con el manejo reológico de las mezclas, ya que la masa se vuelve más quebradiza e inelástica al irse elevando el porcentaje de amaranto, lo que se puede apreciar de manera más clara en las Figuras No. 14, 15, 16 y 17.

TABLA NO. 15 RESULTADOS DE EXTENSOGRAMAS.

	TRIGO	95:5	80:20	50:50
E (cm ² .)	134	89	64	24
D _w (E.U.)	1000	680	482	220
D _{max} (E.U.)	1000	682	585	260
D _b (mm.)	80	85	83	55
D _w /D _b	13	8	6	4

- E : energía (área bajo la curva).
 D_w : resistencia a la extensión (después de 50 mm. de unidades de extensibilidad E.U.)
 D_{max} : resistencia a la extensión.
 D_b : extensibilidad (largo de la curva en mm.)
 D_w/D_b : resistencia/extensibilidad.

FIGURA NO. 14 EXTENSOGRAMA MUESTRA DE TRIGO.

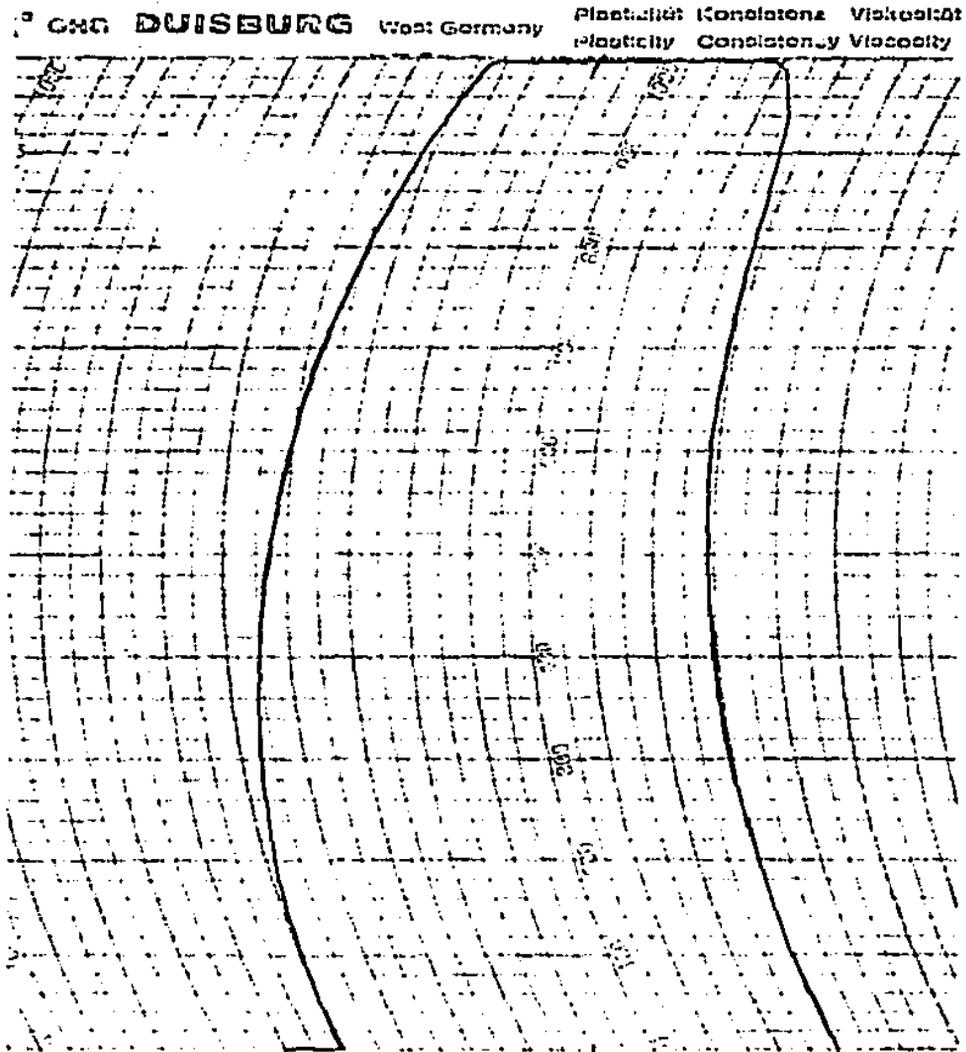


FIGURA NO. 15 EXTENSOGAMA MUESTRA 95 : 5.

BRABENDER® OHG DUISBURG West Germany 41 Duisburg
Tel: 0105-770

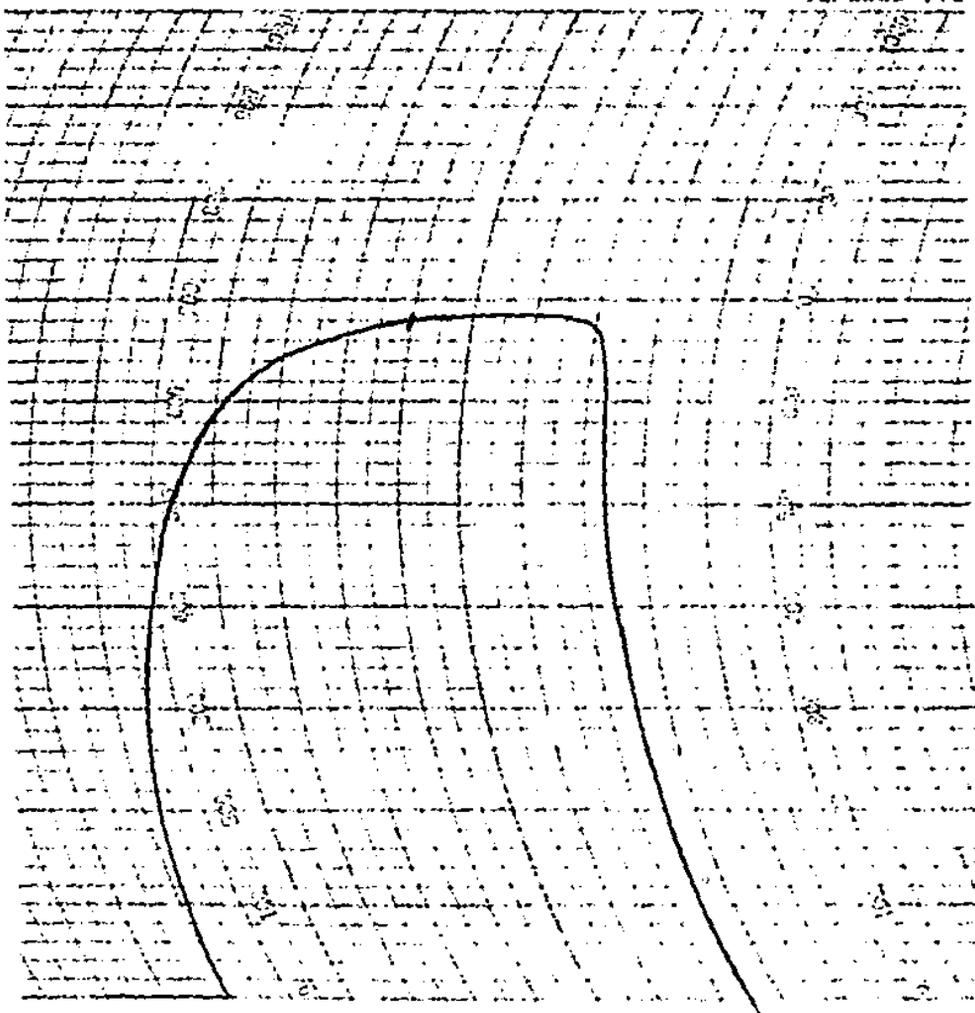


FIGURA NO. 16 EXTENSOGRAMA NUESTRA 80 : 20.

Kulturotrofo 51-55
621 Telefon 0221.303

Diagramm Nr.
Chart No 297169

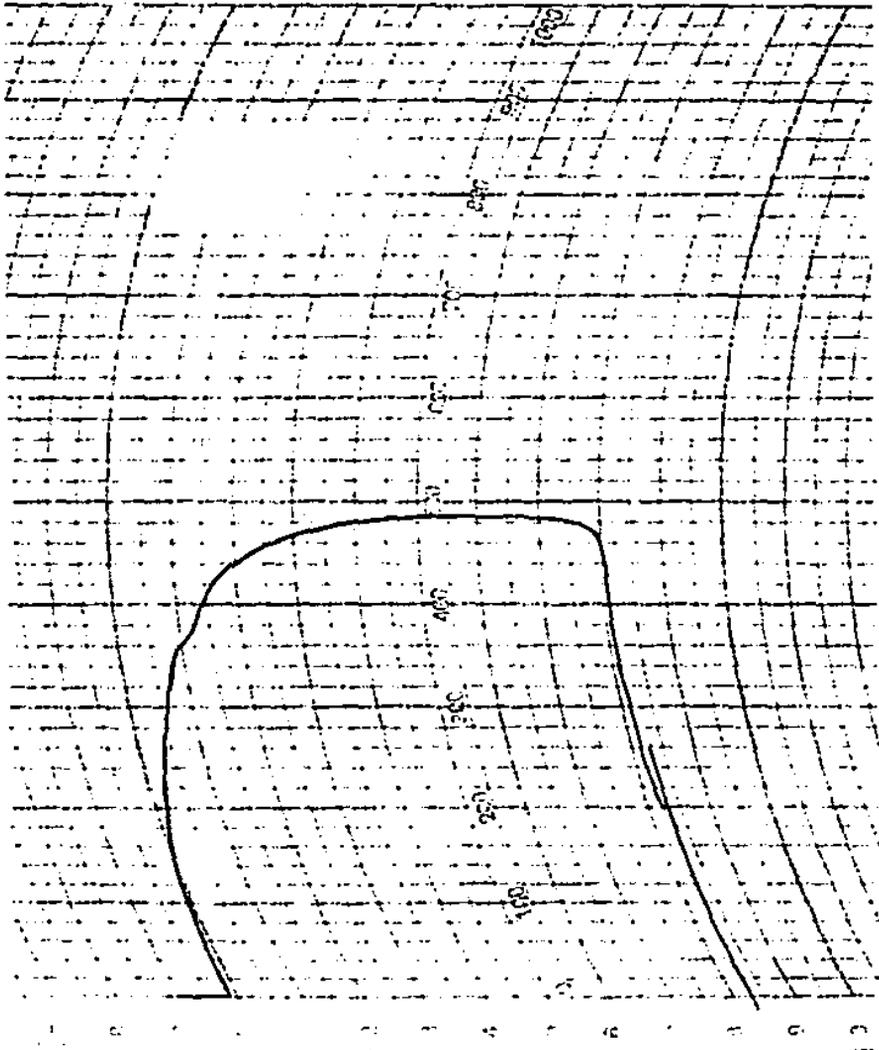
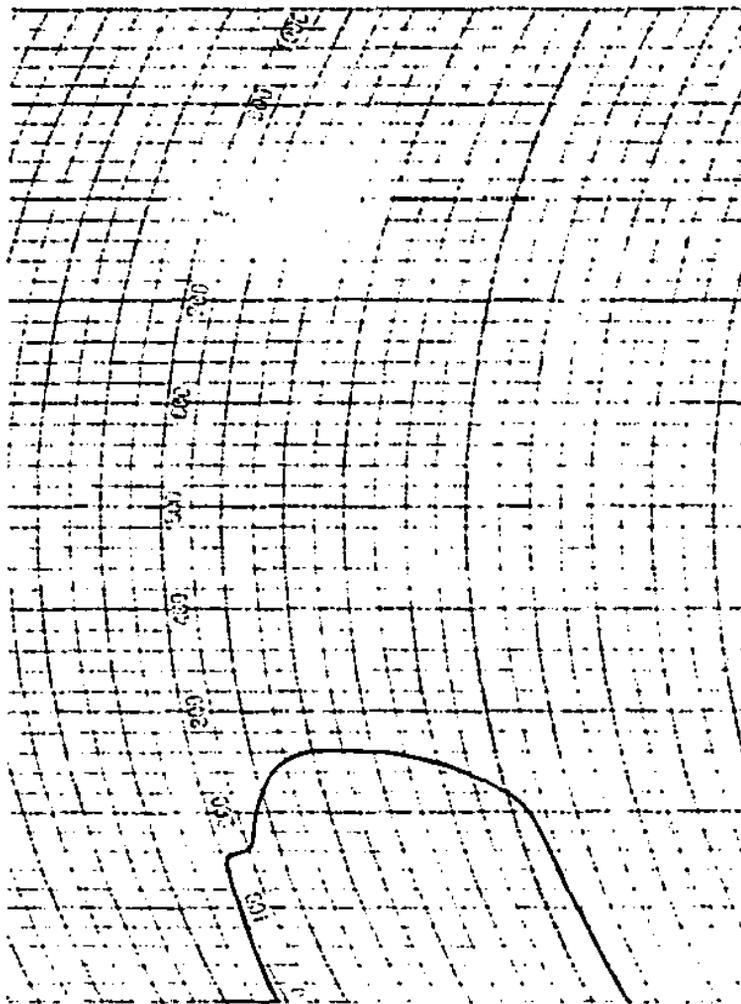


FIGURA NO. 17 EXTENSOGRAMA MUESTRA 50 : 50.

BRABENDER³ CMG DUISBURG West Germ

Con la elaboración del pan todos estos datos teóricos se pudieron comparar, ya que la manipulación de la masa se tornaba más difícil mientras mayor era el contenido de amaranto.

Se buscó en la prueba de panificación observar las características de cada mezcla en forma práctica y tangible en el proceso; en el transcurso de éste se vió la necesidad de agregar dos mezclas intermedias a las ya antes propuestas y éstas fueron:

mezcla 6 : 90 % trigo - 10 % amaranto.

mezcla 7 : 85 % trigo - 15 % amaranto.

el fin de esto fué cerrar un poco el intervalo que marcaba las diferencias de las mezclas al ser panificadas. Los resultados de las pruebas de panificación que se dan en la Tabla No. 16 se basan en la comparación de cada uno de los panes elaborados, en todos los casos se observó que tanto el color de la costra y miga no fueron desagradables a pesar de que el color en el testigo de trigo era de color más claro, pero aún en la mezcla de mayor concentración de amaranto el color era agradable (café oscuro).

En cuanto al sabor, la diferencia en comparación con el testigo comenzó a notarse en la mezcla de 85 % trigo - 15 % amaranto, este sabor fué aceptable, no así en la mezcla de 50 % trigo - 20 % amaranto ya que amargaba un poco al degustar el pan y siendo este sabor más pronunciado en la concentración mayor de amaranto; en esta concentración la textura no era adecuada ya que era chiclosa y no poseía cualidades panificables. Se puede decir que se obtuvieron resultados físicos y organolépticos adecuados hasta la mezcla de 80 % trigo - 20 % amaranto, ya que mantenía las con-

diciones panaderas óptimas del trigo, presentando una miga bien formada y adecuados sabor, color y textura.

TABLA NO. 16 RESULTADOS DE LA PRUEBA DE PANIFICACION.

MEZCLA	AGUA (ml)	AMASADO (min)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (gr)	TEXTURA	COLOR COSTRA	COLOR MIGA
Trigo	32	2.5	387	115.0	excelente	café	blanca
95:5	39	2.5	377	135.1	excelente	café	crema
90:10	40	2.5	376	137.2	excelente	café	crema
85:15	42	2.5	359	143.6	buena	café	crema
80:20	45	2.5	358	145.8	buena	café	crema
50:50	56	2.5	268	155.4	mala	café	crema
30:70	61	2.5	175	160.9	pésima	café	café

* a medida que se aumentaba el porcentaje de harina de amaranto, el color de la costra y miga eran más intensos.

Para obtener los resultados de las características nutricionales de las mezclas, se necesitó hacer primero los panes con las diferentes mezclas para seleccionar las de mayor rendimiento panificable, marcando límites superiores e inferiores, seleccionando así tres mezclas para someterlas al análisis de aminoácidos (Figuras No. 18, 19 y 20), los datos obtenidos son los citados en la Tabla No. 17.

Con los resultados obtenidos se pudo realizar el cálculo de la cuenta química que es el índice del valor nutritivo del alimento, ya que éste indica el

FIGURA NO. 19 AMINOGRAMA NUESTRA 80 : 20.

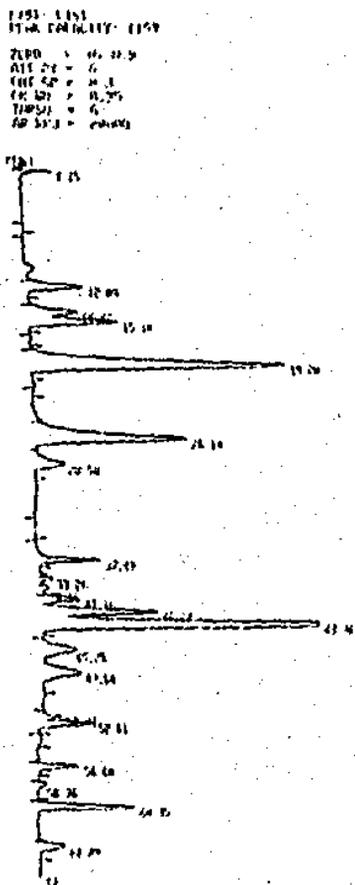
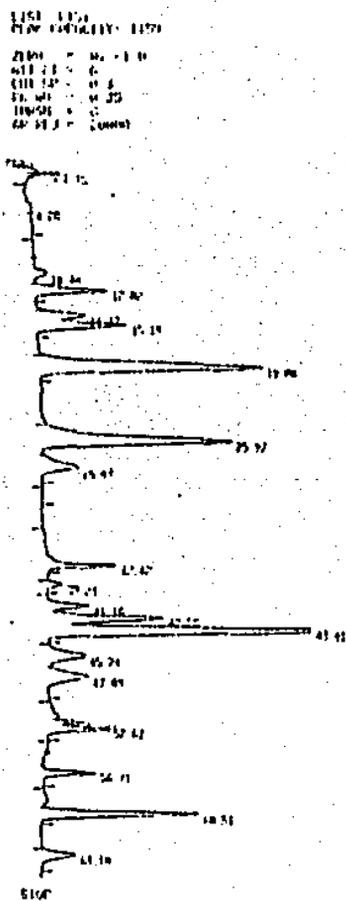


FIGURA NO. 20 AMINOGRAMA MUESTRA 50 : 50.



aminoácido limitante de cada mezcla. Como se puede ver en el caso de las mezclas trigo-amarento se tiene que su aminoácido limitante fué metionina y en la harina de trigo lisina.

TABLA NO. 17 CONTENIDO DE AMINOACIDOS Y CUENTA QUIMICA.
(gr./100 gr. proteína)

AMINOACIDO	HARINA				PATRON
	TRIGO	90:10	80:20	50:50	HUEVO
Arginina	3.5	5.06	4.12	6.66	6.6
Histidina	2.1	0.82	2.27	2.55	2.4
Isoleucina	3.6	2.70	2.78	3.63	6.6
Leucina	7.0	6.35	7.01	7.06	8.8
Lisina	2.1	2.11	3.19	4.21	6.4
Metionina	1.5	0.35	0.41	0.58	3.1
Fenilalanina	4.8	4.23	4.63	4.50	5.8
Treonina	2.7	2.94	3.71	3.33	5.1
Triptofano	1.1	2.74	3.18	3.51	4.2
Valina	4.1	3.41	4.12	4.80	7.3
Ac. Aspártico	4.1	3.17	5.36	6.96	
Serina	4.7	4.35	5.77	5.49	
Ac. Glutámico	34.9	24.82	31.34	26.47	
Prolina	11.6	8.82	8.86	8.82	
Glicina	3.5	3.29	5.46	6.66	
Alanina	3.1	4.82	4.43	5.49	
Tirosina	2.3	2.94	3.60	4.02	
Amonio		4.23	3.71	6.17	
Cuenta Química	32(Lys)	22(Met)	23(Met)	28(Met)	

En las figuras de los aminogramas cada pico representa un aminoácido y se diferencian de acuerdo

al tiempo de retención en el aparato, los intervalos de tiempo para la determinación de cada aminoácido son los siguientes:

AMINOACIDO	TIEMPO DE RETENCION (min.)	
Ac. Aspártico	12.02	- 12.08
Treonina	14.37	- 14.46
Serina	15.19	- 15.30
Ac. Glutámico	19.08	- 19.20
Glicina	25.97	- 26.10
Alanina	28.43	- 28.50
Cisteína	37.40	- 37.49
Valina	39.23	- 39.26
Metionina	41.06	- 41.18
Isoleucina	42.16	- 42.24
Leucina	43.28	- 43.41
Estandar interno	45.69	- 45.75
Tirosina	47.76	- 47.89
Fenilalanina	51.91	- 52.03
Histidina	52.55	- 52.63
Lisina	56.49	- 56.71
Amonio	60.24	- 60.51
Arginina	64.09	- 62.18

En base a los estudios realizados se puede observar que el valor nutritivo del trigo se logra incrementar considerablemente. En todas las tablas de resultados este valor se ve aumentado al mezclarse con el amaranto, siendo aún más significativo a medida que se aumenta la cantidad de éste, no observándose lo mismo con las características panificables ya que disminuyen

al ser menor la concentración de trigo.

Estos problemas de panificación se pueden superar con un buen manejo de las mezclas estudiadas y teniendo las concentraciones de cereales adecuadas, lo anterior se puede observar claramente en las concentraciones mayores de amaranto, que en sí es donde se encuentran las dificultades de panificación, pero con la mezcla que consideramos óptima no sucede lo mismo gracias al balance adecuado de sus constituyentes (80% trigo - 20 % amaranto).

Al realizar la mezcla de éstos cereales vemos como resultado un incremento en el contenido de lisina que es el aminoácido limitante del trigo, lo que resulta de suma importancia para el valor nutritivo de la mezcla y da la pauta para considerar adecuada la fortificación efectuada.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

CAPITULO VI.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

De acuerdo a los resultados obtenidos y al objetivo principal de este trabajo, se pudo obtener una mezcla de harina de trigo-amaranto que presenta un incremento considerable en el contenido de lisina (trigo = 2.1, mezcla = 3.19) por lo cual su valor nutricional es más alto y además mantiene las características panificables del trigo, esta mezcla es la que contiene 80% trigo - 20% amaranto.

En general, se pudo observar que los productos de amaranto no eliminan las buenas condiciones organolépticas de los productos del trigo, en este caso del pan de caja sino que le confieren un sabor agradable que se mantiene hasta cierto porcentaje de mezcla (80% trigo - 20% amaranto), ya que al sobrepasar ese nivel, el producto adquiere un sabor amargo y su aspecto físico no es bueno ya que se vuelve chicloso y de color café muy oscuro.

A lo largo del proceso de panificación se encontraron dificultades que se pueden superar con ciertos cuidados, y para las cuales recomendamos lo siguiente. La harina de amaranto al ser menos fina que la del trigo no permite que el proceso sea fácil, así que se tiene que amasar cuidadosamente para incorporar a la perfección los ingredientes, y así al poner la masa a fermentar pueda actuar la levadura obteniéndose un pan con el volumen adecuado. Este problema puede solucionarse a nivel industrial debido a que se trabaja con volúmenes mayores y con los aparatos de amasado, fermentación y cocimiento adecuados para una correcta manipulación de la masa.

Otra dificultad que se presentó durante la realización de este proyecto, es el de la selección adecuada de las harinas, la cual se puede controlar para adquirir las de mejor calidad en el mercado y garantizar las características óptimas del producto, como otra alternativa se pueden comprar los granos de los cereales y proceder a la molienda de los mismos para después efectuar las mezclas.

Como un estudio alterno a este trabajo, se sugiere hacer una determinación a todas las mezclas propuestas o a la que resultó ideal, de la calidad nutritiva de las proteínas, que mostraría la digestibilidad y disponibilidad de los aminoácidos constituyentes de las mismas, dando una idea clara de su posible valor nutritivo.

Al finalizar este estudio se concluye la importancia que el amaranto tiene como alimento, ya que puede adicionarse a la dieta diaria en varios tipos de alimentos, otorgándoles mejores características nutricionales que ayudan al buen desarrollo del individuo. Aquí solo se propuso uno de los productos que se pueden elaborar y que es de gran consumo, pero hay muchas alternativas que le dan al amaranto las condiciones adecuadas para poder ser usado en diversos tipos de alimentos.

CAPITULO VII.

BIBLIOGRAFIA.

1. Becker, D.K., Martínez, M.L. 1980. USOS DE LA HARINA DE GARBANZO EN PANIFICACION. Tesis. U.L.SA.
2. Block, J.R. 1956. AMINOACID HANDBOOK. Illinois, U.S.A. Charles-Thomas Publisher.
3. Kent, N.L. 1983. TECHNOLOGY OF CEREALS. Third Edition. Oxford. Pergamon Press.
4. A.A.C.C.(Association of Analytical Cereal Chemists). 1984. OFFICIAL METHODS OF PROCESSING AND ANALYSIS. Fourteenth Edition.
5. A.O.A.C. 1984. OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS CHEMISTS Fourteenth Edition. Arlington, Virginia, U.S.A. Association of Official Analytical Chemists, Inc.
6. Sánchez, M.A. 1980. POTENCIALIDAD AGROINDUSTRIAL DEL AMARANTO. México. C.E.E.S.T.M.
7. National Research Council. 1984. AMARANTH: MODERN PROSPECTS FOR AN ANCIENT CROP. Washington, D.C. National Academy Press.
8. Aguilar, A.F. 1978. MONOGRAFIA DE LA PLANTA DE ALEGRIA. México. Grupo de Estudios Ambientales, A.C. Año 1, No. 1.
9. Ray, M.P. 1979. LA PLANTA VIVIENTE. México. Ed. C.E.C.S.A.
10. Grubben, G.H. 1975. LA CULTURE DEL'AMATANE, LEGUME FEVILLES TROPICAL A VEC REFERENCE SPECIALE AU SUD-DAHOMY. Wageningen Veenman & Zonen.
11. Kent, N.L. 1978. TECHNOLOGY OF CEREALS: WITH SPECIAL REFERENCE TO WHEAT. Second Edition. Oxford. Pergamon Press.
12. Spicer, A. 1975. BREAD, SOCIAL, NUTRITIONAL AND AGRICULTURAL ASPECTS OF WHEATEN BREAD. London. Applied Science Publishers.
13. Natz, A.S., Matz, D.T. 1978. COOKIE AND CRAKER

- TECHNOLOGY. Westport, Connecticut. Avi Publishing Company Inc.
14. Pomeranz, Y., Shellengberg, J.A. 1971. BREAD SCIENCE AND TECHNOLOGY. Westport, Connecticut. Avi Publishing Co. Inc.
 15. Bennion, B.N. 1976. FABRICACION DE PAN. Zaragoza, España. Ed. Acribia.
 16. Alejandro, I.G. 1981. FERTILIZACION Y DENSIDAD DE POBLACION EN AMARANTO. Tesis. Chapingo, México.
 17. Medina, D.E. 1982. ESTUDIO SOBRE DENSIDADES DE SIEMBRA Y FERTILIZACION CON NITROGENO Y FOSFORO EN EL CULTIVO DE AMARANTO. Tesis. Chapingo, México.
 18. Castilla, Ch.F. 1980. AMARANTO. México. I.N.I.A. Centro de Investigaciones Agrícolas de la Mesa Central.
 19. Cervantes, S.J. 1982. EVALUACION NUTRICIONAL DE ALEGRIA COMO ALIMENTO PARA RUMIANTES. Tesis. Chapingo, México.
 20. Rivas, T.A. 1985. ELABORACION DE UNA PAPILLA INFANTIL POR EXTRUSION A BASE DE UNA MEZCLA DE ALEGRIA Y MAIZ. Tesis. U.N.A.M.
 21. Solomosy, P. 1982. SEED PRODUCTION OF WEED SPECIES AMARANTHUS AND CHENOPODIUM STUDIED IN MAIZE ECOSYSTEM. Comparative Physiology and Ecology. 7(2): 85-88.
 22. Ando, H.M. 1983. EL AMARANTO. Instituto Nacional de Investigaciones Sobre Recursos Bióticos. Comunicado No. 58.
 23. Fennema, R.O. 1982. INTRODUCCION A LA CIENCIA DE LOS ALIMENTOS. Barcelona, España. Ed. Reverté.
 24. Potter, N.N. 1978. LA CIENCIA DE LOS ALIMENTOS. México. Edutex, S.A.

25. Hart, F.L., Fisher, H.L. 1971. ANALISIS MODERNO DE LOS ALIMENTOS. Zaragoza, España. Ed. Acribia.
26. Pomeranz, Y., Meloan, E.C. 1982. FOOD ANALYSIS: THEORY AND PRACTICE. Westport, Connecticut. Avi Publishing Company, Inc.
27. Hoagland, M.L. 1978. FOOD CHEMISTRY. Westport, Connecticut. Avi Publishing Company, Inc.
28. Badui, D.S. 1986. QUIMICA DE LOS ALIMENTOS. México. Ed. Alhambra Mexicana.
29. San Pedro, C.A. 1979. ESTUDIO SOBRE LA ADICION DE CONCENTRADOS PROTEICOS COMO COMPLEMENTO ALIMENTICIO EN LA ELABORACION DE PAN DE CAJA. Tesis. U.N.A.M.
30. Fomon, J.S. 1976. NUTRICION INFANTIL. México. Editorial Latinoamericana.
31. Necoechea, M.H., Camacho, J.L. PASTAS PARA SOPA DE VALOR NUTRITIVO MEJORADO A BASE DE UNA MEZCLA TRIGO-SOYA. Technol. Alimen.(Méx.), 18(3): 7-11.
32. Altschul, A.M. 1976. NEW PROTEINS FOODS. Vol. I Washington, D.C. Academic Press, Inc.
33. Tovar, R., Carpenter, J. 1982. THE EFFECTS OF ALCALI-COOKING OF CORN AND SUPPLEMENTATION WITH AMARANTH SEED ON ITS DEFICIENCIES IN LYSINE AND TRYPTOPHAN. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 32(4).
34. Dubois, K.D. USOS DE LA SOYA EN PRODUCTOS DE PANIFICACION. Asociación Americana de Soya. A.S.A. México, H.N. No. 30.
35. Reza, S.S. 1977. ELABORACION DE BOLILLOS A MENOR COSTO. Asociación Americana de Soya. Artículo Reproducido del No. 290 de la Revista Pan.
36. Suárez, R.G. 1981. DEPOSITO DE TANINOS EN LA TESTA DE AMARANTHUS HYPOCHONDRIACUS L. (ALEGRIA). Tesis.

- Chapingo, México.
37. Moloway, M. 1981. COMO HACER EL PAN Y LA BOLLERIA. Barcelona, España. Ed. Blume.
 38. Jiménez, S., Sumar-Kalinowski, L., Troncoso, J.A. 1982. AVANCES EN EL ESTUDIO BROMATOLOGICO DE AMARANTHUS SP. Boletín de la Sociedad Química del Perú. 48(3): 154-156.
 39. Necoechea, M.H., Camacho, L., Pérez, G. 1982. ELABORACION DE UNA PASTA PARA SOPA A BASE DE ALEGRIA. Tecnol. Alimen. (Méx.), 17(4): 12-24.
 40. XVII Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos. 1986. Tecnol. Alimen. (Méx.), 21(3).
 41. Hernández, M., Chávez, A., Bouges, H. 1980. VALOR NUTRITIVO DE LOS ALIMENTOS MEXICANOS. México. Instituto Nacional de la Nutrición.
 42. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. 1984. México. S.A.R.H. D.G.E.A.
 43. Lenhinger, L.A. 1977. BIOQUIMICA, LAS BASES MOLECULARES DE LA ESTRUCTURA Y FUNCION CELULAR. Barcelona, España. Ed. Omega, S.A.
 44. Harper, A.H. 1971. MANUAL DE LA QUIMICA FISIOLÓGICA. México. El Manual Moderno, S.A.
 45. Plummer, D.T. 1981. INTRODUCCION A LA BIOQUIMICA PRACTICA. Bogotá, Colombia. Ed. McGraw Hill.
 46. Woot-Tsuen, W.L. 1966. TABLA DE COMPOSICION DE ALIMENTOS PARA USO EN AMERICA LATINA. Segunda Edición. I.N.C.A.P. México. Ed. Latinoamericana.
 47. Servicio de Ciencia y Política de la Alimentación. CONTENIDO DE AMINOACIDOS DE LOS ALIMENTOS, DATOS BIOLÓGICOS SOBRE LAS PROTEINAS. 1970. Roma. Dirección de Nutrición, F.A.O. No. 24.