



UNIVERSIDAD DEL VALLE  
DE GUATEMALA  
Facultad de Ciencias y Humanidades



ELABORACIÓN DE UNA PASTA ALIMENTICIA  
A BASE DE AMARANTO Y SEMOLINA

**ROSA AMABILIA ALVAREZ CONTRERAS**

Guatemala

1996



ELABORACIÓN DE UNA PASTA ALIMENTICIA  
A BASE DE AMARANTO Y SEMOLINA

UNIVERSIDAD DEL VALLE  
DE GUATEMALA  
Facultad de Ciencias y Humanidades



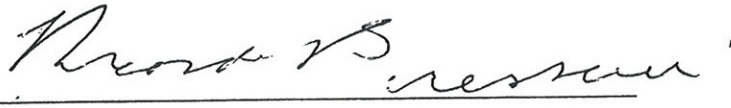
ELABORACIÓN DE UNA PASTA ALIMENTICIA  
A BASE DE AMARANTO Y SEMOLINA

Trabajo de investigación presentado por  
**Rosa Amabilia Alvarez Contreras**  
para optar al grado académico de  
Licenciada en Ingeniería y Ciencia de los Alimentos

Guatemala

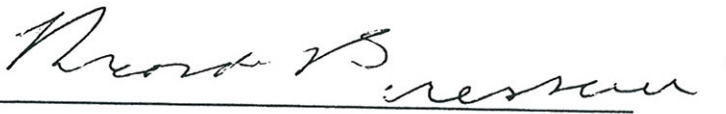
1996

Vo. Bo.:

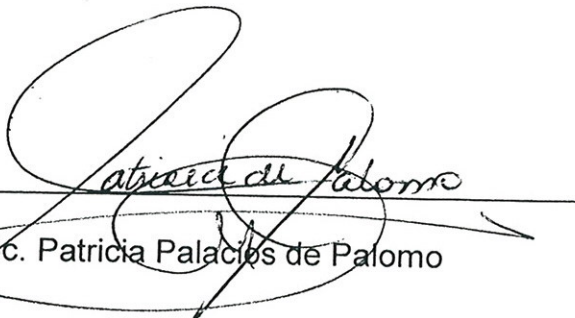
f) 


Dr. Ricardo Bressani

Tribunal Examinador:

f) 

Dr. Ricardo Bressani

f)   
M.Sc. Patricia Palacios de Palomo

f) 

M.Sc. Ana Silvia Colmenares de Ruiz

Fecha de aprobación: Guatemala, 16 de octubre de 1996.

## INDÍCE

CONTENIDO		Página No.
	ÍNDICE	vi
	CUADRO	vi
	TABLAS	vii
	FIGURAS	vii
	RESUMEN	viii
I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	MARCO TEÓRICO	2
III.	JUSTIFICACIÓN	12
IV.	OBJETIVOS	13
	A. Generales	13
	B. Específicos	13
V.	METODOLOGÍA	14
VII.	DISCUSIÓN Y RESULTADOS	16
VIII.	CONCLUSIONES	22
IX.	RECOMENDACIONES	23
X.	BIBLIOGRAFÍA	24
XI.	APÉNDICES	26

## CUADRO

Cuadro No.	Contenido	Página
1	Códigos utilizados en las figuras para las diferentes mezclas y tratamientos	20

## ÍNDICE DE TABLAS

Gráfica No.	Contenido	Página
1.	Composición nutricional de la pasta	3
2.	Contenido de humedad, cenizas y proteína en pasta seca	20
3.	Tiempo de cocción y desintegración de pasta	21
4.	Prueba de aceptabilidad	21
5.	Distribución de partículas de semolina y harina de amaranto	31
6.	Contenido de humedad, cenizas, gluten y pecas en semolina y harina de amaranto	31
7.	Diferencias críticas absolutas de la suma de rangos para las comparaciones de todos los tratamientos a un nivel de significancia del 5%	35
8.	Diferencias críticas absolutas de la suma de rangos para las comparaciones de todos los tratamientos a determinado nivel de significancia	36

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No.	Contenido	Página
1.	Porcentaje de humedad según tratamiento	27
2.	Porcentaje de cenizas según tratamiento	27
3.	Porcentaje de proteína según tratamiento	28
4.	Tiempo de cocción	28
5.	Tiempo de desintegración según tratamiento	29
6.	Porcentaje de aumento en peso por absorción de agua según tratamiento	29
7.	Porcentaje de pérdida de sólidos en agua de cocción según tratamiento	30
8.	Aceptabilidad según tratamiento	30

## RESUMEN

El objetivo principal de este trabajo de tesis fue elaborar una pasta alimenticia con un contenido proteínico más alto, pero que a la vez no se viera afectada la calidad y la aceptación por el consumidor.

Se realizó una revisión bibliográfica abarcando temas de procesamiento de pastas alimenticias; características, aspectos nutricionales y funcionalidad de la semolina y amaranto, así como características organolépticas de las pastas alimenticias. Con base en lo anterior se procedió a elaborar dos grupos de pastas, uno sustituyendo 10, 20 y 30% de semolina por harina de amaranto crudo y otro grupo de pastas también con la misma sustitución, pero con amaranto nixtamalizado. Se caracterizó cada una de las materias primas, realizando análisis de humedad, cenizas, proteína, gluten y granulometría. Elaboradas las pastas se hizo un análisis de proteína, humedad y cenizas; así como una prueba de aceptabilidad por ordenamiento, para conocer las preferencias por parte del consumidor.

Es importante mencionar que se logró establecer que el aumento en el contenido de proteína es directamente proporcional a la adición de amaranto y es aún mayor cuando se nixtamaliza el amaranto. Sin embargo las pastas más susceptibles a la desintegración son aquellas que contienen amaranto nixtamalizado sobre el tiempo de cocción o absorción de agua.

En lo que respecta a la aceptación, el consumidor prefirió la pasta control y la pasta con sustitución del 10% del amaranto nixtamalizado, no existiendo diferencia significativa en estas dos. Además se logró establecer que, si desea utilizar un alto porcentaje de amaranto es necesario nixtamalizar para mejorar la aceptabilidad.

## I. INTRODUCCIÓN

Se sabe que en Guatemala existe un gran problema de desnutrición. Un gran porcentaje de la población no llega a cubrir sus requerimientos de nutrientes diarios, En la actualidad se buscan nuevas alternativas para aumentar el valor nutritivo de los alimentos y esto ha llevado al redescubrimiento del amaranto, una semilla que tiene un contenido de proteína superior al de los otros granos. En nuestro país, existe un alto consumo de pastas alimenticias debido a sus diversos atributos, como es la versatilidad, conveniencia y no menos importante, la economía, ya que es una opción de comida económica. Por lo anterior sería de gran beneficio que existiera una pasta alimenticia que tuviera un valor nutricional más alto que una pasta convencional: sin perder de vista el aspecto de aceptabilidad de parte de la población. En este trabajo se formuló una pasta alimenticia a base de amaranto y semolina con el fin de aumentar el valor y calidad proteínica de la pasta, tratando de conservar las características organolépticas de la pasta convencional.

## II. MARCO TEÓRICO

### A. GENERALIDADES SOBRE EL PROCESAMIENTO DE LAS PASTAS ALIMENTICIAS

La pasta es un alimento hecho de una mezcla básica de endosperma de trigo y agua (en la que otros ingredientes pueden ser agregados), formando con ella diferentes formas y tamaños, luego cocinada o secada para un consumo posterior, La pasta es un alimento que puede ser preservado gracias al proceso de secado al cual es sometido. Si se almacena en condiciones adecuadas, puede permanecer por un largo período de tiempo, cerca de 2 a 3 años y algunas veces más tiempo, ya que tiene un contenido menor de 12%.

Según la Norma COGUANOR NGO 34 176, las pastas alimenticias se definen como aquellos productos obtenidos por la deshidratación de porciones de masa preparadas con semolina de trigo duro o no duro, o cualquier combinación de las mismas, con agua y con o sin uno o más de los ingredientes opcionales como: huevos, clara de huevo y yemas de huevo, en estado fresco, deshidratado o congelado; sal, harina de trigo enriquecido, espinacas, vitaminas y minerales, otros ingredientes de calidad comestible.

De acuerdo a la ley de Italia, la cual se toma como referencia, siendo este país el de mayor consumo de pasta, el nombre de pasta es dado únicamente a productos particulares, los cuales son preparados respectivamente y exclusivamente con: semolina dura teniendo un mínimo de 0.70% y un máximo de 0.85% de contenido de cenizas (semola) y agua; semolina dura con un mínimo de 0.90% y un máximo de 1.20% de contenido de cenizas (semolato) y agua. Las regularidades antes mencionadas, las cuales rigen a Italia, son similares a las existentes en Eruopa. Todos los demás países permiten la utilización de harina de trigo suave, sola o combinada con semolina en diferentes porciones.

1. Valor nutricional de la pasta. Según el manual *The Nutrient Profile of Pasta* (1987:4-10) los aspectos nutricionales de la pasta son muchos; es una buena fuente de carbohidratos complejos y una buena fuente moderada de proteína. Contiene algunas vitaminas y minerales esenciales y es baja en sodio y grasa.

Un análisis de nutrientes ha indicado que la pasta es más baja en calorías de lo que se supone. La pasta contiene 210 calorías por porción de dos onzas. (anónimo, 1987:4-10).

La siguiente tabla presenta la composición nutricional de la pasta (anónimo, 1987:4-10).

Tabla 1  
**Composición nutricional de la pasta**

Pasta	Humedad (%)	Cenizas (g)	Proteína (g)	Grasa (g)	Carbohidrato (g)
Seca	9.8	0.7	12.8	1.6	75.1
Cocida	71.5	0.18	4.3	0.6	25.2

2. Enriquecimiento de la pasta. En enriquecimiento de la harina es altamente conocido desde hace 50 años, aún cuando éste ha sido limitado en la elaboración de pan. Subsecuentemente, empezaron a enriquecerse también la harina para la manufactura de pastas, usando harina, y especialmente utilizando mezclas de semolina y harina en varias proporciones. Esto con el propósito de dar a la pasta un valor nutricional mayor (Milatovic, 1991).

Además existen hoy en día otras formas de enriquecer la pasta como por ejemplo utilizando huevos en la elaboración de las pastas; además es posible agregar a la materia prima, otras sustancias, del tipo orgánico, mineral, etc. (Milatovic. 1991).

En casi todos los países del mundo, por ejemplo se agrega gluten seco. La adición de germen de trigo es generalmente permitido, en una mínima cantidad del 3%. El germen de trigo es considerado un buen aditivo natural, siendo capaz de aumentar el valor nutricional de la pasta. La adición de vitaminas y minerales es regulada en los Estados Unidos por una ley especial establecida, entre otras cosas regula las cantidades mínimas de estos aditivos que se pueden agregar por cada kilogramo de pasta (Milatovic. 1991).

La adición de grano de trigo ha sido ampliamente experimentada. Se ha comprobado que adicionando bran dietético en un porcentaje de 10%, el sabor de la pasta no cambia marcadamente, y este tipo de pasta ha sido bien recibida por los consumidores (Milatovic. 1991).

En los últimos años la utilización de harinas obtenidas de otros cereales diferentes al trigo para el procesamiento de pasta ha aumentado constantemente, por ejemplo la harina de maíz, arroz, avena, soya. Estas harinas se pueden adicionar solas o mezcladas. Estas no tienen gluten (solo el trigo lo tiene) y esto es porque usualmente son utilizadas para la producción de figuras pequeñas, con tecnología de proceso que hacen uso de alta y muy alta temperatura de secado (HT y UHT) y de agua muy caliente en la elaboración de la masa. En muchas ocasiones es necesario utilizar glicéridos y monoglicéridos para que a la hora de la cocción la pasta no se vuelva masuda (Milatovic, 1991).

3. Procesos u operaciones unitarias en la manufactura industrial de la pasta. La tecnología de la pasta incluye tanto procesos como operaciones unitarias. Los procesos no pueden ser separados de las operaciones y viceversa. Las operaciones y procesos se pueden resumir así: transporte de materia prima, mezclado, transporte de la masa antes del prensado, prensado y extraído, presecado, secado, acondicionamiento, recolección de la pasta y empaque (Milatovic, 1991).

Durante la manufactura de la pasta, muchos procesos como cambios ocurren en varias sustancias orgánicas peculiares en los ingredientes usados (proteínas, lípidos, azúcares, amilasas y amilopectinas, etc) en combinación recíproca (Milatovic, 1991)

Por el contrario, una gran cantidad de reacciones e interacciones en las sustancias orgánicas se reducen. Las que se sabe que ocurren son: absorción de agua y activación del proceso red-ox; formación parcial del gluten; crecimiento de la amilopectina en relación con la temperatura de la masa; desnaturalización de la proteína y el comienzo de la gelatinización parcial del almidón en el caso en que la masa está arriba de 65°C y parcialmente de la doble refracción en el almidón en lipoxigenasa en el caso en que la temperatura de la pasta está arriba de 80°C. Pasteurización de la pasta arriba de 76°C. En estas condiciones, si el porcentaje de agua de la pasta está entre 18-19% la gelatinización así como la separación de la amilopectina inicia. (Milatovic, 1991).

Cuando se utilizan temperaturas altas y muy altas, son más numerosos y amplios los cambios que ocurren en la pasta. Pero aún con estas tecnologías de proceso, es siempre necesario que la temperatura durante el mezclado de los ingredientes no exceda de 55°C, de otra forma, no se lleva a cabo la formación parcial de la red de gluten. Cuando se utilizan huevos frescos, la temperatura de la masa no debe exceder de los 46°C. (Milatovic. 1991).

La mayoría de las industrias modernas de pasta usan harinas con granulaciones finas. La semolina con granulación de gran tamaño es más difícil de trabajar en tiempos cortos requeridos para la mezcla de la masa. Una semolina con granulación fina absorbe agua más rápido, proveyendo mayor adaptabilidad para la mezcla de la masa y para trabajarla, además evita la formación de puntos blancos en la pasta. En promedio la granulación de la harina debe estar comprimida entre 150-350  $\mu\text{m}$  (Dick *et. Al.* 1988).

Considerando que el contenido normal de agua (humedad) en la semolina o harina es cerca de 14-15%, la cantidad de agua que debe ser agregada para hacer la masa, debe ser calculada con base en la receta de los diferentes tipos y tamaños de la pasta. Para obtener una masa homogénea, 28-30 litros de agua son necesarios por cada 100 Kg. De harina (14% de humedad); obviamente la cantidad de agua depende de su temperatura y del sistema de secado a utilizar. Normalmente, el agua usada para la mezcla para la masa debe ser caliente (60-70°C) para tamaños grandes de pasta corta: templada (40-45°C) para la pasta corta delgada y tamaños pequeños. Para la pasta larga debe ser templada (30°C); para espaguetis un máximo de 55°C hasta 65°C para aquellas elaboradas solo con semolina sin huevo. Cuando se utilicen huevos, la temperatura del agua no debe exceder de 45°C. De cualquier forma, la masa debe ser lo suficientemente dura para no pegarse en las paredes de los tanques (Milatovic. 1991).

El tiempo necesario para hacer un buen amasado para la pasta corta es de 12 minutos, pero depende de la granulometría de la harina y su temperatura, así como de la temperatura del agua y de los aditivos a utilizar, sin embargo la hidratación es lenta en semolina gruesa (500  $\mu\text{m}$ ) y como resultado la preparación tarda alrededor de 25-30 minutos, mientras que en la industria moderna se ha logrado el mismo proceso en 10-15 minutos (Dick *et al* 1988).

La pasta extruida tiene un contenido de agua cerca de 28.5-29% de agua y una temperatura de 50°C. Esta mezcla es calentada, durante el presecado hasta alcanzar 62-65°C. A esta temperatura, solo una leve desnaturalización de las proteínas puede ocurrir; mientras que la gelatinización no toma lugar (Hummel 1950).

El producto húmedo debe ser secado para obtener un producto fuerte que no facilite el crecimiento de mohos u otros organismos. Una rápida remoción de la humedad puede hacer que el producto se reviente o se fracture; por otro lado si la remoción es muy lenta esto permitirá el crecimiento de mohos y sabores indeseables. Por lo tanto para obtener un producto adecuado, el rango de secado debe ser determinado por el ajuste de la circulación del aire, temperatura y la humedad del aire y del producto. El secado real dura 32 horas, más 8 horas de presecado y el templado. En total se utilizan 40 horas aparte del tiempo necesario para la preparación de la materia prima y de la masa, extrusión, corte y ventilación. La pasta seca aparece con una humedad menor de 11.8% con un color amarillento, poco flexible. Es durante el secado que la pasta desarrolla su color y textura final. La pasta no debe de agrietarse durante el periodo de secado ni después de secada y empacada (Milatovic 1991).

Al utilizar el método tradicional es posible hacer pasta de harina de trigo suave, pero no es posible eliminar lo pegajoso de la pasta cuando es cocida, al menos que se agregue L-ácido ascórbico (al menos 20 mg/Kg de harina) (Milatovic 1991).

4. Aspectos de calidad de la pasta. El control de calidad de las pastas incluye el control de las propiedades organolépticas, bioquímicas, comerciales y nutricionales. En las propiedades comerciales, el color, la ausencia de fisuras, puntos blancos y negros en la superficie son importantes. Los aspectos importantes para establecer la calidad de la pasta seca (producto final) se basa en los siguientes aspectos: contenido de agua, contenido de cenizas, proteína y en algunos casos grado de acidez. El valor del máximo contenido de agua (12.5%) debe ser respetado. Esto provee la garantía de una buena preservación de la pasta en ambientes de condiciones normales (Milatovic 1991).

El contenido de cenizas es poco significativo, pero por su efecto práctico, ya que afecta en forma negativa la harina de trigo duro; éste debe de mantenerse dentro de un porcentaje definido (Dick *et al.* 1988).

El parámetro más significativo para determinar la verdadera calidad de la pasta son las sustancias nitrogenadas contenidas en las proteínas, los límites mínimos considerados por las leyes italianas para las pastas son 10.5 para la pasta de semolina (sémola) y 11.5 para las obtenidas de otra clase de semolina (semolato). Estos valores son importantes desde el punto de vista nutricional, porque la pasta a base de semolina tiene en general un contenido de proteína mayor comparado con aquellas elaboradas únicamente con harina de trigo duro y agua (Dick. *Et al.* 1988).

La calidad de la material prima es de suma importancia para la obtención de una buena pasta. En la semolina, el grano es más largo en forma comparado con el del trigo suave, y su endosperma contiene una gran cantidad de pigmentos (xantofilas), el cual da a la pasta el típico color amarillo. Lo anterior explica porque las pastas elaboradas con semolina son de un color amarillo más brillantes comparadas con aquellas elaboradas con trigo suave. El trigo duro es más rico en proteínas que el trigo suave, el trigo duro tiene menos albúminas y glicerinas, pero más globulinas y gliadinas. La gliadina y glutenina, una vez unidas al agua forman el gluten, el cual es directamente responsable de la calidad de cocción de la pasta. Lo anterior no sólo depende de la calidad del gluten en sí y de la semolina; sino también de la gelatinización del almidón, la cual depende de la cantidad de proteína en la semolina, a menor cantidad de proteína, más rápida la gelatinización del almidón durante la cocción (Milatovic 1991).

La necesidad de un análisis para la calidad de la semolina es una necesidad común en todas las industrias de pasta. El análisis incluye características organolépticas y químicas: porcentaje de humedad, contenido de proteínas, contenido de lípidos, cenizas, gluten, acidez, factores relógicos y tamaño de partículas (Milatovic 1991).

Las características organolépticas importantes para establecer la calidad comercial se basa en: presencia de color amarillo, transparencia del producto, ausencia de puntos blancos o negros; apariencia de la superficie y ausencia de rugosidad. Sin embargo, la calidad de cocción de la pasta es definitivamente la más importante y para verificarla, los controles se hacen sobre; absorción de agua, aumento de la masa o volumen, restos en el agua de cocción (grado de

turbidez), pegajosidad y elasticidad de la pasta cocida; resistencia al corte de la pasta cocida en diferentes tipos de cocción.

Últimamente se ha prestado una particular atención a la cantidad de agua absorbida, color de la pasta cocida, pegajosidad, cantidad de pérdidas, apariencia de la pasta cocida y por medio de análisis químicos, es de mucha importancia definir el contenido de proteína de la pasta cocida, y también la cantidad de proteína perdida en el agua de cocción. Por otra parte se sabe que la calidad de la proteína y el almidón contenidos en la semolina y harina también afecta grandemente la calidad de la pasta. Se sabe que en la cocción, entre más alto el contenido de proteína, especialmente el gluten, más alto es la resistencia, mientras que la pegajosidad se reduce y la tendencia a masificarse es muy pequeña. Aún sabiendo que la cantidad de proteína en la semolina o en la pasta no es suficiente para precisar la calidad del producto terminado cocido. (Dick *et al.* 1988).

Los aspectos que influyen en la apreciación del consumidor para considerar a una pasta de buena calidad, son: el color de la pasta debe ser muy brillante; no más de 3, 000 pecas (negras) y partes de bran deben ser encontradas en cada decímetro cuadrado de superficie (Este parámetro no se aplica a otras pastas cuya harina tiene más de 0.90 de cenizas). No debe tener más de 100 pecas blancas por decímetro cuadrado, especialmente cuando se preparó bajo vacío. El olor y sabor de la pasta debe ser característico de una buena semolina. Esto significa que la semolina no debe ser vieja o adulterada. Después de la cocción las características organolépticas deben ser placenteras, en particular mantener el sabor, el cual debe ser ligeramente dulce, Una pasta de buena calidad no forma masas o se peque, no se quiebra. La resistencia a la cocción debe ser tal que asegure la buena compactación. La calidad de agua usada para la cocción contribuye para la obtención de este requisito, así como para la longitud de la cocción en sí (Milatovic 1991).

B. La utilización de amaranto como una alternativa para elaborar una pasta alimenticia con mayor valor nutricional.

Se han encontrado datos que en México se ha desarrollado una pasta a base de amaranto y trigo. En este estudio se determinó que la pasta preparada con 40% de sustitución con amaranto presentó una consistencia regular y una calificación química mayor a 70% con respecto al patrón provisional FAO/OMS 1973. A esta mezcla se le adicionó diferentes aditivos en varias

concentraciones para mejorar la consistencia de la pasta. La pasta elaborada presentó un contenido de proteína de 11.8% un porcentaje de sólidos desprendidos durante la cocción de 10.5; un tiempo de cocción de 5 minutos y el tiempo de desintegración de 46 minutos. Además se realizó un estudio de aceptabilidad a nivel comunidad dando como resultado un 91% de aceptabilidad (Santin *et al.* 1987).

1. Componentes del amaranto. El pequeño grano de amaranto es cubierto con una capa, un endosperma poco desarrollado y un embrión, una zona central, el perisperma y las (obtenido por molino o manualmente) y el perisperma constituye el 73.8-79.2%. El tegumento y el germen difieren de la fracción del perisperma en todos los componentes químicos, El perisperma es un recurso rico en carbohidratos, además el tegumento y el germen son ricos en proteínas y grasa. El tegumento y el germen contienen 2 a 3 veces más vitaminas que toda la semilla con 40-60% en el perisperma (Paredes 1994).

El valor de un cultivo depende del número de atributos de importancia en la cadena alimenticia, de la producción, de uso en los sistemas de consumo, su contribución al consumidor se ingiere solo o como parte de un sistema alimenticio (Paredes 1994).

Al tener en cuenta lo anterior se puede afirmar que el amaranto es un cultivo que se puede dar en muchas áreas del mundo. Es resistente a altas temperaturas y aridez. Es un buen convertidor de la energía solar, desde que tiene el metabolismo del C4 y además puede ser un cultivo multipropósito. La semilla de amaranto tiene una composición que es atractiva y tiene un valor nutritivo superior cuando se compara con granos básicos similares, cereales, leguminosas y semillas oleaginosas (paredes 1994).

- Almidón: Es el componente mayoritario en el grano de amaranto, constituye cerca del 50-60% del total de peso seco. La temperatura de gelatinización varía entre un gran rango, reflejando diversidad en la temperatura del germoplasma. El almidón del amaranto tiene una viscosidad alta; éste es un potencial en el uso de productos donde ésta es de suma importancia (Paredes 1994).
- Proteína: El segundo componente más abundante es la proteína. Esta ha sido calificada más alta nutricionalmente que otras semillas por la FAO. Posee un promedio de proteína cruda de 14.9-19.3% la cual depende de la variedad a utilizar. Un factor que puede

influir en el contenido de proteína en la semilla es la proporción de germen con respecto a todo el grano, la fracción de germen representa una gran proporción del peso de todo el grano, contribuyendo con una cantidad significativa de proteína de todo el grano. El 65% de la proteína proviene del germen y el 35% de el endosperma, esta relación puede influir en el contenido de amino ácidos en el grano de amaranto. Los valores de los aminoácidos en general son altos y bien balanceados para ser ésta una proteína vegetal. Las proteínas del amaranto son usadas como ingredientes funcionales en alimentos formulados. Atributos funcionales importantes incluyen absorción de agua y grasa, viscosidad, gelatinización, emulsificación, formación de espuma y enlazamiento del sabor (Paredes 1994).

- Grasa: es otro componente químico que está en gran proporción, lo que lo hace alto en contenido calórico. El contenido de grasa es de 6.3-11.9%. Las semillas de amaranto son probablemente muy bajas en contenido de aceite (7-8%) y muy alto es el precio de mercado para competir con otros aceites. El aceite no es único, es muy similar en composición al de maíz y algodón (Paredes 1994).
- Cenizas y fibra: el contenido de cenizas está entre 2.6-4-4% y la variabilidad entre las especies es relativamente baja. El alto contenido de fibra no fermentable sugiere que el grano puede disminuir el colesterol serico y LDL sin aumentar el peligro de cáncer de colon. Recientemente, éstas contribuciones a la salud han sido de gran importancia en el mercado del cereal y del procesamiento (Paredes 1994).

2. Efectos del procesamiento sobre la semilla de amaranto. Los usos que se le da y los productos alimenticios están relacionados al éxito del procesamiento, en términos de propiedades funcionales, valor nutritivo, calidad y estabilidad de productos intermedios y final. El procesamiento puede mezclar o desarrollar características funcionales pero no debe hacerlo a expensas del valor nutricional. Si no se controla bien el pensamiento, éste puede cambiar los nutrientes y particularmente la lisina (Paredes 1994).

- Efectos de nixtamalización del grano de amaranto: La nixtamalización es un proceso que induce algunos cambios, tano químicos, nutricionales y funcionales. Vargas-López *et al.* (1990) evaluó el efecto de la temperatura, concentración de CaOH, y el tiempo de cocción en las propiedades fisicoquímicas de la harina de amaranto utilizado en la fabricación de tortillas. Ellos encontraron que la temperatura afecta

significativamente el índice de absorción de agua (WAI), color y propiedades fluidas de la masa, mientras que la concentración de hidróxido de calcio afecta únicamente las propiedades fluidas de la masa. Estos estudios fueron realizados con temperaturas de cocción de 80.90°C, una concentración de CaOH de 0.8-1 g/100 gramos de amaranto y tiempos de cocción de 10-20 minutos.

En la nixtamalización del maíz se ha reportado que induce pequeñas pérdidas en triptófano y en el contenido de lisina, sin embargo la calidad de la proteína es igual o levemente mejor que el maíz crudo; efectos similares pueden ocurrir con el amaranto. Siendo el amaranto una semilla más pequeña, cocerla a un pH alcalino puede inducir pérdidas mayores en la calidad nutricional (Bressani 1994).

Algunas muestras de amaranto fueron cocinadas por 10-20 minutos a presión atmosférica con 0.2, 0.4 y 0.6% de hidróxido de calcio en base al peso de la muestra. El contenido de proteínas aumento de 4-11%. La calidad de la proteína aumento por la cocción, ya sea con o sin nixtamalización. La mayor recuperación fue observada cuando la cocción se realizó con 0.2-% de CaOH. Existe un efecto cuadrático entre los niveles de CaOH, lo que sugiere que el nivel óptimo fue entre 0-2.4%, mientras que el tiempo de cocción a temperatura de ebullición menor a 20 minutos. La cocción con CaOH induce un pequeño aumento en el contenido total de proteínas. No se observaron cambios significativos con un aumento en el nivel de CaOH (Vargas-López *et al.* 1990).

### **III. JUSTIFICACIÓN**

La pasta es un alimento altamente consumido en Guatemala; es por esto que buscar una nueva alternativa para dar al consumidor una pasta alimenticia que presente un mayor contenido nutricional, sin que se vea afectada su calidad y su aceptación, es de gran beneficio para nuestro país.

## IV. OBJETIVOS

- GENERAL

Desarrollar una pasta con base en una mezcla de amaranto y semolina, sin utilizar aditivos, que aumenten el valor nutricional de la pasta; pero que al mismo tiempo no se vea afectada la calidad y aceptación para el consumidor.

- ESPECÍFICOS

- Establecer una tecnología para la elaboración de una pasta a nivel piloto.
- Establecer las características físico-químicas de la harina de amaranto para la elaboración de la pasta.
- Adaptar los métodos nacionales e internacionales para el control de calidad de la pasta.
- Determinar la aceptabilidad del consumidor ante una pasta a base de semolina-amaranto.

## V. METODOLOGÍA

### A. PASTA A BASE DE SEMOLINA

A la semolina, se le determinó humedad, granulometría, cenizas, gluten húmedo y proteínas. Se pesó y se agregó agua (30%) a 45°C y se amasó manualmente, hasta obtener una masa flexible y no pegajosa. Se procedió a pasar la masa por una laminadora y posteriormente por una formadora manual. Se secó la pasta en un cuarto de secado estacionario a una temperatura de 60°C, durante 24 horas.

### B. PASTA CON SEMOLINA Y AMARANTO CRUDO.

Se molió el amaranto y se caracterizó (se determinó la humedad, cenizas, gluten, proteínas y granulometría). Se caracterizó la semolina, los mismos análisis que para la harina de amaranto. Se pesaron las dos harinas según la fórmula (10, 20 o 30% de harina de amaranto en sustitución de semolina). Se procedió a mezclar y agregar agua (30%) a 45°C y se amasó manualmente, hasta obtener una masa flexible y no pegajosa. Se procedió a pasar la masa por una laminadora y posteriormente por una formadora manual. Se procedió a secarse en un cuarto de secado estacionario a una temperatura de 60°C, durante 24 horas.

### C. PASTA CON SEMOLINA Y AMARANTO NIXTAMALIZADO.

Se trató el amaranto con 0.35% en masa de CaOH, por 15 minutos a temperatura de ebullición. Se molió. Posteriormente se determinó la humedad. Se pasaron la semolina y el amaranto nixtamalizado según la fórmula (10, 20 o 30% de harina de amaranto en sustitución de semolina). Se procedió a mezclar y agregar agua (30%) a 45°C y se amasó manualmente, hasta obtener una masa flexible y no pegajosa. Se procedió a pasar la masa por una laminadora y posteriormente por una formadora manual. Se procedió a secarse en un cuarto de secado estacionario a una temperatura de 60°C, durante 24 horas.

Todas las diferentes pastas se realizaron en duplicado. Se tomaron muestras al azar de cada lote de prueba y se procedió a analizar también en duplicado.

#### D. ANÁLISIS

Los análisis llevados a cabo son los siguientes:

##### Materia Prima:

Humedad (NGO 34 086 h2)

Granulometría (NGO 34 086 h9)

Proteínas (NGO 34 086 h)

Pecas

Gluten húmedo (NGO 34 086 h6)

##### Producto terminado seco (muestra AOAC 926.06)

Humedad (NGO 34 086 h2)

Proteínas (NGO 34 086 h)

Cenizas (NGO 34 086 h6)

##### Producto terminado durante la cocción

Tiempo de cocción AACC Method 16-50 pagina 1-3

Tiempo de desintegración (Grybowski *et al.*)

Sólidos en el agua de cocción AACC Method 16-50 página 1-3

Absorción de agua

Proteínas (NGO 34 086 h)

Aceptabilidad

La prueba de aceptabilidad. Se realizó una prueba de aceptabilidad por ordenamiento por preferencia; para lo cual se preparó un consomé en el que se agregó la pasta. Se llevó a cabo la prueba con 20 personas, mujeres entre 22 y 55 años, no entrenadas; las que ordenaron las muestras por orden de preferencia asignando el número uno a la que preferían y así sucesivamente, asignándole el número 7 a la que menos les parecía. Se tabularon los resultados y se determinó con base en la tabla de diferencias críticas absolutas de la suma de rangos para comparaciones de todos los tratamientos con un nivel de significancia del 5%, si existían diferencias entre las pastas evaluadas.

## VI. DISCUSIÓN Y RESULTADOS

### A. MATERIA PRIMA

En lo que respecta a la caracterización de las materias primas se puede observar en la Tabla 1, la distribución de las partículas para la semolina y la harina de amaranto. De esta tabla se concluye que aproximadamente el 98.64 de las partículas de semolina se encuentran entre 370-149 um (40-100 mesh); dicho rango está dentro de lo recomendado, 100% debajo de 350 um (Dick *et al.* 1988). Esto facilitó el procesamiento y asegura una pasta más homogénea.

La harina de amaranto presentó una distribución en la cual el 96.87% de las partículas están debajo de 350 um. dato recomendado.

La humedad es otro factor importante en el proceso de la manufactura de pastas. En la Tabla 2 se observa que la semolina tenía un contenido de humedad del 13.75%, datos que se encuentra dentro del rango aceptable, 13-5-14.5% para facilitar la hidratación y disminuir el tiempo de amasado (Dick *et al.* 1988). En lo que respecta a la harina de amaranto, se observa que ésta posee un contenido de humedad de 8.35%, el cual es considerado bajo. En la elaboración se determinó que la masa que tenía 20 y 30% de harina de amaranto fue necesario amasarla por 5 minutos más, ya que la hidratación de éstas fue más lenta.

Como otra forma de caracterizar la materia prima, se determinó el número de pecas en la semolina. En la Tabla 2 se observa que la semolina utilizada tiene un promedio de 1.56 pecas cafés/pulgada cuadrada y 2.5 pecas negras/pulgada cuadrada lo que da un promedio global de 4.06 pecas por pulgada cuadrada. Lo recomendado en este caso es de 3-5 pecas por pulgada cuadrada para que no se dañe la apariencia final de la pasta (Milatovic 1991); sin embargo en esta oportunidad no tiene mayor importancia, ya que por no trabajarse con vacío, la pasta que se obtuvo no es traslúcida y por esta razón ésta tiene muchos puntos de diferentes tamaños y colores: cafés, negros y blancos.

La semolina utilizada tiene 0.76 de cenizas, según la Tabla 2, lo cual indica que efectivamente es de trigo duro, ya que si este dato fuera por debajo de 0.55% indicaría presencia

de harina de trigo suave (Disck 1988). En la Tabla 2, se observa que el amaranto tiene casi 3.5 veces a más cenizas que la semolina.

Otro factor importante para la caracterización de las harinas como materia prima para la elaboración de la pasta, es la cantidad y la calidad de gluten. En este estudio sólo se evaluó la cantidad ya que no se contaba con el equipo necesario para evaluar la calidad. En la Tabla 2, se determinó que la semolina utilizada tiene 23.62% de gluten húmedo, mientras que la harina de amaranto no posee gluten o la cantidad es tan pequeña que no es posible determinarlo por el método NGO 34086 hl. En este método se mezcla harina con agua hasta formar una masa compacta, seguidamente se lava para eliminar todo el almidón. El establecimiento de la cantidad de gluten en la harina de amaranto no fue determinante, ni en la elaboración de la pasta, ni en el producto final; sin embargo, se considera que en una proporción mayor de harina de amaranto este dato puede disminuir la elasticidad de la masa y ocasionar problemas de proceso.

Definir el contenido de proteína en la materia prima era la base del estudio realizado ya que el objetivo principal era aumentar el contenido y la calidad de proteína en la pasta. Se determinó que la semolina utilizada presentaba 13.11% de proteína Tabla 2, lo cual indica que está dentro del standard 11.5-13% (Dick 1988). Dicha cantidad de proteína favoreció al proceso y al producto terminado brindándole buena resistencia mecánica, estabilidad y firmeza.

La harina de amaranto presentó un contenido proteínico de 15.07%, Tabla 2, lo cual nos permitió establecer que al sustituir un porcentaje de semolina por amaranto, la pasta tendría un contenido de proteína mayor que la elaborada únicamente con semolina. Es de importancia mencionar que el agregado de harina de amaranto a la semolina, induce un aumento en el contenido del aminoácido esencial lisina, que es limitante en la semolina, y por consiguiente aumenta el valor nutritivo del producto final (Bressani *et al.*1990). Esto es más significativo cuanto mayor es el agregado de amaranto (Acevedo *et al.*1991).

## B. PASTAS

Respecto a la evaluación de la pasta seca se obtuvieron los siguientes resultados: En la Figura 1, se observa que todas las pastas fueron elaboradas con amaranto nixtamalizado, no importando el porcentaje 10, 20 y 30%, presentaron un mayor contenido de humedad. Lo

anterior se puede deber a que el proceso de nixtamalización optimiza el atributo funcional del amaranto, como es la retención de agua (Paredes 1994).

La Figura 3 muestra el porcentaje de proteína en las pastas elaboradas, se observa que el aumento en el contenido de proteína es directamente proporcional a la adición de amaranto y es mayor aún cuando el amaranto ha sido nixtamalizado; lo anterior se debe, entre otras cosas, a que muchos nutrientes hidrosolubles se pierden durante la nixtamalización aumentando el porcentaje de proteína.

En el producto terminado seco, también se determinó el contenido de cenizas. Se observa en la Figura 2 que no existe diferencia significativa comparando las pastas control con las pastas elaboradas con amaranto crudo y nixtamalizado (Tukey  $P = .1595$ ); aún cuando el grano de amaranto contiene más cenizas que la semolina. Por lo que se concluye que el adicionar amaranto crudo o nixtamalizado no influye en el contenido de cenizas de la pasta alimenticia.

### C. EFECTO DE COCCIÓN Y ACEPTABILIDAD.

La evaluación de cocción junto con la aceptabilidad de ésta son las pruebas más importantes porque son las que involucran al consumidor, y las que nos definirán si un producto tendrá o no éxito. En la Tabla 4 se presentan los tiempos de cocción de las pastas; en general éstos tiempos varían (5.5-7 minutos) de los de las pastas existentes en el mercado (8-10 minutos), pero esto se puede deber entre otras cosas al proceso; ya que no se trabajó por extrusión sino por laminación y no se contó con vacío. Este dato es de suma importancia ya que los consumidores podrían estar acostumbrados a cocer la pasta en un tiempo determinado y cualquier variación, sino es señalada, podría causar problemas. Se puede observar que los tiempos de cocción de la pasta control (7.5 minutos). El tiempo de cocción de la pasta elaborada con amaranto nixtamalizado están entre 5.5-6 minutos. Esta disminución en el tiempo se debe a que el amaranto sufrió un calentamiento con CaOH, lo que se podría comparar con un precocado, disminuyendo de esta forma el tiempo necesario para la cocción de la pasta; sin embargo, como se observa en la Figura 4 no existe diferencia estadística entre los tratamientos.

En la Tabla 4, se presentan los tiempos de desintegración; este dato se refiere al tiempo que puede estar la pasta en agua en ebullición sin que esta se rompa o se desintegre; es una

relación de resistencia a la cocción. Como se observa en la Figura 5 la mayor resistencia a la cocción la representa la pasta control, seguida de la pasta con amaranto crudo. Las pastas más susceptibles a la desintegración son las que contienen amaranto nixtamalizado. Esta disminución se puede deber al proceso de calentamiento que sufrió el amaranto anteriormente.

En la Tabla 5 se presenta el porcentaje de aumento de peso en la pasta cocida. Este dato es de suma importancia ya que una de las razones por las cuales la pasta es tan popular entre los consumidores es porque “abunda”, gracias a la capacidad que tiene de absorber agua. Se observa que el mayor aumento en peso, 207%, se obtuvo en la pasta con un 20% de amaranto nixtamalizado. En general, la diferencia entre la pasta control y la pasta con amaranto crudo es de aproximadamente 6.73% y entre la control y la elaborada con amaranto nixtamalizado fue de 9.92%. Datos tan cercanos al control como los obtenidos con la masa de 30% HA, 20% HA, nos demuestran que el amaranto tiene dentro de sus propiedades la capacidad de absorber agua; sin embargo estadísticamente no se puede concluir si el porcentaje de amaranto o el proceso de nixtamalización favorece o no la absorción de agua; sin embargo estadísticamente no se puede concluir si el porcentaje de amaranto o el proceso de nixtamalización favorece o no la absorción de agua de la pasta.

En la Tabla 5, se observa que el proceso de nixtamalización disminuye la pérdida de sólidos en la pasta (promedio 7.94%); siendo los resultados similares a la pasta control (5.35%). Además se observa que existió una mayor pérdida al aumentar la cantidad de amaranto crudo, por lo que la pasta con 30% de amaranto crudo presenta la mayor pérdida de sólidos en la cocción (Figura 7).

Se realizó una prueba de aceptabilidad por ordenamiento de la pasta; para lo cual se preparó un consomé en el que se agregó la pasta. Se hizo la prueba con 20 personas, mujeres entre 22 y 56 años, no entrenadas. De lo anterior se pudo concluir, de acuerdo con la Figura 8, que existió una preferencia a favor de la pasta control (60% de las personas calificó a ésta como la número uno) y la pasta elaborada con 10% de amaranto nixtamalizado; sin embargo, no existe diferencia estadística entre estas dos (basándonos en la tabla de diferencias críticas absolutas de la suma de rangos para comparaciones de “Todos los tratamientos” con un nivel de significancia del

5%). En general se puede concluir que si se desea utilizar un porcentaje alto de amaranto es necesario nixtamalizar para mejorar la aceptabilidad de ésta.

A continuación se presentan los códigos utilizados en las figuras para las diferentes mezclas y tratamientos.

Cuadro 1

Códigos utilizados en las figuras para las diferentes mezclas y tratamientos

CÓDIGO	MEZCLA	TRATAMIENTO
0	Control (100% semolina)	Control (No nixtamalizado)
1	10% de amaranto	Sin nixtamalizar el amaranto
2	10% de amaranto	Nixtamalizado el amaranto
3	20% de amaranto	Sin nixtamalizar el amaranto
4	20% de amaranto	Nixtamalizado el amaranto
5	30% de amaranto	Sin nixtamalizar el amaranto
6	30% de amaranto	Nixtamalizado el amaranto

## B. SEGUNDA PARTE

Composición de la pasta seca

Tabla 2

Contenido de humedad, cenizas y proteína en pasta seca

	Control	10% H.A	20% H.A	30% H.A	10% N.A	20% N.A.	30% N.A.
%	6.42 ±	7.95 ±	7.69 ±	7.45 ±	10.15 ±	9.57 ±	8.81 ±
humedad	0.14	0.19	0.6	0.05	0.18	0.22	0.51
%	0.83 ±	1.02 ±	1.31 ±	1.38 ±	1.36 ±	1.36 ±	1.35 ±
cenizas	0.03	0.025	0.1	0.25	0.03	0.1	0.25
%	13.01 ±	13.05 ±	13.08 ±	13.95 ±	14.72 ±	14.76 ±	14.8 ±
proteínas	0.14	0.20	0.05	0.5	0.1	0.15	0.25

10% HA= pasta 10% amaranto crudo  
 20% HA= pasta 20% amaranto crudo  
 30% HA= pasta 30% amaranto crudo  
 10% AN= pasta 10% amaranto nixtamalizado  
 20% AN= pasta 20% amaranto nixtamalizado  
 30% AN= pasta 30% amaranto nixtamalizado

## C. EVLUACIÓN DE COCCIÓN DE LA PASTA

Tabla 3  
Tiempo de cocción y desintegración de pasta

Minutos	Control	10% HA	20% HA	30% HA	10% AN	20% AN	30% AN
Tiempo	7.5 ±	6.5 ±	6.5 ±	6.00 ±	6.25 ±	6.0 ±	5.5 ±
Cocción	0.25	0.5	0.5	0.00	0.75	0.25	0.00
Tiempo	35 ±	31.25 ±	30.5 ±	31 ±	20.5 ±	18.25 ±	18 ±
desintegra	0.75	1.5	0.75	0.00	0.25	0.5	0.75

Tabla 4  
Absorción de agua y porcentaje de sólidos en agua de cocción

	Control	10% HA	20% HA	30% HA	10% AN	20% AN	30% AN
%aument	190.65 ±	178.2 ±	185.36 ±	188.2 ±	161.54 ±	207.05 ±	173.8 ±
peso	0.3	0.25	0.30	0.4	0.37	0.55	0.5
% de	5.35 ±	7.65 ±	8.01 ±	8.16 ±	5.8 ±	5.42 ±	4.75 ±
sólidos	0.62	0.5	0.35	0.42	0.36	0.40	0.09

## E. PRUEBA ORIENTADA AL CONSUMIDOR

Tabla 5  
Prueba de aceptabilidad

	Control	10% HA	20% HA	30% HA	10% AN	20% AN	30% AN
Puntos	29	81	127	130	33	64	94

\* La aceptabilidad es inversamente proporcional al incremento en la puntuación

10% HA= pasta 10% amaranto crudo  
 20% HA= pasta 20% amaranto crudo  
 30% HA= pasta 30% amaranto crudo  
 10% AN= pasta 10% amaranto nixtamalizado  
 20% AN= pasta 20% amaranto nixtamalizado  
 30% AN= pasta 30% amaranto nixtamalizado

## VIII. CONCLUSIONES

- Las características fisicoquímicas de la harina de amaranto, aún cuando son diferentes a las de la semolina en distribución de partículas, humedad, gluten y cenizas, no presentó ningún problema para la elaboración de las pastas alimenticias.
- La harina de amaranto contiene aproximadamente 2% más de proteína que la semolina. Al adicionar amaranto, el contenido de la proteína aumenta, pero este aumento es mayor cuando se nixtamaliza el amaranto.
- Al adicionar amaranto crudo o nixtamalizado no influye sobre el contenido de cenizas en las pastas alimenticias, así como tampoco en el tiempo de cocción o absorción de agua en las pastas.
- Las pastas más susceptibles a la desintegración son las que contienen amaranto nixtamalizado.
- Las pastas alimenticias preferidas por el consumidor son la pasta control (100% de amaranto nixtamalizado, no habiendo diferencia estadística entre estas dos. Si se desea utilizar porcentajes altos de amaranto es necesario nixtamalizar.
- Los datos sugieren posibilidades atractivas en la aplicación o uso de harina de amaranto en la manufactura de pastas cortas.

## IX. RECOMENDACIONES

- Optimizar el proceso de nixtamalización del amaranto para lograr mejor funcionalidad de la pasta.
- Evaluar otros procesos sobre el grano de amaranto para asociarlos con mejores funcionalidades en la pasta. Por ejemplo: expansión, extursión, y fermentación.
- Usar agentes químicos, como por ejemplo: estearoil-2 lactilato de sodio, para mejorar tiempo de cocción y sobre todo en el tiempo de desintegración
- Aparentemente el proceso húmedo alcalino aplicado al amaranto mejora la aceptabilidad de la pasta; por lo que sería de interés práctico evaluar otros métodos húmedos de procesamientos con el fin de incrementar la aceptabilidad en productos con amaranto.
- Evaluar la calidad nutricional in vivo de las pastas con amaranto.
- Realizar una prueba a nivel piloto, utilizando vacío para mejorar la apariencia del producto y sus características de cocción.
- Realizar una prueba utilizando harina de trigo duro, para obtener un producto similar al chao-mein; de esta forma el incremento de la proteína sería mayor, debido a las características de esta harina. Además el chao-mein es un producto altamente consumido en nuestro país, donde la apariencia del producto (transparencia, puntos blancos, fisuras, etc.) no es tan importante.

## X. BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo, E. Velásquez, L. *Nutricional Evaluation of wheath bread substituted by amaranth flour*. Amaranth Newsletter Nos. 2, 3, 4 june-dic. 1991.
- Anónimo. *Nutrición y salud, directrices dietéticas para amaricanos*. Departamento de agricultura de los Estados Unidos y departamento de salud, educación y bienestar de U.S.A. 1987.
- Bressaní, C. Estrada Ligorria. *Effects of lime ofr grain amaranth on select Chemicals components and on its protein quality*. J. Agric. Chem. Pag. 218. 1987.
- Cubadda R. And Carcea. *Evaluation of gluten strength in durum wheat and semolina by rapid methods*. Italian Food & Beverage Tecnology. N. 4 Nov, pag 3-5. 1994
- Dick JJ. Matsuo, R. *Durum and pasta products*. American Associate of Cereal Chemists. Vol. II. St. Paul MIN U.S.A. 1988
- Donelly B. *Raw Materials and processing pasta*. Handbook of cereal science and technology. New York, U.S.A. CHAPTER 19, PAG. 763-792
- Grzybowski, R. And Donnelly. *Cooking Properties of spaguetti*. Department of Cereal Chemisitry and technology, NDSU, Fargo ND 58102
- Hereland G. *Dough theology: application to measuring raw material quality*. Pasta: Raw material and technology USDA/rs Wheat Quality Laboratory. 1991.
- Hummel C. *Macaroni Products*, Food Trade Press LTD. London. 1950
- Mendoza, C. and Bressani. *Nutritional and Functional Characteristic of extrusion-cooked amaranth flour*. Cereal Chem, 64 pag. 218. 1987.
- Milatovic L. Mondelli G. *Pasta Tecnology Today*. Chiriotti Editori. Pinerolo Italy. 1990.

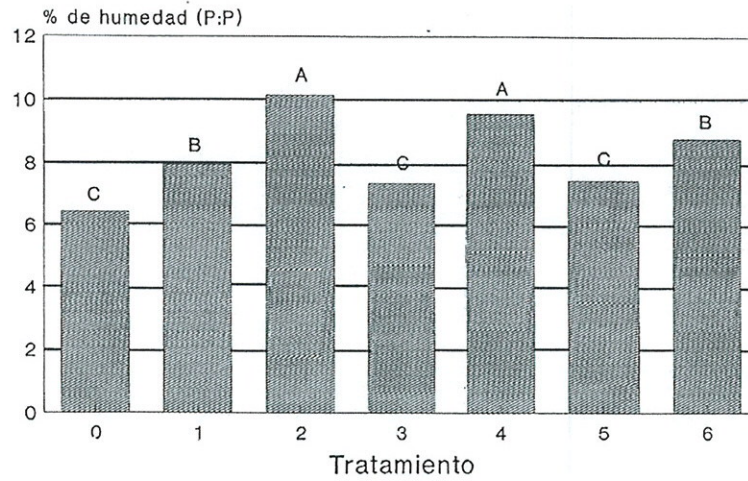
Paredes-López O. *Amaranth, biology, chemistry and technology*. CRC Press. U.S.A. pag 155-207. 1994

Santin, C. Morales, L. Ibañez, L. *Procedimiento para la elaboración de una pasta para sopa a base de amaranto a nivel piloto*. Coloquio Nacional de Amaranto. Queretaro, México. Editorial Ideas. Pag 255-265. 1987

Tejeda, C. *Comparison of Spaghetti made form red winter wheat flour and durum wheat semolina*. Kansas 1982.

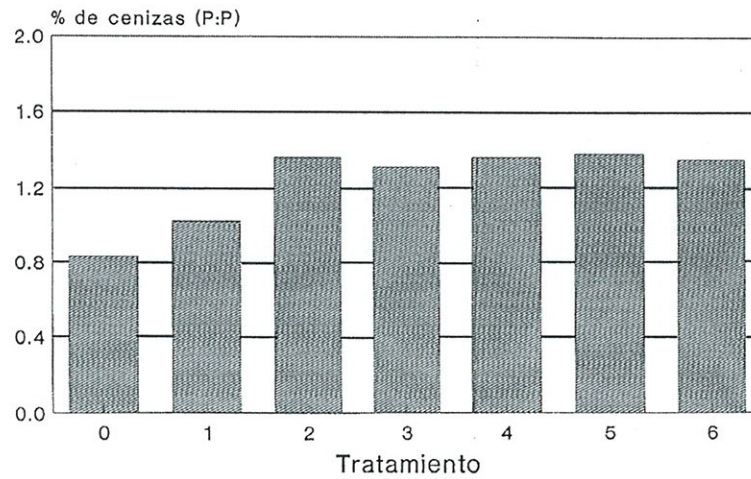
## **XI. APÉNDICES**

Figura 1  
Porcentaje de humedad según tratamiento



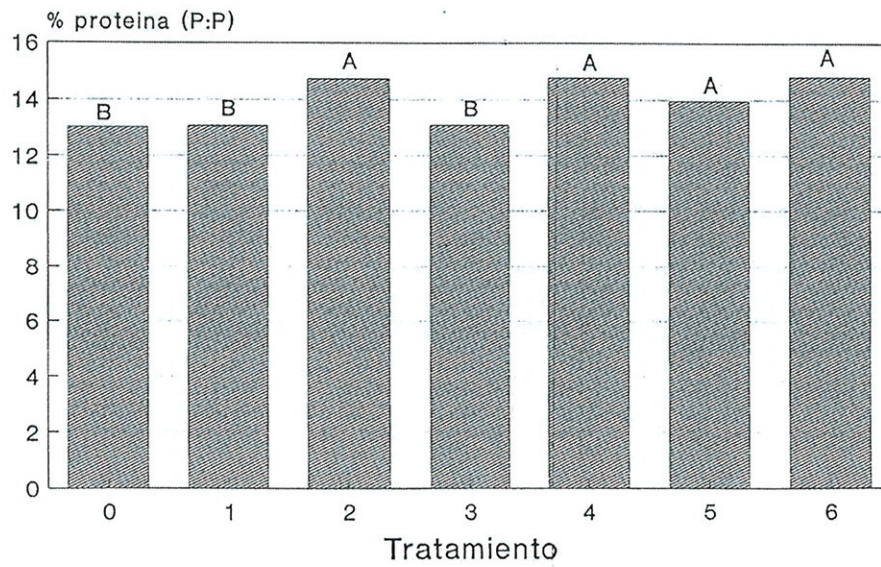
No existen diferencias estadísticas en columnas con la misma letra

Figura 2  
Porcentaje de cenizas según tratamiento



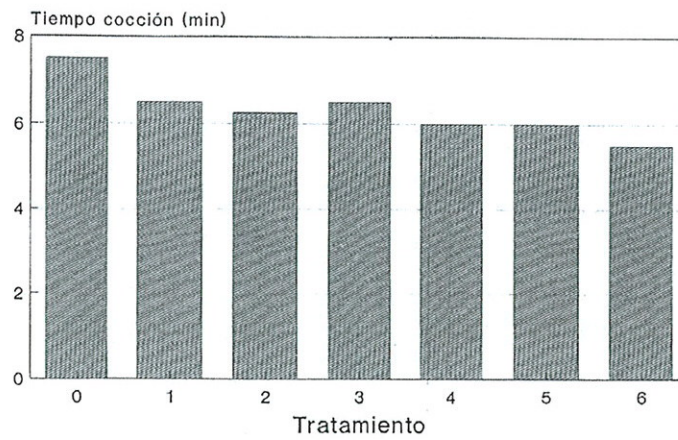
No existen diferencias estadísticas entre tratamientos (Tukey, P . 1595)

Figura 3  
Porcentaje de proteína según tratamiento



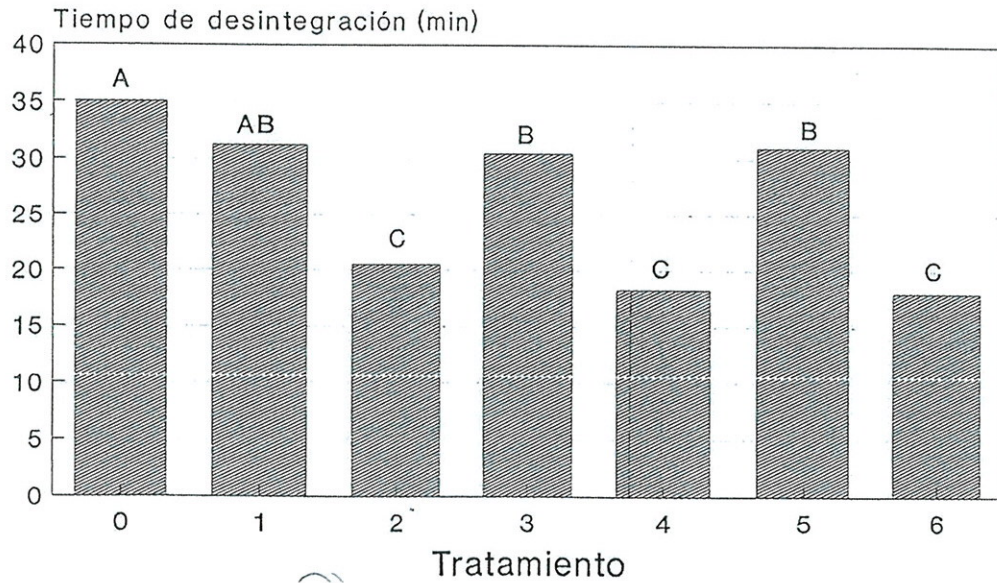
No existen diferencias estadísticas en columnas con la misma letra

Figura 4  
Tiempo de cocción



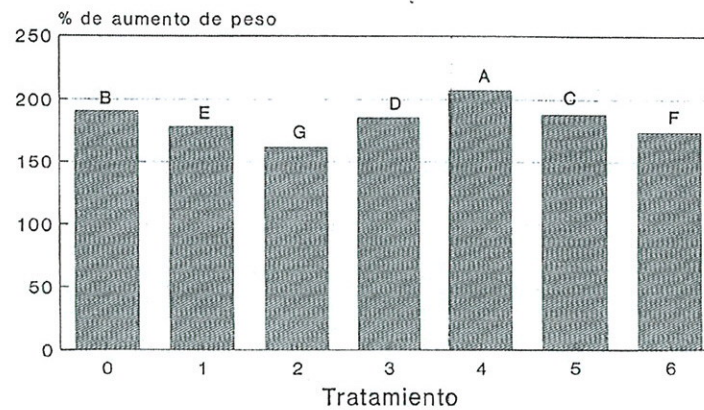
No existe diferencias estadísticas entre tratamientos (Tukey, Px 1503)

Figura 5  
Tiempo de desintegración según tratamiento



No existen diferencias estadísticas entre columnas con la misma letra.

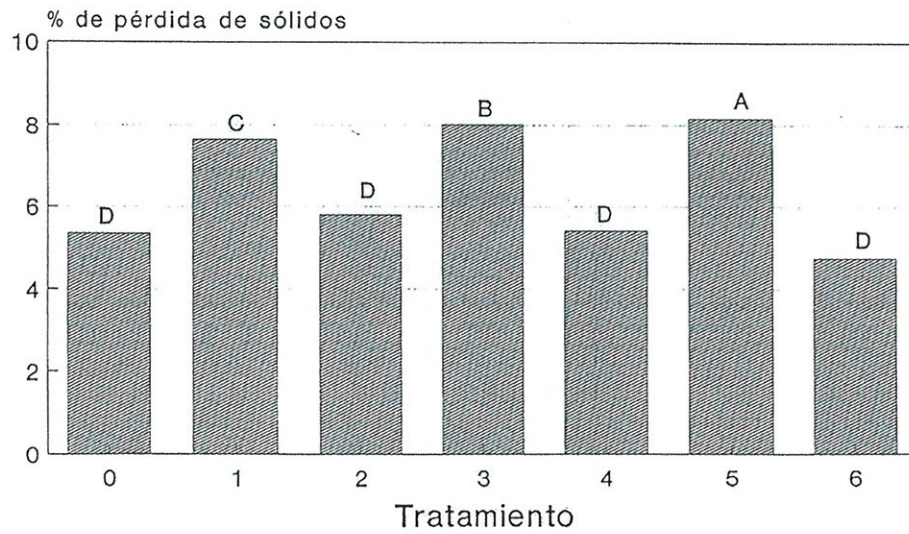
Figura 6  
Porcentaje de aumento en peso por absorción de agua según tratamiento



No existen diferencias estadísticas entre columnas con la misma letra

Figura 7

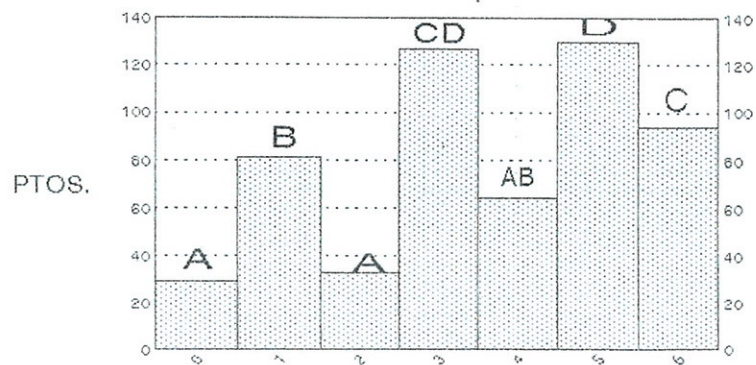
Porcentaje de pérdida de sólidos en agua de cocción según tratamiento



No existen diferencias estadísticas entre columnas con la misma letra

Figura 8

Aceptabilidad según tratamiento



No existen diferencias estadísticas entre columnas con la misma letra.

En las siguientes tablas se presentan los resultados obtenidos:

A. Primera parte: Caracterización de la materia prima

Tabla 5  
Distribución de partículas de semolina y harina de amaranto

MESH	% SEMOLINA	% HARINA AMARANTO
1-40	0.55 ± 0.05	30.775 ± 0.575
40-60	61.61 ± 0.04	34.8 ± 0.19
60-80	31.79 ± 0.35	3.05 ± 0.10
80-100	5.25 ± 0.2	3.05 ± 0.10
100 - +	0.79 ± 0.24	0.524 ± 0.474

Tabla 6  
Contenido de humedad, cenizas, gluten y pecas en semolina y harina de amaranto

Mat. Prima	Humedad %	Proteínas %	Cenizas %	Gluten Humedo %	No. Pecas cafes	No. Pecas negras
semolina	13.75 ± 0.25	13.12 ± 0.15	0.76 ± 0.01	23.62 ± 0.12	1.57 ± 0.15	2.5 ± 1.1
harina amaranto	6.35 ± 0.15	15.08 ± 0.25	2.67 ± 0.02	0.05 ± 0.05	N.A.	N.A.

N.A. = no aplica

## APÉNDICE A

### Análisis estadístico de los resultados obtenidos

TRANSLATE FROM 'TESIS.WK1' /FIELDNAMES.

GRAPH /BAR MEAN (PHUM) BY TRAT.

GRAPH /BAR MEAN (CENZ) BY TRAT.

GRAPH /BAR MEAN (PROT) BY TRAT.

GRAPH /BAR MEAN (TCOCC) BY TRAT.

GRAPH /BAR MEAN (TDES) BY TRAT.

GRAPH /BAR MEAN (AUPESO) BY TRAT.

GRAPH /BAR MEAN (PSOL) BY TRAT.

ONEWAY /VARIABLES PHUM CENZ PROT TCOCC TDES AUPESO PSOL BY TRAT (0,6)  
/RANGES=TUKEY.

- - - - - O N E W A Y - - - - -

Variable PHUM  
By Variable TRAT

Analysis of Variance					
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	6	21.0735	3.5123	26.0443	.0002
Within Groups	7	.9440	.1349		
Total	13	22.0175			

- - - - - O N E W A Y - - - - -

Variable CENZ  
By Variable TRAT

Analysis of Variance					
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	6	.5624	.0937	2.2253	.1595
Within Groups	7	.2948	.0421		
Total	13	.8573			

- - - - - O N E W A Y - - - - -

Variable PROT  
By Variable TRAT

Analysis of Variance					
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	6	8.8216	1.4703	32.2427	.0001
Within Groups	7	.3192	.0456		
Total	13	9.1408			

----- ONEWAY -----

Variable By Variable	TCOCC TRAT	Analysis of Variance				
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.	
Between Groups	6	4.6786	.7798	2.2982	.1503	
Within Groups	7	2.3750	.3393			
Total	13	7.0536				

----- ONEWAY -----

Variable By Variable	TDES TRAT	Analysis of Variance				
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.	
Between Groups	6	614.4643	102.4107	84.3382	.0000	
Within Groups	7	8.5000	1.2143			
Total	13	622.9643				

----- ONEWAY -----

Variable By Variable	AUPESO TRAT	Analysis of Variance				
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.	
Between Groups	6	2471.3667	411.8944	1320.2954	.0000	
Within Groups	7	2.1838	.3120			
Total	13	2473.5505				

----- ONEWAY -----

Variable By Variable	PSOL TRAT	Analysis of Variance				
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.	
Between Groups	6	24.7622	4.1270	11.7340	.0024	
Within Groups	7	2.4620	.3517			
Total	13	27.2242				

## APÉNDICE B

Tabla utilizada para el análisis de datos de las evaluaciones sensoriales

**Cuadro 2**  
**Análisis de prueba de aceptación**  
**Diferencia significativa entre el total de pares**

	Control	10% HA	20% HA	30% HA	10% AN	20% AN	30% AN
Control	---	sí	sí	sí	no	no	sí
10% HA	---	---	sí	sí	sí	no	sí
20% HA	---	---	---	no	sí	sí	no
30% HA	---	---	---	---	sí	sí	no
10% AN	---	---	---	---	---	no	sí
20% AN	---	---	---	---	---	---	no

10% HA= pasta 10% amaranto crudo

20% HA= pasta 20% amaranto crudo

30% HA= pasta 30% amaranto crudo

10% AN= pasta 10% amaranto nixtamalizado

20% AN= pasta 20% amaranto nixtamalizado

30% AN= pasta 30% amaranto nixtamalizado

**Tabla 8**  
**Diferencias críticas absolutas de la suma de rangos para las comparaciones de todos los tratamientos a un nivel de significancia**

Parámetros	Número de tratamientos											
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
3	-	9	12	14	17	19	22	24	27	29		
4	2	11	14	17	20	23	26	29	32	34		
5	5	12	16	19	23	26	30	33	37	40		
6	10	14	18	21	25	29	33	37	41	44		
7	11	15	19	23	28	32	36	40	45	49		
8	12	16	21	25	30	34	39	43	48	53		
9	13	17	22	27	32	36	41	46	51	56		
10	13	18	22	26	33	38	44	49	54	59		
11	14	19	24	29	35	40	46	51	57	62		
12	15	20	26	31	37	42	48	54	60	66		
13	15	21	27	32	38	44	50	56	62	68		
14	16	22	28	34	40	46	52	58	64	70		
15	16	22	28	34	41	48	54	60	67	74		
16	17	23	30	36	43	49	56	63	70	77		
17	17	24	31	37	44	51	58	65	72	79		
18	18	25	31	38	45	52	60	67	74	81		
19	18	25	32	39	46	54	61	69	76	84		
20	19	26	33	40	48	56	63	70	78	86		
21	19	27	34	41	49	57	64	72	80	88		
22	20	27	35	42	50	58	66	74	82	90		
23	20	28	36	43	51	59	67	75	84	92		
24	21	28	36	44	52	60	68	77	85	94		
25	21	29	37	45	53	62	70	79	87	96		
26	22	29	38	46	54	63	71	80	89	98		
27	22	30	38	47	55	64	73	82	91	100		
28	22	31	39	48	56	65	74	83	92	101		
29	23	31	40	48	57	66	75	84	94	103		
30	23	32	40	49	58	67	77	86	95	104		
31	23	32	41	50	59	68	78	87	97	107		
32	24	33	42	51	60	70	79	89	99	108		
33	24	33	42	52	61	71	80	90	100	109		
34	24	34	43	53	62	72	81	91	101	110		
35	25	34	43	53	63	73	83	93	103	113		
36	25	35	44	54	64	74	84	94	104	114		
37	26	35	45	55	65	75	85	95	105	115		
38	26	36	45	55	66	76	86	96	106	116		
39	27	36	46	56	67	77	87	97	107	117		
40	27	37	47	57	68	78	88	98	108	118		
41	27	37	47	57	68	79	89	99	109	119		
42	27	37	48	58	69	80	91	102	113	124		
43	28	38	48	59	70	81	92	103	114	125		
44	28	38	49	60	71	82	93	104	115	126		
45	28	39	49	60	71	82	94	105	117	128		
46	28	39	50	61	72	83	95	106	118	130		
47	29	39	50	62	73	84	96	108	119	131		
48	29	40	51	62	74	85	97	109	121	133		
49	29	40	51	63	74	86	98	110	122	134		
50	30	41	52	63	75	87	99	111	123	135		
55	31	43	54	66	79	91	104	116	129	142		
60	32	45	57	69	82	95	108	121	135	148		
65	34	48	59	72	86	100	113	126	140	154		
70	35	48	61	75	89	103	117	131	146	160		
75	36	50	64	78	92	106	121	135	151	166		
80	37	51	65	80	95	110	125	140	155	171		
85	38	53	68	83	98	113	129	144	160	176		
90	40	54	70	85	101	116	132	149	165	181		
95	41	56	71	87	103	120	136	153	169	186		
100	42	57	73	89	106	123	140	157	174	191		

Estadística para los adscritos de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de los Andes

Tabla 7  
**Diferencias críticas absolutas de la suma de rangos para las comparaciones de todos los tratamientos a un nivel de significancia del 5%**

Pruebas	Número de muestras											
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
3	6	8	11	13	15	18	20	23	25	28		
4	7	10	13	15	18	21	24	27	30	33		
5	8	11	14	17	21	24	27	30	34	37		
6	9	12	15	19	22	26	30	34	37	42		
7	10	13	17	20	24	28	32	36	40	44		
8	10	14	18	22	26	30	34	39	43	47		
9	10	15	19	23	27	32	36	41	46	50		
10	11	15	20	24	29	34	39	43	48	53		
11	11	16	21	25	30	35	40	45	51	56		
12	12	17	22	27	32	37	42	48	53	58		
13	12	18	23	28	33	39	44	50	55	61		
14	13	18	24	29	34	40	46	52	57	63		
15	13	19	24	30	36	42	47	53	59	65		
16	14	19	25	31	37	42	49	55	61	67		
17	14	20	26	32	38	44	50	56	63	69		
18	15	20	26	32	39	45	51	58	65	71		
19	15	21	27	33	40	46	53	60	68	73		
20	15	21	28	34	41	47	54	61	69	75		
21	16	22	28	35	42	49	56	63	70	77		
22	16	22	29	35	43	50	57	64	71	79		
23	16	23	30	37	44	51	58	65	73	80		
24	17	23	30	37	45	52	59	67	74	82		
25	17	24	31	38	46	53	61	68	76	84		
26	17	24	32	39	46	54	62	70	77	85		
27	18	25	32	40	47	55	63	71	79	87		
28	18	25	33	40	48	56	64	72	80	89		
29	18	26	33	41	49	57	65	73	82	90		
30	19	26	34	42	50	58	66	75	83	92		
31	19	27	34	42	51	59	67	76	85	93		
32	19	27	35	43	51	60	68	77	86	95		
33	20	27	35	44	52	61	69	78	87	96		
34	20	28	36	44	53	62	71	79	89	98		
35	20	28	37	45	54	63	72	81	90	99		
36	20	29	37	45	55	63	73	82	91	100		
37	21	29	38	46	56	64	74	83	92	101		
38	21	29	38	47	56	65	75	84	94	103		
39	21	30	39	48	57	66	76	85	95	105		
40	21	30	40	48	57	67	76	86	96	105		
41	22	31	40	49	58	68	77	87	97	107		
42	22	31	40	49	59	69	78	88	99	109		
43	22	31	41	50	60	69	79	89	99	110		
44	22	32	41	51	60	70	80	90	101	111		
45	23	32	41	51	61	71	81	91	102	112		
46	22	32	42	52	62	72	82	92	103	114		
47	23	33	42	52	62	72	83	93	104	115		
48	23	33	43	53	63	73	84	94	105	116		
49	24	33	43	53	64	74	85	95	106	117		
50	24	34	44	54	64	75	85	96	107	118		
55	25	35	46	56	67	78	90	101	112	124		
60	26	37	48	59	70	82	94	105	117	130		
65	27	38	50	61	73	85	97	110	122	135		
70	28	40	52	64	76	88	101	114	127	140		
75	29	41	53	66	79	91	105	118	131	145		
80	30	42	55	68	81	94	108	122	136	150		
85	31	44	57	70	84	97	111	125	140	154		
90	32	45	58	72	86	100	114	129	144	159		
95	33	46	60	74	88	103	118	133	148	163		
100	34	47	61	76	91	105	121	136	151	167		