



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

DESARROLLO DE UNA FORMULACIÓN DE PASTA PARA
LASAÑA A BASE DE HARINA DE AMARANTO PARA
MEJORAR SU CALIDAD NUTRIMENTAL

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERA EN ALIMENTOS

PRESENTA:

KAREN TORRES ROBLEDO

ASESOR: DR. ENRIQUE MARTÍNEZ MANRIQUE

COASESOR: I.A. VERÓNICA JIMÉNEZ VERA

CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO, 2014



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTO APROBATORIO



M. en C. JORGE ALFREDO CUELLAR ORDAZ
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE

ATN: M. EN A. ISMAEL HERNÁNDEZ MAURICIO
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán.

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos a comunicar a usted que revisamos el: Trabajo de Tesis

Desarrollo de una formulación de pasta para lasaña a base de harina de amaranto para mejorar su calidad nutricional

Que presenta la pasante: Karen Torres Robledo

Con número de cuenta: 407063105 para obtener el Título de: Ingeniera en Alimentos

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 06 de agosto de 2014.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	Dra. María de los Angeles Cornejo Villegas	
VOCAL	I.B.Q. Saturnino Maya Ramírez	
SECRETARIO	Dr. Enrique Martínez Manrique	
1er. SUPLENTE	Dra. Carolina Moreno Ramos	
2do. SUPLENTE	Dr. Omar Reyes Martínez	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).

HMI/iac

Dedicatoria

A mis papás.

Este triunfo es tan suyo, como mío.

Agradecimientos

A mis papás:

Mami, las palabras no me alcanzan para agradecerte todo lo que has hecho por mí, gracias por ser mi soporte, mi apoyo, mi impulso, gracias, por tu cariño, tu comprensión, tu paciencia conmigo, todas tus atenciones, por soportar mi estrés, por tus consejos, por siempre impulsarme a cumplir mis sueños, a nunca desistir y siempre llegar más alto; tú sabes lo que he pasado para llegar a cumplir mi meta, mi sueño, porque has estado siempre a mi lado durante muchas alegrías, tristezas, frustración, logros, y mucho aprendizaje, hoy concluyo esta etapa, en la cual sin ti nada de esto sería posible. ¡Gracias mami!

Papá, porque siempre has compartido tus conocimientos y experiencias con nosotros, por transmitirme el gusto por el saber y conocer más, porque si soy ingeniera es en gran parte a tu ejemplo, mi papá I.Q., por impulsarme a lograr siempre lo que me propongo y sobre todo por tu apoyo en todo momento, siempre voy a tener presente tu frase “La vida no es fácil, pero es un placer vivirla haciendo lo que más te gusta”. ¡Gracias Papá!

A mis hermanos:

Melissa, mi diseñadora creativa, por tus consejos, tu apoyo, por ayudarme a creer en mis habilidades, por el apoyo gráfico, porque en los momentos de estrés buscabas la manera de hacerme reír, por compartir conmigo tu visión diferente de las cosas y así ayudarme a mejorar y hacer más completas mis ideas.

Adolfo, mi pequeño ingeniero, por compartir conmigo tu opinión, tus conocimientos, por impulsarme a seguir adelante y no darme por vencida, por ayudarme a ver que siempre hay muchas alternativas para resolver los problemas y que debo ser persistente para lograr lo que quiero conseguir y, de igual manera, te agradezco por los momentos de risas juntos, y por los ánimos que me dabas para seguir con todo hasta el final.

A mi persona especial:

Julio, sabes que esta etapa de mi vida tuvo muchas subidas y bajadas, pero durante todo el desorden y reacomodo si algo fue constante, fue tu presencia en las buenas, malas, mejores y peores; y tu apoyo incondicional. Gracias por tu paciencia, tu amor, por ser mi cómplice de algunas historias estudiantiles, por ayudarme en cosas que ni entendías pero investigabas y juntos aprendíamos, porque involucrarte y ayudarme en este trabajo como en otros, puliéndolo con lo gráfico y otros detalles, gracias, por no dejarme caer, por creer en mí, y alentarme a seguir adelante, luchar por mis sueños y no desesperarme. Eres mi constante “J” para el equilibrio, por eso yo deduzco que JK2g4e=LyJ.

A mis amigos:

Porque durante todo este proceso hay personas que siempre han hecho que la vida sea más genial con su compañía, por compartir conmigo tantas experiencias y tanto aprendizaje, que aunque no estén todo el tiempo a mi lado buscan la manera de interactuar conmigo y saber sobre mi persona, a ustedes también les digo “**Gracias**”.

A los que han estado desde hace mucho tiempo en mi vida, **Vere y Frida**.

A los que se han integrado a lo largo de mi etapa universitaria, **Queridas Susan, Carito, Miri y Lauris; Queridos Héctor y Toño**.

A mis amigos y compañeros del taller de cereales con los que compartí momentos increíbles, y que hicieron de esta experiencia algo genial.

Especialmente a mi amiga Bff **Karina**, porque juntas pasamos por esta etapa, y su apoyo, confianza, sus ánimos para salir adelante, su paciencia hacia mí, fueron claves durante el desarrollo de este trabajo. Gracias, por compartir conmigo infinidad de buenos momentos y por esta genial amistad.

A mis asesores:

El Dr. **Enrique Martínez Manrique** y la I.A **Verónica Jiménez Vera**.

A mis sinodales:

Por el tiempo invertido en la revisión de mi tesis, y por sus consejos para mejorarla.

Dra. María de los Ángeles Cornejo Villegas

I.B.Q Saturnino Maya Ramírez

Dra. Carolina Moreno Ramos

Dr. Omar Reyes Martínez

Reconocimientos

Trabajo realizado con el apoyo del programa UNAM-DGAPA-PAPIME, clave
PE200113

Índice

Índice	I
Índice de figuras	V
Índice de tablas	VI
Resumen	1
Introducción	2
1. Antecedentes	5
1.1 Trigo	5
1.1.1 Generalidades	5
1.1.2 Estructura y composición química del grano de trigo	6
1.1.2.1 Estructura del grano de trigo	6
1.1.2.2 Composición química del grano de trigo	7
1.1.3 Consumo y producción	9
1.1.4 Productos elaborados con trigo	10
1.2 Amaranto	12
1.2.1 Generalidades	12
1.2.2 Estructura y composición química del grano de amaranto	14
1.2.2.1 Estructura de grano de amaranto	14
1.2.2.2 Composición química del grano de amaranto	15
1.2.3 Producción en México	17
1.2.4 Productos elaborados con amaranto	18
1.3 Pastas alimenticias	19
1.3.1 Generalidades	19



1.3.2	Materias primas para elaborar una pasta	20
1.3.3	Tipos de pasta	22
1.3.4	Proceso de elaboración de las pastas	23
1.3.5	Pastas planas	25
2.	Materiales y métodos	27
2.1	Objetivos	27
2.2	Cuadro metodológico	28
2.3	Obtención de la materia prima	29
2.4	Análisis químico proximal de la harina integral de amaranto y la sémola de trigo	29
2.4.1	Determinación de Humedad	29
2.4.2	Determinación de Extracto etéreo	30
2.4.3	Determinación de Proteína	30
2.4.4	Determinación de Cenizas	31
2.4.5	Determinación de Fibra cruda	31
2.4.6	Determinación de Carbohidratos	32
2.5	Elaboración de la pasta de sémola de trigo (pasta control)	32
2.6	Formulaciones propuestas para la elaboración de la pasta para lasaña de harina de amaranto y sémola de trigo.	32
2.7	Análisis químico proximal de las pastas de amaranto-sémola de trigo, control y comercial	34
2.8	Pruebas de calidad física y culinaria de las pastas de amaranto-sémola de trigo, control y comercial	34
2.8.1	Calidad culinaria	34

2.8.1.1	Tiempo óptimo de cocción	34
2.8.1.2	Porcentaje de sedimentación	35
2.8.1.3	Índice de tolerancia al cocimiento	35
2.8.2	Calidad física	36
2.8.2.1	Grado de absorción	36
2.8.2.2	Volumen de la pasta seca	36
2.8.2.3	Volumen de la pasta cocida	37
2.8.2.4	Grado de hinchamiento	37
2.9	Prueba sensorial de preferencia (formulaciones amaranto-sémola de trigo)	38
2.10	Determinación de calidad nutrimental de la pasta seleccionada de amaranto-trigo y la pasta control	38
2.10.1	Determinación colorimétrica de triptófano	38
2.10.2	Digestibilidad <i>in vitro</i>	39
2.10.3	Perfil de aminoácidos	39
2.11	Prueba sensorial de nivel de agrado	40
2.12	Análisis estadístico	40
3.	Resultados y Discusión	41
3.1	Análisis químico proximal de las materias primas	41
3.2	Formulaciones propuestas para elaborar pasta para lasaña	42
3.3	Análisis químico proximal de las pastas para lasaña de amaranto- sémola de trigo, control y comercial	43

3.4 Pruebas de calidad física y culinaria de las pastas para lasaña de harina de amaranto, control y comercial	46
3.5 Prueba sensorial de preferencia de las pastas con de harina de amaranto y sémola de trigo	48
3.6 Pruebas de calidad nutrimental	50
3.6.1 Determinación espectrofotométrica de triptófano	50
3.6.2 Digestibilidad <i>in vitro</i>	51
3.6.3 Perfil de aminoácidos	51
3.7 Prueba sensorial de nivel de agrado	52
Conclusiones	56
Recomendaciones	57
Referencias	58
Anexo 1	63
Anexo 2	66

Índice de Figuras

Figura 1. Estructura del grano de trigo	6
Figura 2. Producción de trigo en México en el año 2011	10
Figura 3. Diferentes especies de amaranto 1) <i>A. hypochondriacus</i> , 2) <i>A. caudatus</i> , 3) <i>A. cruentus</i>	13
Figura 4. Micrografía del grano amaranto	14
Figura 5. Principales estados productores de amaranto en México	18
Figura 6. Diagrama de proceso de elaboración de una pasta para lasaña a base de harina integral de amaranto y sémola de trigo	33

Índice de tablas

Tabla 1. Composición química del trigo	8
Tabla 2. Porcentaje de los constituyentes químicos del trigo en sus principales partes morfológicas	9
Tabla 3. Contenido de proteína del amaranto (g/100g parte comestible) comparado con los principales cereales	16
Tabla 4. Composición química de la semilla de amaranto (por 100 g. de parte comestible y en base seca)	17
Tabla 5. Clasificación de pastas según su formato	23
Tabla 6. Formulaciones de pasta para lasaña	33
Tabla 7. Análisis químico proximal de la sémola de trigo y harina de amaranto	41
Tabla 8. Formulaciones con las que se elaboró pasta para lasaña	43
Tabla 9. Resultados del análisis químico proximal de las pastas para lasaña a base de harina de amaranto, control y comercial	44
Tabla 10. Resultados de las pruebas de calidad física y culinaria de las pastas	46
Tabla 11. Resultados de la prueba sensorial de preferencia	49
Tabla 12. Resultados de la prueba de determinación de triptófano	50
Tabla 13. Resultados de la prueba de Digestibilidad <i>in vitro</i>	51
Tabla 14. Resultados del perfil de aminoácidos de la pasta 70% de harina de amaranto y pasta control	53

Tabla 15. Comparación de los valores del perfil de requerimientos de aminoácidos FAO/OMS con los valores de la pasta de harina integral de amaranto	54
Tabla 16. Resultados de la prueba de nivel de agrado	55

Resumen

Considerando la importancia de la buena alimentación para la salud y en la búsqueda de una opción novedosa con ingredientes de origen vegetal, que aporten proteínas y mejoren la calidad nutrimental del alimento, se planteó el siguiente objetivo: Desarrollar una pasta para lasaña de harina integral de amaranto, sémola de trigo y gluten para mejorar su calidad nutrimental comparada con una pasta para lasaña de sémola de trigo. Se propusieron diferentes formulaciones para elaborar la pasta de harina de amaranto, sémola de trigo y gluten; también se elaboró una pasta control (100% de sémola de trigo), y se compró una pasta para lasaña comercial. A las pastas con harina de amaranto (50, 60 y 70%) se les realizaron las pruebas de: químico proximal, calidad física y culinaria, y prueba sensorial de preferencia, para seleccionar la formulación de pasta para lasaña de harina de amaranto con las mejores características comparada con las pastas control y comercial. A la pasta seleccionada (70 % harina de amaranto) y a la pasta control se les realizaron pruebas de perfil de aminoácidos, determinación de triptófano y digestibilidad *in vitro*. Y mediante una prueba sensorial se determinó el nivel de agrado de la pasta seleccionada. Las formulaciones de 50, 60 y 70% de harina de amaranto, demostraron un aumento en el valor de las proteínas, grasa y cenizas comparadas con la pasta control y la pasta comercial; en las pruebas de calidad física y culinaria las pastas con mejor calidad fueron la control y la comercial, pero las pastas con amaranto fueron aceptables. En la prueba sensorial de preferencia se seleccionó la pasta con 70% de harina de amaranto. Con los datos obtenidos se eligió la pasta con 70% de harina de amaranto como la de mejores características. En la prueba de perfil de aminoácidos, la pasta seleccionada tuvo mayor cantidad de lisina (3.18 g a.a/100g proteína), comparada con la pasta control (1.5 a.a/100g proteína) y en la prueba de digestibilidad *in vitro* fueron estadísticamente iguales ($P \leq 0.05$). En la prueba sensorial de nivel de agrado tuvo un 72% de aceptación. La pasta seleccionada sí mejoró su calidad nutrimental con respecto a la elaborada con trigo.

Palabras clave: amaranto, sémola de trigo, pasta para lasaña.

Introducción

El trigo es uno de los cereales más consumidos por el ser humano. En México, el trigo representa el 21% del consumo de granos básicos, ubicado en el segundo lugar después del maíz, con 52 kg de consumo per cápita por año (Agro síntesis, 2012). Los trigos se clasifican con base en diferentes características, por ejemplo, la clasificación de los trigos mexicanos se basa en la funcionalidad del gluten, y de acuerdo a esta, el trigo *durum* es apto para la industria de pastas y sopas (Consejería Comercial de México en Italia, 2007).

Pasta es el término que se emplea en italiano para designar a la “masa” (Kill y Turnbull, 2001). Las pastas alimenticias son alimentos que se consiguen fácilmente en el mercado y que pueden aportar una gran cantidad de energía al cuerpo humano (Contreras, 2011). La pasta se elabora casi universalmente con el producto de la molienda del trigo duro: La sémola, la cual su tamaño de partícula debe ser menor a los 350 μm , para que exista un mejor mezclado durante su elaboración y una mayor absorción de agua durante su cocimiento. La sémola tiene dos componentes que son de vital importancia en la elaboración de la pasta y en la preparación culinaria de la misma: Las proteínas del gluten y el almidón. siendo la fuerza del gluten el principal factor en la calidad de la pasta cocida (Van Lit, 1999).

Dentro de las pastas alimenticias se encuentra la pasta para lasaña, que se clasifica como una pasta laminada (Acosta, 2007). Esta pasta es consumida principalmente por la población de clase media, en la cual se pueden ver los graves problemas de mala nutrición en los niños y adultos, por exceso de carbohidratos y grasas dañinas en la dieta (IPO, 2012); además la sémola de trigo que se usa para elaborar la pasta es de baja calidad nutrimental, por estar formada básicamente por almidón y proteína baja en aminoácidos esenciales (Flores, 2011), por eso sería interesante mejorarla al mezclarla con harina de otros granos con mejor calidad nutrimental como el amaranto.

El amaranto pertenece a la familia *Amaranthaceae* y al género *Amaranthus*. Según criterios de la Food and Agriculture Organization (FAO), la Organización Mundial de la Salud (OMS) y otras instituciones internacionales, se considera al amaranto como un alimento de excelente calidad proteica, ya que se asemeja a la proteína ideal propuesta por la FAO y tiene una digestibilidad similar a la de la leche (Contreras, 2011). El amaranto, posee abundante lisina, este aminoácido esencial está en baja proporción en los demás cereales como el trigo (Amaranto Alimento del Futuro, 2000). Por eso, si el amaranto se mezcla con trigo, se puede lograr un alimento rico en proteína de buena calidad (Flores, 2011). Además, el amaranto aporta gran cantidad de fibra y minerales como el calcio, y ácidos grasos esenciales como el oleico, linoleico y otros lípidos, como el escualeno (Contreras, 2011).

Los productos a base de pasta se elaboran con frecuencia con trigo o sémola de trigo; pero también se han desarrollado productos utilizando materiales de derivados de otros cereales, legumbres o de otros productos vegetales; estos productos pueden tener mejor calidad nutritiva que las pastas de trigo duro, pero al igual que la mayoría de los productos vegetales son bajos en lisina (Dendy, 2001), aminoácido que se presenta en mayor contenido en el amaranto. Es por eso que, en este trabajo se propone desarrollar una formulación de pasta para lasaña de harina integral de amaranto, sémola de trigo y gluten para mejorar su calidad nutrimental comparada con una pasta comercial de sémola de trigo; para ello se analizarán químicamente las materias primas, como lo es la sémola de trigo y la harina de amaranto, para saber las proporciones en las que se encuentran los distintos componentes en cada una de ellas, y cuál puede ser el posible aporte de la harina de amaranto en el producto final. También se propondrán formulaciones con diferentes proporciones de harina de amaranto, a las cuales se les realizarán análisis químico proximal, pruebas de calidad física y calidad culinaria, y una prueba sensorial de preferencia; para elegir una formulación que tenga las mejores características analizadas, comparadas con una pasta comercial y una

pasta control elaborada con sémola de trigo. La pasta seleccionada con las mejores características será sometida a pruebas como perfil de aminoácidos, determinación de triptófano y digestibilidad *in vitro* comparándola con la pasta control. También, la pasta seleccionada será evaluada sensorialmente con una prueba de nivel de agrado, para saber si es aceptada por el consumidor.

1. Antecedentes

1.1 Trigo

1.1.1 Generalidades de trigo

La planta del trigo y las peculiares propiedades del grano que produce se conocen desde hace muchos miles de años (Kill y Turnbull, 2001). La palabra “trigo” proviene del vocablo latino *triticum*, que significa ‘quebrado’, ‘triturado’ o ‘trillado’, haciendo referencia a la actividad que se debe realizar para separar el grano de trigo de la cascarilla que lo recubre (SAGARPA, 2011). Todos los trigos silvestres y cultivados pertenecen al género *Triticum* y son, con toda probabilidad, el grupo más importante económicamente dentro de la gran familia de las herbáceas o *Gramineae (Poaceae)*. Todos los miembros tienen una o más espigas floreadas que son sésiles y forman espigas (Kill y Turnbull, 2001).

Existe una cantidad enorme de variedades de trigo, que se reducen a dos especies: el *Triticum durum* y *Triticum aestivum o vulgare* (SAGARPA, 2011).

- El trigo *Triticum aestivum* es blando y es el más difundido; la cariósida (la semilla) tiene un aspecto vítreo cuando se fragmenta, opaca en el borde y harinosa en el centro. Prefiere climas que van de cálidos a templados.
- El trigo *Triticum durum* es duro y está menos difundido y prefiere climas de cálidos a secos, presenta una cariósida uniformemente vítrea, translúcida y córnea. Su contenido en gluten es más rico que el del trigo blando. Se emplea fundamentalmente en la fabricación de pastas y sopas (Dendy, 2001).

El trigo es uno de los tres cereales más producidos globalmente, junto al maíz y el arroz, (Dendy, 2001) y el más ampliamente consumido por el hombre en la civilización occidental desde la antigüedad. El grano del trigo es utilizado para

hacer harina refinada, harina integral, sémola y una gran variedad de productos y subproductos alimenticios. (Forero, 2000)

1.1.2 Estructura y composición química del grano de trigo

1.1.2.1 Estructura del grano de trigo

Los granos de trigo son carióspsides que presentan forma ovalada con sus extremos redondeados, está formado de cuatro partes principales (Figura 1) (Hoseney, 1998):

- El germen sobresale en uno de los extremos y en el otro hay un mechón de pelos. el 3% del grano de trigo duro y casi el 2,5% del trigo blando está formado por el germen, la parte de la cual se origina la nueva planta. Contiene un gran número de enzimas, proteínas, vitaminas, sales minerales y aceite muy rico en vitamina E, una capa permeable lo separa del endospermo. Esta parte del grano, pequeña pero importante, se elimina en los procesos de refinado para obtener la harina blanca.
- El endospermo es el resto del grano, es un depósito de alimentos para el embrión, representa el 82% del peso del grano. carece de vitaminas y de sales minerales, pero es rico en hidratos de carbono (almidón) y una importante cantidad de proteínas con cuya mezcla se forma el gluten.
- El pericarpio y la testa, junto con la capa de aleurona, forman el salvado de trigo. En el cereal sin refinar se consumen íntegramente, mientras que en los diversos procesos de elaboración para obtener la harina se eliminan. Juntos constituyen aproximadamente el 8% del grano de trigo duro y el 12% aproximadamente en el blando.

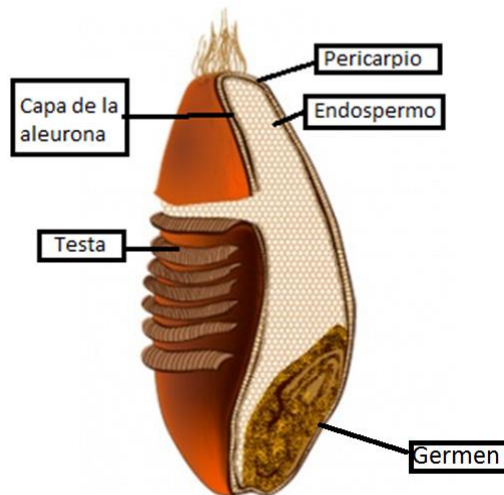


Figura 1. Estructura del grano de trigo
Fuente: Martínez, 2012

1.1.1.2 Composición química del grano de trigo.

El grano maduro del trigo está formado por (tabla 1): hidratos de carbono, (fibra cruda, almidón, maltosa, sucrosa, glucosa, pentosanos, galactosa y rafinosa), compuestos nitrogenados (principalmente proteínas: albúmina, globulina, prolamina y glutelinas), lípidos (ácidos grasos: mirístico, palmítico, esteárico, palmitooleico, oleico, linoléico), sustancias minerales (Potasio, Fosforo, Azufre, Cloro) y agua junto con pequeñas cantidades de vitaminas (inositol, colina y del complejo B), enzimas (Beta amilasa, celulasa, glucosidasas) y otras sustancias como pigmentos.

Estos nutrientes se encuentran distribuidos en las diversas áreas del grano de trigo, y algunos se concentran en regiones determinadas (Quaglia, 1991).

Carbohidratos: El 72% del peso de la cariósida del trigo está constituida por carbohidratos (Quaglia, 1991).

Proteínas: La porción proteica del grano de trigo está localizada en el

endospermo, embrión y germen. Hay varios tipos de proteínas, albuminas, globulinas y las que constituyen el gluten (gluteninas y gliadinas). Esta proteína de reserva del trigo es única. Cuando la harina es mezclada con agua en ciertas proporciones se forma una masa elástica coloidal llamada gluten. Inicialmente el gluten existe en la masa en una condición semejante a la de un resorte, lo cual proporciona un comportamiento elástico. Esta característica de la harina de trigo no se encuentra en otros granos de cereales (Badui, 2001).

Lípidos: Los lípidos están solo en pequeños porcentajes en la composición química del trigo (1.5-2%) y están localizados principalmente en el germen. Los componentes lipídicos más importantes son los glicéridos, los fosfolípidos y los teroles (sitosterol y campisterol); el germen es particularmente rico en tocoferol que es la vitamina E. En la composición de ácidos grasos de los glicéridos y de los fosfolípidos, sobresalen los ácidos grasos insaturados como el ácido oleico y el linoleico (Quaglia, 1991).

Tabla 1. Composición química del trigo.

Constituyente	Contenido (g/100 g muestra)
Humedad	12
Proteína	12
Lípidos	2
Cenizas	2
Fibra	2
Carbohidratos	70

Fuente: Prieto *et al*, 2005.

En la tabla 2, se muestran los componentes químicos y el porcentaje de estos nutrimentos, en las partes morfológicas del trigo

Tabla 2. Porcentaje de los constituyentes químicos del trigo en sus principales partes morfológicas (valores dados en base a 13% de humedad).

Parte del grano	Proteína	Grasa	Cenizas	Fibra	Carbohidratos
Grano entero	12	1.6	1.8	21	63.6
Pericarpio	8.5	0	8.5	43.5	39.5
Testa y capa hialina	17.5	0	13	13	56.5
Capa de la aleurona	28	9	14	5.5	43.5
Endospermo externo	19	4.8	1.2	0.3	74.7
Endospermo interno	10.5	1.8	0.5	0.3	86.9
Embrion y escutelo	29	19	6.5	3	42.5

Fuente: Rivera y Romero, 1996.

1.1.3 Consumo y producción

El trigo generalmente es molido como harina para su uso. Un gran porcentaje de la producción total de trigo es utilizada para el consumo humano en la elaboración de pan, galletas, pasteles y pastas, otro tanto es destinado a la alimentación animal y el restante se utiliza en la industria o como simiente (semilla); también se utiliza para la preparación de aditivos para la cerveza y otros licores (Quaglia, 1991).

La producción total mexicana de trigo durante la década final del siglo XX (1991-2000) fue de 35.7 millones de toneladas, concentrándose en los estados de Sonora, Guanajuato, Baja California, Sinaloa, Michoacán y Jalisco (Figura 2).

En el territorio nacional se distinguen las regiones Noroeste y Bajío por su alta producción de trigo, siendo los principales estados productores Sonora, Sinaloa, Baja California, Guanajuato, Michoacán, Tlaxcala y Jalisco. La Región Noroeste aporta en promedio el 55% de la producción nacional del cereal y el Bajío el 28%, lo que conjuntamente representa más de las tres cuartas partes del total nacional (SAGARPA, 2011).

El trigo posee un alto grado de comercialización, por lo que el autoconsumo no es

significativo. Este cereal requiere, para su consumo humano un proceso previo de transformación que da como resultado la producción de harina, que es utilizada como materia prima en algunas industrias, que la transforman cocinada a productos masivos terminales (Quaglia, 1991).

Por lo anterior, la mayor demanda del cereal en nuestro país la tiene la industria harinera, la que a su vez provee de materia prima a los fabricantes de la industria del pan, en donde la calidad del producto es determinada por la cantidad y la calidad de la proteína del grano (SAGARPA, 2011).

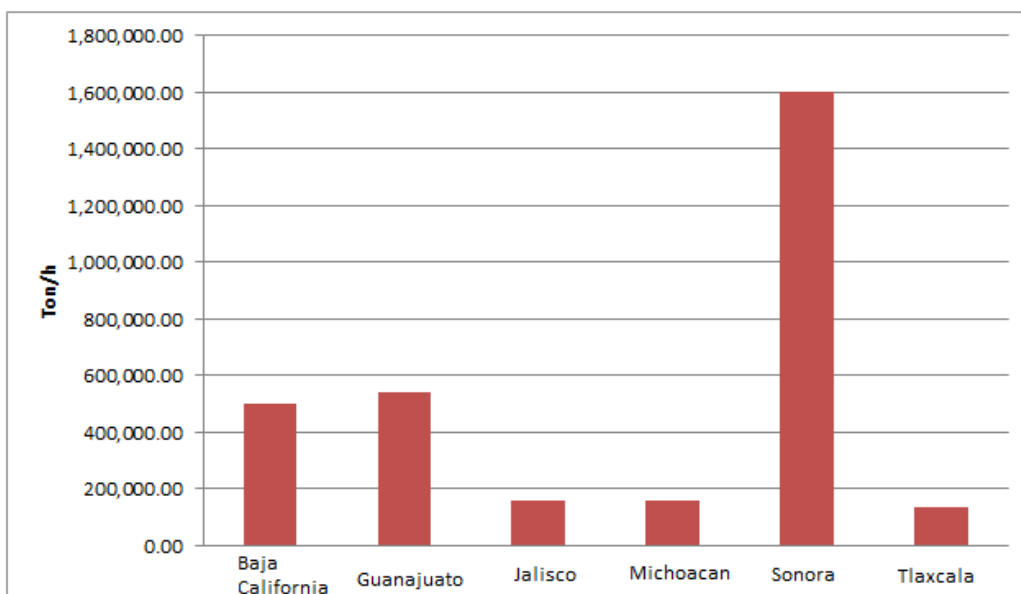


Figura 2. Producción del trigo en México en el año 2011.
Fuente: SAGARPA, 2011

1.1.4 Productos elaborados con trigo

El trigo generalmente es transformado en harina refinada, harina integral, sémolas y semolinas, y éstas son destinadas principalmente a la fabricación de pan, galletas, pasteles, tortillas, pastas para sopa y otros productos. El trigo de menor calidad se utiliza para la elaboración de bebidas alcohólicas y alimentación animal. Igualmente los subproductos de la molienda (salvado, salvadillo, etc.) se utilizan

como alimento forrajero, o para la elaboración de otros alimentos humanos con alto contenido de fibras (de Villafaña, 2010).

Las pastas para sopa, elaboradas con harina de trigo son un alimento muy popular en la sociedad debido a su bajo costo, y a que es muy fácil adquirirlas, este tipo de alimento ofrece una gran variedad de presentaciones para ser consumido, e incluso puede ser la base de algunos platillos (de Villafaña, 2010); México tiene un consumo per cápita de 2.7 kilogramos de pasta, siendo la sopa de fideo en la presentación de 200 gramos la preferida por los mexicanos. Este consumo es bajo en comparación con otros países, como Italia, lo cual representa una oportunidad de crecimiento para esta industria (Rodríguez, 2012).

Si bien México es el décimo productor de pasta a nivel mundial, el consumo de este producto a nivel nacional aún está por debajo de países como Italia, que es el mayor consumidor con 30 kilos per cápita, Venezuela (12 kg) y Chile (8.4 kg) y Perú (8.2 kg). Seis empresas fabrican el grueso de la producción de pasta en México -entre ellas La Moderna, Barilla, Cuetara y Laziali-, que asciende a 330,000 toneladas anuales, 80% de las cuales se destinan para consumo interno y 20% se exportan a Estados Unidos, Centroamérica, Sudamérica y África. Este sector consume 460,000 toneladas de trigo al año, el cual se produce en Guanajuato, Jalisco, Baja California, Sonora y Chiapas. (Rodríguez, 2012).

El trigo es el cereal más adecuado para la elaboración de pasta, sus proteínas tienen la capacidad de interactuar entre ellas para formar el gluten y con otros componentes como los lípidos, para formar complejos de lipoproteínas viscoelásticas, que contribuyen al desarrollo de la masa y previenen la disgregación de la pasta durante la cocción en agua caliente. Sin embargo, la pasta de trigo es un alimento nutricionalmente no balanceado, debido a su escaso contenido de grasa y fibra dietética, y al bajo valor biológico de su proteína, originado por las deficiencias de lisina (Astaiza, 2010). Para compensar estas deficiencias en las propiedades nutricionales de la pasta de trigo, la sémola de

trigo puede ser combinada con la harina de otros granos, para que complementen al trigo y se obtenga un valor nutricional satisfactorio; un grano que puede elevar la calidad de una pasta al combinarse con la sémola de trigo, es el amaranto, ya que este grano tiene un alto porcentaje de lisina en sus proteínas (aminoácido limitante en trigo), ácidos grasos esenciales, alto contenido de minerales y fibra y bajo porcentaje de carbohidratos (Soteras, 2011).

1.2. Amaranto

1.2.1 Generalidades

El amaranto es conocido también como kiwicha, sangorache, ataco o quinua de castilla. Era consumido por los incas, aztecas y otras culturas precolombinas en iguales cantidades que algunos cereales como el maíz constituyéndose en un alimento esencial en la dieta de los seres humanos; sin embargo poco a poco fue desapareciendo de los campos por cuestiones religiosas (Tosi *et al.*, 2001).

Se afirma que este cultivo soporta condiciones adversas como la sequía, el calor y el ataque de plagas, siendo además capaz de adaptarse a nuevos ambientes que son poco favorables para otros cultivos (Tosi *et al.*, 2001).

Es un cultivo altamente eficiente que presenta un rápido crecimiento y habilidad de producir gran cantidad de biomasa en espacios reducidos (Guillen-Portal *et al.*, 1999).

Sólo tres especies de amaranto se utilizan actualmente para la producción de grano: *A. cruentus* L., *A. caudatus* L. y *A. hypochondriacus* L. Se caracterizan por ser especies anuales, herbáceas o arbustivas de diversos colores que van del verde al morado o púrpura con distintas coloraciones intermedias (Figura 3) (Chagaray, 2005).

Las especies cultivadas (Figura 3) y sus posibles lugares de origen son:

- a) *A. hypochondriacus* en el noreste y centro de México.

- b) *A. cruentus* en el sureste de México y centroamérica.
c) *A. caudatus* de los Andes.



Figura 3. Diferentes especies de amaranto 1. *A. hypochondriacus*, 2 *A. caudatus*, 3. *A. cruentus*.
Fuente: Modificado de Chagaray, 2005

La clasificación botánica del amaranto es la siguiente:

- Reino: Vegetal
- División Fanerogama
- Clase: Dicotiledoneae
- Subclase: Archyclamidaeae
- Orden: Centrospermales
- Familia: Amaranthaceae
- Género: Amaranthus

El amaranto es denominado un pseudocereal; porque sus semillas son como las de los cereales, ricos en materiales harinosos pero pertenecen a las dicotiledóneas, que son plantas con hojas embrionarias o cotiledones en sus semillas; son distintas a las monocotiledoneas gramíneas (llamadas cereales verdaderos) como el arroz, el sorgo, el maíz y el trigo. Como estas dicotiledóneas no contienen gluten, son fácilmente digeribles, lo que ha provocado un auge en el consumo de estos alimentos en los últimos años, sobre todo en países europeos

donde es mayor la incidencia de la enfermedad celíaca (intolerancia al gluten) (De la Cruz, 2010).

1.2.2 Estructura y composición química del grano de amaranto

1.2.2.1 Estructura del grano de amaranto

El tamaño de la semilla varía de 1.1 a 1.4 mm de largo por 1.0 a 1.3 mm de ancho, tamaño que es muy pequeño comparado con el del frijol o trigo (Soteras, 2011). Las semillas contienen una sola capa de testa y una de tegumento formada por las células con engrosamientos en forma de estrías; la cutícula constituye la cubierta protectora del embrión. El embrión (Figura 4) es de forma circular con las puntas de la raíz tocando el extremo de los cotiledones. Las células del embrión varían en tamaño y forma y aparecen heterogéneas en el contenido celular. Algunas células de pared delgada del parénquima contienen reservas en forma de cuerpos esféricos de naturaleza proteínica, incrustados en una matriz esponjosa que tiene propiedades típicas de lípidos. El centro de la semilla se denomina perispermo (Figura 4) y es el tejido principal de almacenamiento, consiste de células de parénquima llenas de gránulos de almidón poliédricos. La mayor parte de las proteínas de reserva se encuentran contenidas en cuerpos proteícos de aproximadamente 1.5 a 2 micrómetros de diámetro en el embrión y de menor tamaño en el endospermo (Paredes *et al.*, 1990). En la figura 4 se pueden apreciar las características del grano de amaranto.

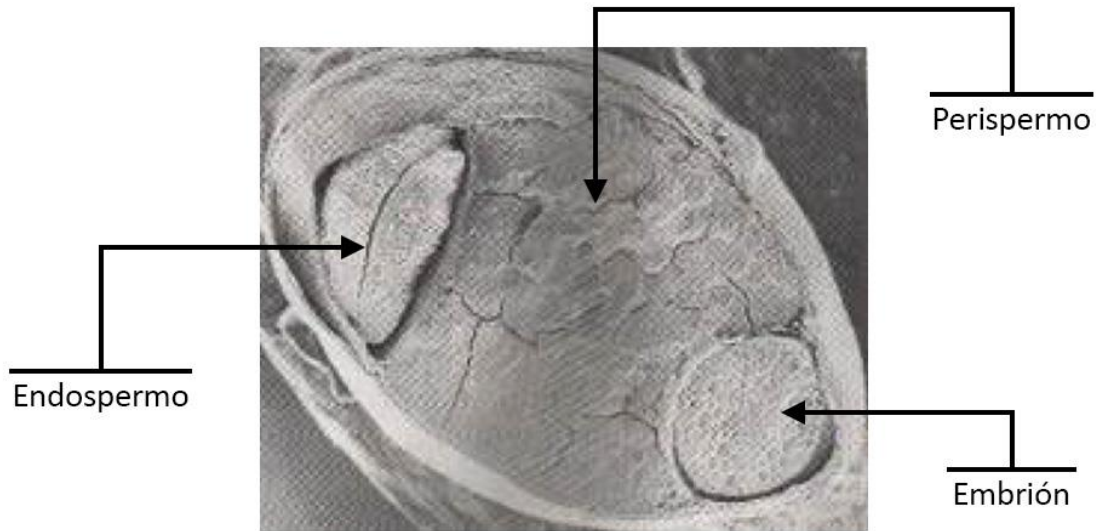


Figura 4. Micrografía del grano de amaranto.
Fuente: Paredes *et al.*, 1990.

1.2.2.2 Composición química del grano de amaranto

La calidad nutrimental del amaranto es muy buena como se puede apreciar por las siguientes razones:

- El contenido de proteínas del grano de amaranto es de 12-19%, mayor al que presenta el trigo, el arroz y el maíz (Tabla 3) (Tosi *et al.*, 2001).

Tabla 3. Contenido de proteína del amaranto comparado con los principales cereales (g/100 g parte comestible)

Cultivo	Proteína (g/100g de muestra)
Amaranto	12-19
Cebada	9,5 – 17
Maíz	9-10
Arroz	7-10
Trigo	12-14

Fuente: Tosi *et al.*, 2001.

- Con un contenido de proteína cercano al 16% el amaranto presenta un apreciable valor biológico (Tabla 4) ya que sus proteínas contienen en buena proporción aminoácidos esenciales, como son la lisina, valina, metionina, fenilalanina y treonina (Becker, 1989).
- Posee altos niveles de minerales (Tabla 4) como el calcio (130-164 mg/100 g), fósforo (530 mg/100 g), potasio (800 mg/100 g) (FAO, 1997).
- La harina de amaranto tiene de 6.1-8.1% de lípidos (Tabla 4), de los cuales el 75.4% son de ácidos grasos insaturados. Los lípidos están compuestos por un 33.6% de ácido oleico, 33.4% de ácido linoleico y 19.1% de ácido palmítico (Escudero *et al*, 2004).
- El amaranto tiene alto contenido de fibra, esto puede deberse a que el grano una vez cosechado, sigue manteniendo la cascarilla, lo que aumenta la cantidad de fibra insoluble por lo que la fibra dietética también aumenta; esto es importante porque, la principal función de la fibra insoluble es la del barrido intestinal, además de reducir la cantidad de colesterol en la sangre, evitando problemas cardiovasculares, cáncer de colon y estreñimiento. (Kritchevsky y Bonfield, 1998).

Tabla 4. Composición química de la semilla de amaranto (por 100 g de parte comestible y en base seca)

Constituyente	Contenido (g/100g de muestra)
Proteína	12 - 19
Lípidos	6.1 - 8.1
Fibra	3.5 - 5
Cenizas	3.0 - 3,3
Carbohidratos	64.1 – 71.8

Fuente: FAO, 1997

1.2.3 Producción en México

Las zonas de producción y cultivo de amaranto son las mismas de la época precolombina (figura 5). Puebla es el mayor productor de amaranto en México con el 51% de la producción total nacional. Le sigue Morelos, Tlaxcala, el Distrito Federal, el Estado de México y Guanajuato con el 22, 18, 9, 6 y 2%, respectivamente. (AMA, 2003).

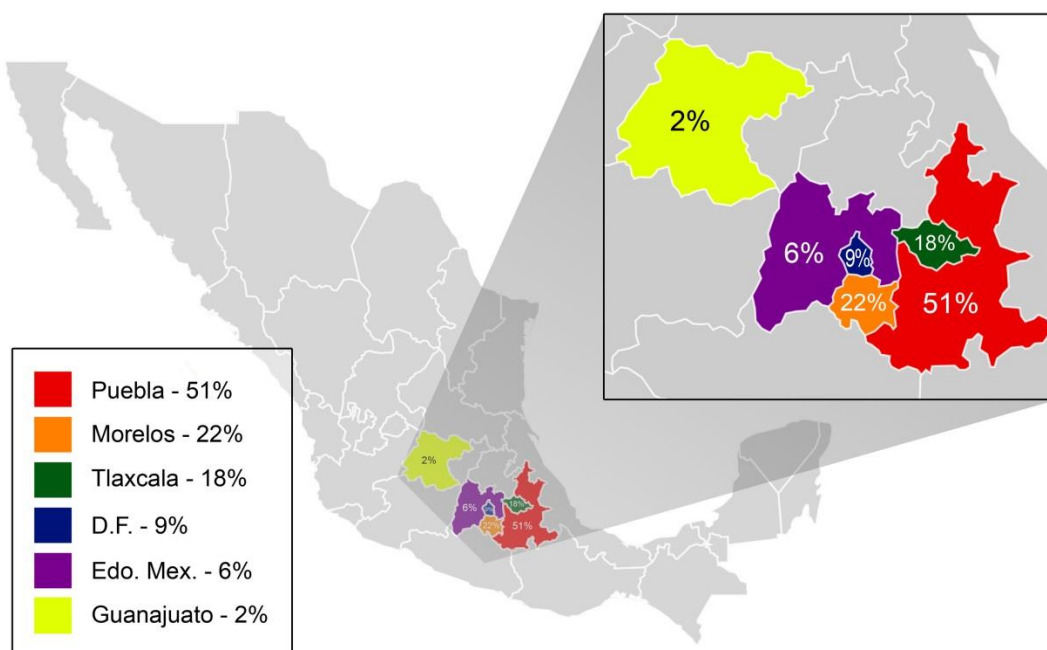


Figura 4. Principales estados productores de amaranto en México.

Fuente: Modificado de AMA, 2003.

1.2.4 Productos elaborados con amaranto

El amaranto tiene múltiples usos tanto en la alimentación humana y animal como en la industria, medicina y en la ornamentación.

Para la alimentación humana se usa el grano entero o molido en forma de harinas, ya sea tostada, reventada o hervida, con los granos enteros o molidos se puede

preparar desayunos, sopas, postres, papillas, tortas, budines, bebidas refrescantes y otros; los granos reventados se consumen mezclados con miel de abejas, miel de caña o chocolate, dándole diferentes formas en moldes de madera o metálicos a las que se conoce como "turrone de kiwicha" en Perú, "alegría" en México y "tadoos" en India (Singhal y Kulkarni, 1988). También se logran productos industrializados como cereales enriquecidos, harinas, concentrados, extruidos, almidones, aceites y colorantes derivados del amaranto. Estos sirven como insumos para otras industrias de alimentos y bebidas para elaborar productos de amaranto, o bien, como materia prima de sectores industriales (químico, cosmetología, farmacéutica, etc.) (AMA, 2003).

Las harinas de amaranto pueden presentar diferente composición en función del grado de extracción, es decir, si se utiliza la molienda del grano entero de amaranto, se tendrá mayor contenido de nutrientes. (Noguez *et al.*, 2010).

Con base a lo dicho anteriormente del amaranto se puede concluir que este grano puede compensar las deficiencias tanto proteicas como de fibra, grasa y minerales de la sémola de trigo; además también tiene menor porcentaje de carbohidratos, por lo tanto la propuesta del desarrollo de un nuevo alimento, en el cual se combinen las harinas del grano de trigo y del grano de amaranto, puede resultar mejor para el consumidor.

1.3. Pastas alimenticias

1.3.1 Generalidades

Las pastas son alimentos elaborados con base en harina de trigo mezclada con agua y a la cual se le puede adicionar huevo, sal u otros ingredientes, conformando un producto que se cuece en agua hirviendo (SAGARPA, 2011). Regularmente para la elaboración de pasta se utiliza la especie de trigo *T. durum* del cual se produce la sémola y semolina capaz de producir una pasta que satisfaga los requerimientos de calidad que los consumidores buscan en ella

Entre los países con un gran consumo de pastas alimenticias figuran Grecia, Suiza y Portugal (SAGARPA, 2011).

En Asia la producción de pastas de trigo es una industria rural, a pesar del crecimiento de la producción industrial en gran escala de las pastas alimenticias. Los tallarines y los fideos en China y los fideos en India se elaboran con instrumentos sencillos. En algunos países como Estados Unidos se han adoptado normas para el enriquecimiento de los macarrones, el espagueti y otras pastas alimenticias. Estos niveles de enriquecimiento suelen ser mayores que los de la harina de trigo debido a que estos deben cocinarse en agua abundante para su preparación y este proceso puede hacerle perder algunos nutrientes (SAGARPA, 2011).

El consumo de pastas alimenticias en México es de 2.7 kg. Per cápita (IPO, 2012). El consumo de este producto no es muy alto en el país, aunque se considere dentro de la canasta básica, por ello la creación de un producto alternativo podría incrementar el consumo de pastas alimenticias.

De acuerdo a la NOM-247-SSA1-2008 la pasta es el producto obtenido por el amasado mecánico de sémola, semolina, harinas o cualquier combinación de éstas procedentes de trigos con agua y otros ingredientes opcionales

1.3.2 Materias primas para elaborar una pasta

La calidad de la pasta está determinada esencialmente por tres factores: las materias primas, la fórmula del producto y el proceso de elaboración (Acosta, 2007).

Las materias primas más importantes son las siguientes:

Sémola

Las pastas son elaboradas preferentemente a partir de sémola producida durante la molienda de trigos cristalinos, debido a que presentan características culinarias de mejor calidad.

La harina de trigo cristalino puede utilizarse para producir pastas, sin embargo, estas presentarán características de calidad culinaria inferiores respecto a las características que presentan las pastas producidas a partir de sémola, como por ejemplo, menor resistencia al exceso de cocción (Dendy, 2001).

Agua

El agua empleada para la producción de pasta debe ser potable, inodora, incolora e insípida. La utilización de agua dura en la elaboración de pastas imparte al producto terminado coloración oscura, fragilidad y sabor desagradable.

Tiene la función de adicionarse con las harinas en la cantidad precisa, con el objeto de formar la masa de pasta por amasado. La utilización de agua dura en la elaboración de pastas imparte al producto terminado, coloración oscura, fragilidad y sabor desagradable (Fabriani, 1998).

Ingredientes adicionales

Los ingredientes que comúnmente se adicionan con el fin de enriquecer las propiedades nutritivas o sensoriales del producto son: albúmina de huevo en polvo, huevo entero, harina de soya, sal, ajo, perejil, apio, tomate, cebolla, espinacas, vitaminas, saborizantes y colorantes naturales o artificiales.

Gluten

La sémola de trigo tiene dos componentes que son de vital importancia en la elaboración de la pasta y en la preparación culinaria de la misma; las proteínas del gluten y el almidón (Dendy, 2001).

Pero si la pasta es elaborada con otros cereales o legumbres para elevar su calidad nutricional, se puede adicionar a la formulación el gluten de trigo, para compensar el porcentaje que no se adicione con la sémola de trigo.

El gluten en el trigo duro está presente en estructuras con forma de cuña que se encuentran entre los gránulos de almidón ovoides. El gluten se transforma en un material gomoso y elástico y adquiere la capacidad de formar cadenas y láminas mediante el establecimiento de puentes intermoleculares. Estas propiedades son fundamentales para su papel como matriz continua que atrapa y encapsula al almidón en la pasta y mantiene la forma del producto durante su elaboración y cocción. Al calentar el gluten hidratado se forman enlaces cruzados proteína-proteína irreversibles que, cuando se controlan adecuadamente, estabilizan la estructura y textura comestible de la pasta final (Dendy, 2001).

1.3.3 Tipos de pasta

Las pastas se pueden clasificar según distintos criterios (Acosta, 2007):

a) Según su sistema de fabricación:

- Pastas artesanales o frescas: son aquellas que no presentan proceso de desecación alguno y que pueden elaborarse de forma artesanal en cocina.
- Pastas industriales o secas: son las producidas industrialmente en las fábricas en las que se desecan durante un tiempo que puede variar

entre 2 o 6 horas y a temperaturas que oscilan entre los 60° y 90°C, según la clase o formato, para posteriormente ser empaquetadas para su venta.

b) **Según su composición:**

- Simples: Donde sus ingredientes son; harina, sémola y agua.
- Compuestas o Enriquecidas: Son aquellas a las que se les añaden productos para enriquecerlas, en sustitución de parte del agua que contienen. Los elementos más comunes son: huevos, purés de espinacas, zanahorias y gluten para aumentar su contenido proteico.

c) **Según su formato:**

Reciben diversos nombres según su forma y grosor y existen más de 600 clases de pastas, algunas de estas se muestran en la tabla 5.

Tabla 5. Clasificación de pastas según su forma.

Tipo de Pasta	Variedades de pasta
Diminutas	Estrellas y Letras.
Pastas largas	Spaghetti y Tallarines.
Pastas planas	Lasaña y Canelones
Pastas cortas rellenas	Tortellini, Capeletti y Ravioli.
Pastas cortas	Espirales y Lazos
Pastas cortas huecas	Macarrones y Rigatoni.

Fuente: Acosta, 2007

1.3.4 Proceso de elaboración de las pastas

Se puede elaborar por diversos procesos dependiendo de varios factores como el

tipo, el costo, la calidad, la forma, la preparación, ingredientes utilizados y la demanda del producto (Donnelly, 1997). Pero las etapas de proceso más importantes, son las siguientes:

Mezclado y Amasado

El proceso inicia con la mezcla de sémola, los ingredientes adicionales y con una cantidad de agua establecida con base en el porcentaje de humedad inicial de la sémola, si bien la masa final deberá contener del 28 al 30% de humedad. El amasado asegura la mezcla de los componentes, para formar una masa. La duración de la operación (10-15 min), así como el tipo de amasadora, determinará en parte la calidad de la masa. Con ello se entremezclan e interaccionan los ingredientes, desencadenándose microprocesos de naturaleza física, química, bioquímica, microbiológica y químico-coloidal, necesarios para el proceso de formación de masa (Quaglia, 1991).

Reposo

El reposo corresponde a un periodo de descanso después de la formación de la masa y asegura una recuperación de la flexibilidad necesaria para un buen manejo de la masa. El reposo se efectúa a bajas temperaturas (10-20°C) (Callejo, 2002).

Laminado y moldeado

El principal objetivo de esta operación es dar forma concreta y definitiva a la pasta. Se desarrolla en dos etapas:

- a) Laminado: Para producir una estructura uniforme, la masa se lamina haciendo pasar la bola entre dos rodillos lisos que, girando en sentido opuesto, aplastan la masa en forma de lámina.

b) Moldeado: Consiste en cortar la lámina en fragmentos del tamaño deseado. (Callejo, 2002).

La masa puede enrollarse en láminas o extrudirse. En el extrusor la pasta se amasa por acción de la fuerza de cizalla de los tambores laminados o del cilindro giratorio.

La temperatura no debe sobrepasar los 45°C, para evitar daños en la calidad final de la pasta.

Secado

La mayor parte de la pasta comercial se seca desde alrededor del 30% de humedad hasta el 10-12%, siendo clave el proceso de secado ya que afecta a la calidad de la pasta. El secado debe realizarse lentamente y con gran cuidado ya que la pasta se contrae a medida que se seca. Las temperaturas de secado oscilan entre los 55-65°C, y los tiempos de secado van desde las 4 a 6 horas, dependiendo el tipo de pasta, las pastas largas necesitan tiempos más largos (Kill y Turnbull, 2001).

1.3.5 Pastas planas

En esta clase de pasta encontramos a la lasaña, la cual es una pasta plana, es decir, es aquella que se obtiene de pasar la masa por unos rodillos laminadores; es también conocida como pasta casera italiana o pasta artesanal. Al pasar la masa por rodillos laminadores, no se afecta el valor nutricional de las materias primas y se genera una pasta "porosa" que absorbe las salsas con facilidad. Esta lámina es cortada en la forma deseada y luego secada con aire caliente. Se reconoce por su color claro y bordes rectangulares (Lista Alimenticia, 2012).

La lasaña, es un plato de origen griego/italiano que ha tomado mucha popularidad en México, como lo han hecho muchos platillos extranjeros, y ha comenzado a

tener una enorme apertura gastronómica en el país. Por eso, este tipo de pastas son un alimento en el cual hay un gran campo de oportunidad para el desarrollo de un nuevo producto que satisfaga las necesidades alimenticias y nutricionales de la población.

Este tipo de pasta ha sido consumida principalmente por gente de alto y medio poder adquisitivo, por lo tanto podrían comprar un producto que ayude en su salud y mejor nutrición; a pesar de que el costo sea más elevado, por combinar la sémola de trigo con la harina de amaranto.

Actualmente México enfrenta un problema de sobrepeso y desnutrición en la población debido al consumo excesivo de carbohidratos y falta de aminoácidos esenciales en la dieta, y en el mercado se ofrecen pocas opciones de productos con alta calidad nutrimental; por ello este proyecto se plantea desarrollar una pasta para lasaña, la cual es utilizada en un plato de gastronomía internacional, para darle a dicho plato un mejor valor nutricional, en comparación con el preparado con pasta convencional a base de sémola de trigo. Para poder hacer aún más atractivo el plato, se pueden agregar ingredientes que resulten atractivos al consumidor, en el caso de México, el agregarle un sabor picante a la lasaña, puede resultar aún más atractivo.

2. Materiales y Métodos

2.1 Objetivos

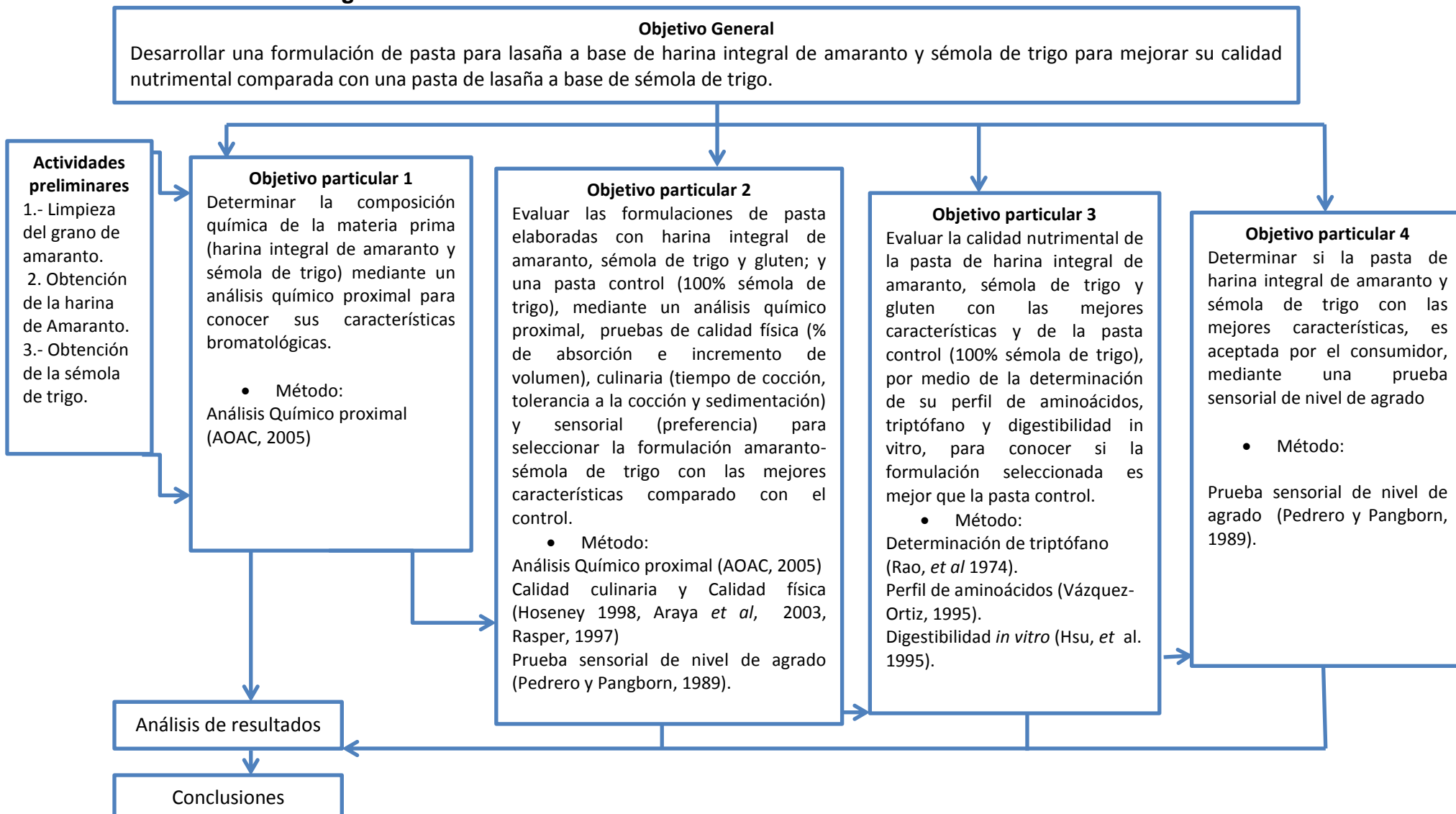
Objetivo General

Desarrollar una formulación de pasta para lasaña de harina integral de amaranto y sémola de trigo para mejorar su calidad nutrimental comparada con una pasta de lasaña a base de sémola de trigo.

Objetivos particulares

1. Determinar la composición química de la materia prima (harina integral de amaranto y sémola de trigo) mediante un análisis químico proximal para conocer sus características bromatológicas.
2. Evaluar las formulaciones de pasta elaboradas con harina integral de amaranto, sémola de trigo y gluten; y una pasta control (100% sémola de trigo), mediante un análisis químico proximal, pruebas de calidad física (% de absorción e incremento de volumen), culinaria (tiempo de cocción, tolerancia a la cocción y sedimentación) y sensorial (preferencia) para seleccionar la formulación amaranto-sémola de trigo con las mejores características comparado con el control.
3. Evaluar la calidad nutrimental de la pasta seleccionada de harina integral de amaranto y sémola de trigo con las mejores características y de la pasta control (100% sémola de trigo), por medio de la determinación de su perfil de aminoácidos, triptófano y digestibilidad *in vitro*, para conocer si la formulación seleccionada es mejor que la pasta control.
4. Determinar si la pasta de harina integral de amaranto, sémola de trigo y gluten, con las mejores características, es aceptada por el consumidor, mediante una prueba sensorial de nivel de agrado.

2.2 Cuadro metodológico



2.3 Obtención de la materia prima

Para este proyecto se utilizó grano de amaranto (*Amaranthus hypocondriacus*) variedad Tulyehualco cosecha 2010. El grano se pasó a través de tamices malla #14 y 16 USA serie Tyler, para eliminar polvo y materias extrañas. Para obtener la harina de amaranto, se realizó la molienda del grano en un molino de cuchillas, y posteriormente se tamizó por una malla # 40 USA serie Tyler.

La sémola de trigo utilizada, fue de la marca “Trimex”. Ambas materias primas fueron almacenadas en recipientes de vidrio a una temperatura de 6°C hasta su uso.

2.4 Análisis químico proximal de la harina de amaranto y la sémola de trigo.

Para saber la composición química de las materias primas, antes de ser mezcladas en el proceso de elaboración de una pasta para lasaña de harina de amaranto se realizó un análisis químico proximal.

El análisis químico se realizó a la harina de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*) y sémola de trigo (Trimex), incluyó, determinación de humedad, cenizas, extracto etéreo, proteína, fibra y carbohidratos de acuerdo a los métodos propuestos por el AOAC (2005).

2.4.1 Determinación de Humedad

La prueba fue realizada por el método de secado por estufa, el cual se basa en la eliminación del agua por efecto del calor aplicado a la muestra. Se calculó el contenido de humedad, por la pérdida de peso en la muestra debida a la evaporación del agua por calentamiento a 103°C hasta peso constante. El resultado se expresó como porcentaje de humedad.

$$\% \text{Humedad} = [(W_2 - W_3) / W_1] * 100$$

Dónde:

W_1 = Peso de la muestra (g)

W_2 = Peso de la muestra húmeda (g)

W_3 = Peso de la muestra seca (g)

2.4.2 Determinación de Extracto etéreo

El contenido de grasa se determinó por el método Soxhlet, el cual se basa en la solubilidad de las grasas en compuestos no polares como el éter etílico, a partir de muestras libres de humedad. El solvente se elimina por evaporación quedando solo el residuo de grasa. El resultado se expresó como porcentaje de grasa extraíble.

$$\% \text{ Grasa extraíble} = [(W_3 - W_2) / W_1] * 100$$

Dónde:

W_1 = Peso de la muestra (g)

W_2 = Peso de la muestra húmeda (g)

W_3 = Peso de la muestra seca (g)

2.4.3 Determinación de Proteína

Por medio del método Micro-Kjeldahl se determinó proteína. Este método se basa en la combustión húmeda de la muestra, el producto se digiere con ácido sulfúrico concentrado en presencia de catalizadores metálicos para convertir el nitrógeno orgánico en iones de amonio. A la solución de la digestión se le añade álcali y se destila para atrapar el nitrógeno en una solución de ácido bórico. El destilado se titula con ácido clorhídrico. El resultado se expresó como porcentaje de proteína.

$$\% \text{Proteína cruda} = \text{Nitrógeno total} * (F)$$

$$\text{Nitrógeno total} = [(V_2 - V_1) (N) (0.014) / W] * 100$$

Dónde:

V_1 = Volumen del HCl gastado en la muestra (mL)

V_2 = Volumen del HCl gastado en el blanco (mL)

N = Normalidad del HCl

W = Peso de la muestra (g)

F* = Factor de conversión de nitrógeno a proteína

*(Trigo: 5.7 y Amaranto: 5.87)

2.4.4 Determinación de Cenizas

El contenido de cenizas totales se determinó mediante la obtención del residuo inorgánico resultante de la calcinación e incineración de la materia orgánica a 530°C. El resultado se expresó como porcentaje de cenizas totales.

$$\% \text{ Cenizas totales} = [(W_3 - W_2) / W_1] * 100$$

Dónde:

W_1 = Peso de la muestra (g)

W_2 = Peso del crisol sin muestra (g)

W_3 = Peso del crisol con las cenizas (g)

2.4.5 Determinación de Fibra cruda

El método consiste en someter la muestras seca y desengrasada a una primera digestión ácida, posteriormente a una segunda alcalina obteniéndose un residuo de fibra cruda y sales; posteriormente se someten a una calcinación y se determina la fibra cruda.

$$\% \text{ Fibra cruda} = [(W_2 - W_1) - (W_4 - W_3) / W_5] * 100$$

Dónde:

W_1 = Peso del papel filtro a 130°C (g)

W_2 = Peso del papel filtro con residuos secos a 130°C (g)

W_3 = Peso del crisol vacío (g)

W_4 = Peso del crisol después de la incineración (g)

W_5 = Peso de la muestra previamente desengrasada (g)

2.4.6 Determinación de Carbohidratos

El contenido de carbohidratos se determinó por diferencia; es decir después de que se determinaron los porcentajes de humedad, proteínas, extracto etéreo, cenizas y fibra; se toman los datos, se suman, y se restan del 100%; y el resultado es el porcentaje de carbohidratos.

2.5 Elaboración de la pasta de sémola de trigo (pasta control).

Se elaboró una pasta control con sémola de trigo. Esta pasta sirvió para plantear los tiempos de proceso, y comparar los parámetros bromatológicos, de calidad física, culinaria, y nutrimental; entre esta pasta y las elaboradas con harina integral de amaranto.

2.6 Formulaciones propuestas para la elaboración de la pasta para lasaña de harina de amaranto, sémola de trigo y gluten.

Se realizaron tres formulaciones con harina de amaranto, 50. 60 y 70% de harina de amaranto. Las formulaciones se muestran en la tabla 6.

Tabla 6. Formulaciones de pasta para lasaña.

A-ST-G* (%)
70-20-10
60-30-10
50-40-10

* Harina de amaranto (A), Sémola de trigo (ST), Gluten de trigo (G)

Las pastas se elaboraron conforme al diagrama de proceso propuesto (figura 6).

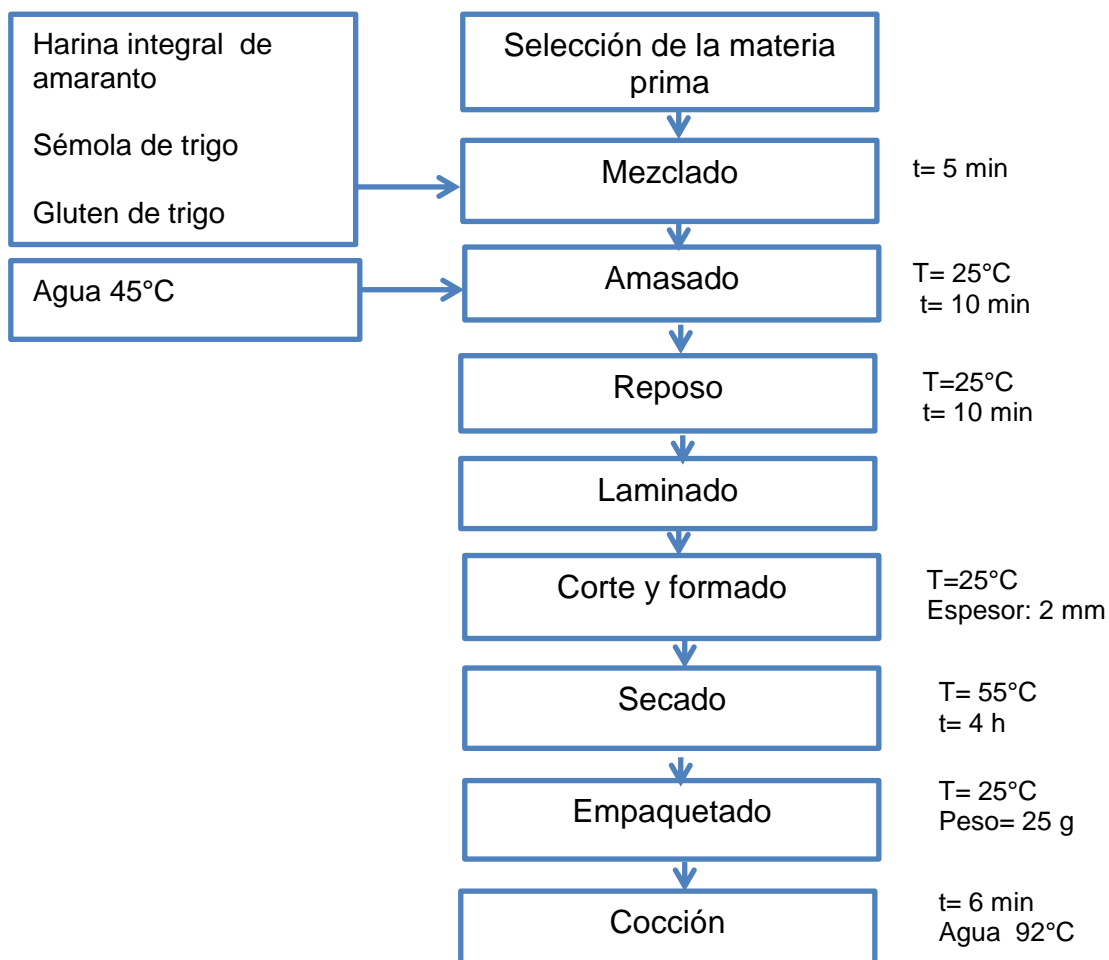


Figura 6. Diagrama de proceso de una pasta para lasaña de harina integral de amaranto y sémola de trigo.

2.7 Análisis químico proximal de las pastas de amaranto- sémola de trigo, control y comercial.

Este análisis químico proximal, se realizó en las pastas elaboradas con harina integral de amaranto y sémola de trigo, a una pasta control (elaborada solo con sémola de trigo) y pasta comercial (marca La moderna). Este AQP se realizó de acuerdo a la metodología propuesta por la A.O.A.C. (2005) mencionadas anteriormente.

2.8 Pruebas de calidad física y calidad culinaria de las pastas de formulaciones amaranto-sémola de trigo, control y comercial.

Para determinar la calidad física y la calidad culinaria de las pastas elaboradas con harina integral de amaranto, sémola de trigo, y la comercial “La moderna” se realizaron las siguientes pruebas.

2.8.1 Calidad culinaria

2.8.1.1 Tiempo óptimo de cocción

Es el tiempo empleado para la total gelatinización del almidón presente en la pasta (Dendy, 2001). La pasta debe tolerar un calentamiento en agua a ebullición por un tiempo de 10 minutos, manteniendo su forma y sin ponerse pegajosa ni desintegrarse. Debe quedar firme al mordisco, es decir “*al dente*” (Hoseney, 1998).

Procedimiento:

Se pesaron 25 g de pasta seca y se agregaron a 500 mL de agua en ebullición. Después de 5 minutos se tomó un trozo de pasta y se colocó entre 2 placas de vidrio, posteriormente se oprimió. Si hay núcleos opacos de almidón no gelatinizado (puntos blancos) la pasta no está cocida, y se continúa tomando muestra cada minuto aplastándola entre las placas de vidrio hasta que no haya

presencia de núcleos opacos (Hoseney, 1998).

Tiempo óptimo de cocción= Tiempo en que la pasta no tiene núcleos opacos (minutos).

2.8.1.2 Porcentaje de sedimentación

Es el volumen en mL que ocupa el sedimento producido por la pasta durante el cocimiento. Este sedimento está constituido principalmente por almidón perdido por la pasta por efecto de la cocción y un menor porcentaje de éste indica una mayor calidad del gluten. El agua de cocción debe quedar libre de almidón. Cuanto más turbia sea, más almidón se habrá disuelto (Araya *et al.*, 2003).

Procedimiento:

Se separa el agua de cocción de la pasta cocida con un colador, se homogeniza el agua separada con agitación por un minuto, se miden 100 mL en una probeta graduada y se dejan en reposo 2 horas, transcurrido este tiempo se miden los mililitros de sedimento blanco en la probeta (Araya *et al.*, 2003).

%Sedimentos= mililitros de sedimento blanco en la probeta

2.8.1.3 Índice de tolerancia al cocimiento

Es el tiempo en que la pasta empieza a romperse por acción del cocimiento menos su grado de cocimiento. Cuanto más resistente sea la pasta, más tardará en empezar a romperse, lo que está relacionado con características del gluten fuerte y por tanto una sémola de mejor calidad. La pasta debe ser resistente al exceso de cocción (Rasper, 1997).

Pasado el tiempo óptimo de cocción se sigue cocinando la pasta hasta que haya por lo menos 3 pastas rotas y se registra el tiempo

Índice de tolerancia al cocimiento = $t_2 - t_1$

t_1 = tiempo de cocción (min)

t_2 = tiempo de desintegración (min)

2.8.2 Calidad física

2.8.2.1 Grado de absorción

Es la cantidad de agua absorbida por el producto durante su cocimiento. Un buen producto absorbe por lo menos el doble de su peso en agua (Kill y Turnbull, 2001)

Procedimiento:

Se pesan 25 g de pasta cruda y se cocen con el tiempo óptimo de cocción previamente establecido; la pasta cocida se coloca en un embudo Buchner, se deja escurrir 10 minutos y se pesa.

Grado de absorción (%) = $[(P_{pc} - P_{ps}) / P_{ps}] * 100$

P_{pc} = Peso pasta cocida

P_{ps} = Peso pasta seca (25 g)

2.8.2.2 Determinación de volumen de la pasta seca

Se pesaron 50 g de pasta seca cortada en trozos pequeños de cada muestra en estudio se depositaron en una probeta graduada de 500 mL que contenía 300 mL de agua. Se le dio unos pequeños golpes para eliminar las burbujas de aire, se registró el volumen alcanzado por el desplazamiento del agua debido a la pasta (Kill y Turnbull, 2001).

Volumen de la pasta seca (Vps): $(V_{2ps}-V_{1ps})$

V_{2ps} = Volumen desplazado por la pasta seca

V_{1ps} =Mililitros de agua en la probeta

2.8.2.3 Determinación de volumen de la pasta cocida

Se pesaron 50 g de pasta cocida cortada en trozos pequeños de cada muestra en estudio se depositó en una probeta graduada de 500 mL que contenía 300 mL de agua. Se le dio unos pequeños golpes para eliminar las burbujas de aire, se registró el volumen alcanzado por el desplazamiento del agua debido a la pasta (Kill y Turnbull, 2001).

Volumen de la pasta cocida (Vpc): $(V_{2pc}-V_{1pc})$

V_{2pc} = Volumen desplazado por la pasta cocida

V_{1pc} =Volumen de agua en la probeta

2.8.2.4 Grado de hinchamiento

Los productos de buena calidad se hinchan tres o cuatro veces a su volumen original o al menos debe hincharse al doble de su volumen (Hoseney, 1998)

Procedimiento:

Para determinar el grado de hinchamiento de las pastas se tomaron en cuenta los datos obtenidos en las pruebas de volumen de la pasta cocida y la pasta seca, y se calcularon los resultados con la siguiente formula (Hoseney, 1998):

Grado de hinchamiento = $(V_{pc}-V_{ps})/V_{ps} * 100$

2.9 Prueba sensorial de preferencia (formulaciones amaranto- sémola de trigo)

Se realizó una prueba sensorial de preferencia a las pastas para lasaña adicionadas con harina integral de amaranto para determinar por medio de un panel de 100 jueces no entrenados (Pedrero y Pangborn, 1989), cuál era la pasta que más les agradaba, de las tres mejores formulaciones desarrolladas (50, 60 y 70% de adición de harina integral de amaranto), cuáles eran los descriptores de sabor y también para saber si le harían algún cambio al producto. Los jueces llenaron un formato indicando la pasta de su preferencia (Ver anexo 1). En dicho formato calificaron a las 3 muestras de pastas para lasaña adicionadas con harina integral de amaranto con los números 1= la que menos gusta, 2= ni gusta, ni disgusta, 3= la que más gusta. Y con estos resultados se obtuvo la formulación que más agrado.

2.10 Determinación de calidad nutrimental de la formulación amaranto-sémola de trigo seleccionada y la pasta control.

Con los datos obtenidos en el AQP, pruebas de calidad física y culinaria y la prueba sensorial de preferencia se seleccionó la pasta con las mejores características y se le realizaron pruebas para determinar su calidad nutrimental; también se evaluó la pasta control. Las pruebas que se realizaron fueron:

- Determinación de triptófano
- Digestibilidad *in vitro*
- Perfil de aminoácidos

2.10.1 Determinación espectrofotométrica de triptófano

Esta prueba es una modificación del método espectrofotométrico de Spies y Chambers para la determinación de triptófano en alimentos (Mondragón, 1982).

Para cuantificar el triptófano se realizó una hidrólisis enzimática y se desarrolló color con ρ -dimetilaminobenzaldehído (DMAB) y nitrito de sodio como contraste. Para su preparación se pesó 1.0 g de muestra, se le agregó 10 mL de pepsina y se incubó a temperatura ambiente, enseguida se le adicionó 10 mL de NaOH 0.1 N y 10 mL de pancreatina y se incubó por 24 horas, posteriormente se aforó con agua destilada. Después se tomaron 2 mL y se le adicionó 7.5 mL de HCL concentrado y de DMAB así como 0.5 mL de NaNO_2 y se dejó reposar por 15 minutos, pasado este tiempo se tomó la lectura a $\lambda=590$ nm en un espectrofotómetro Jenway-Génova (Arrizon-López *et al.*, 1987).

2.10.2 Digestibilidad *in vitro*

Dado que el análisis de proteína cruda no suministra información alguna en cuanto a la digestibilidad de una fuente de proteína, un procedimiento de laboratorio para determinar la digestibilidad sería extremadamente útil. Este es precisamente el objetivo de la prueba de determinación de la digestibilidad *in vitro*.

Se determinó la cantidad de nitrógeno total (Kjeldahl). Paralelamente se preparó una solución multienzimática, se ajustó el pH=8 y se conservó en hielo hasta su uso en el experimento. A la muestra en suspensión se le agregaron 5 mL de solución multienzimática y se mantuvo la agitación y la temperatura (37°C) midiendo la disminución de pH después de 20 minutos (Hsu *et al.*, 1977).

2.10.3 Perfil de aminoácidos

Se realizó un perfil de aminoácidos a la pasta seleccionada por las mejores características y a la pasta control; para saber cómo cambió el contenido de aminoácidos, de una pasta respecto a la otra.

La prueba se realizó en el Centro de Investigación en Alimentos y Desarrollo (CIAD).

La determinación del perfil de aminoácidos se realizó por Cromatografía de Líquidos de Alta Resolución (HPLC) de fase inversa utilizando una pre columna de derivatización fluorescente. Los aminoácidos primarios fueron tratados con Oftaldehído (OPA). Los productos de la reacción fueron separados por medio de un Autoanalizador de aminoácidos Microsorb Short-ones 3- μ m columna fase inversa de 30 cm y un flujo de 1.2 mL/minuto. Los aminoácidos secundarios reaccionaron con 4-cloro-7-nitrobenzofurazan (NBD); la separación se llevó a cabo en un equipo Lichrosorb RP C-18, columna 5 μ m. Se cuantificaron los siguientes aminoácidos: Aspártico, Glutámico, Serina, Histidina, Glicina, Treonina, Arginina, Alanina, Tirosina, Metionina, Valina, Fenilalanina, Isoleucina, Leucina, Lisina; con base en lo propuesto por Vázquez-Ortiz *et al.* (1995).

2.11 Prueba sensorial de nivel de agrado

Esta prueba se realizó a la pasta elegida por las mejores características físicas, culinarias, químicas y nutrimentales, para saber si agradaría al consumidor, se realizó a 100 jueces no entrenados, con un formato donde se debía señalar el nivel de agrado de la pasta en escala de 1 a 10. (Ver Anexo 2).

2.12 Análisis estadístico

Las pruebas se realizaron por triplicado, obteniéndose promedio, desviación estándar y coeficiente de variación (Montgomery, 1996). Para las pruebas sensoriales, se calculó la frecuencia y la media; y se realizó la comparación de medias por la prueba de rango múltiple t-student con el programa estadístico Origin V. 4.0.

3. Resultados y Discusión

3.1 Análisis Químico Proximal de las materias primas

Para conocer la composición química de las materias primas se les realizó un análisis químico proximal (Tabla 7).

Tabla 7. Análisis Químico Proximal de la sémola de trigo y harina de amaranto

Materia prima	Humedad (g/100g muestra)	Proteína (g/100g muestra)	Grasa (g/100g muestra)	Fibra (g/100g muestra)	Cenizas (g/100g muestra)	CHOS (g/100g muestra)
Sémola de trigo	12.95± 0.14 ^{a*}	7± 0.4 ^{a*}	2.39± 0.5 ^a	1.9± 0.7 ^a	0.75 ± 0.19 ^a	75.01 ^a
Harina de amaranto	8.63± 0.1 ^b	16.3± 0.04 ^{b*}	7.24± 0.68 ^b	6.56± 0.62 ^b	2.67± 0.11 ^b	58.6 ^b

*Letras diferentes entre filas indican diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$)

*N 5.7, *N 5.87

Los resultados indican que el contenido de proteína en la harina de amaranto es el doble que en la sémola de trigo, la grasa es casi tres veces mayor en el amaranto al igual que las cenizas y la fibra; y el contenido de carbohidratos es menor, y en todos los casos la diferencia es estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$).

Los datos bibliográficos reportan que la proteína del amaranto es de muy buena calidad nutricional por contener los aminoácidos esenciales y sobretodo lisina, el aminoácido limitante en los cereales (Tosi *et al.*, 2001), la grasa del grano contiene ácidos grasos esenciales y escualeno (Paredes *et al.*, 1990), entre los minerales presentes en el amaranto están el calcio, fósforo y potasio (FAO, 1997), y en la tabla 7 se observa que los valores estos compuestos son superiores en la harina de amaranto comparada con la sémola de trigo en el análisis químico proximal, entonces la harina integral de amaranto podría complementar a la sémola de trigo compensando sus deficiencias nutrimentales al mezclar las harinas.

3.2 Formulaciones propuestas para elaborar la pasta para lasaña.

Las formulaciones para elaborar pasta para lasaña se iniciaron con un porcentaje de harina de amaranto superior al 50%, para que con esta proporción fuera más notable el aporte de los componentes químicos de la harina de amaranto.

Después de la adición de 50%, se elevó el porcentaje en 10%, hasta llegar a 100% de amaranto. Cuando se usaron las formulaciones con 100, 90 y 80% de harina integral de amaranto se obtuvieron masas poco maleables y reseca, que no se podían moldear ni formar; esto debido a la falta de gluten ya que el gluten forma con el agua una masa que envuelve el almidón y da consistencia a la pasta, por estas razones se descartaron estas tres formulaciones. Con las formulaciones 50, 60 y 70% de harina integral de amaranto se pudieron formar y moldear las pastas, aunque eran frágiles y quebradizas; para que estas tuvieran mejores características se les adicionó un 10% de gluten de trigo, se eligió esta proporción ya que en estudios anteriores realizados en el grupo de trabajo (Cabrera, 2007) se encontró que en esa proporción la cantidad de gluten daba a la pasta mejores características de calidad física y culinaria.

Se elaboró una pasta solo con sémola de trigo, la cual sirvió de “control” para comparar su comportamiento con las pastas con harina de amaranto. Para la pasta de sémola de trigo la cantidad de agua caliente a adicionar fue de 45 mL, y para las pastas con harina de amaranto se adicionaron 5mL más de agua (Tabla 8), esto debido a que el amaranto es muy seco, y al laminar la pasta esta se mostraba quebradiza, y con el agua agregada la masa era más maleable y no tenía problema al ser laminada.

Tabla 8. Formulaciones con las que se elaboró pasta para lasaña.

	Formulación "Control"	Formulación 1	Formulación 2	Formulación 3
Harina de amaranto (%)	0	50	60	70
Sémola de trigo (%)	100	40	30	20
Gluten (%)	0	10	10	10
Agua a 45 °C (mL)	45	50	50	50
Tiempo reposo (min)	10	10	10	10

3.3 Análisis químico proximal de las pastas para lasaña de harina de amaranto, control y comercial.

Se realizó el análisis bromatológico a las pastas con formulaciones de 50, 60 y 70% de harina de amaranto, además de una pasta comercial para lasaña marca "La moderna", para compararlas, y una pasta control de 100% sémola de trigo, elaborada en el laboratorio (Tabla 9).

Tabla 9. Resultados del análisis químico proximal de las pastas para lasaña de harina de amaranto, control y comercial

Tipo de pasta	Humedad (%)	Proteína (%)	Grasa (%)	Fibra (%)	Cenizas (%)	Carbohidratos (%)
Pasta comercial	8.59±0.01 ^a	11.40±0.12 ^{a*}	0.76±0.20 ^a	1.7±0.16 ^a	0.85±0.13 ^a	76.7 ^a
Pasta Control	7.35±0.40 ^b	8.97±0.13 ^{b*}	0.76±0.22 ^a	1.41±0.66 ^a	0.88±0.33 ^a	82.04 ^a
50 A-40 ST-10 G. **	8.16± 0.41 ^a	15.74±0.63 ^{c*}	3.97±0.23 ^{bc}	5.11±0.13 ^b	1.63±0.23 ^b	70.44 ^b
60 A-30 ST-10 G.	8.06±0.52 ^a	16.92±0.44 ^{c*}	3.42±0.60 ^c	5.35±0.80 ^b	2.24±0.35 ^{bc}	69.37 ^b
70 A-20 ST-10 G.	7.32±0.71 ^b	18.27±0.15 ^{c*}	4.47±0.61 ^b	5.65±0.12 ^b	2.45±0.17 ^c	67.49 ^b

*Letras diferentes entre filas indican diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$)

** A: % de Amaranto; ST: % de sémola de trigo; G: % Gluten de trigo.

*N 5.7, *N 5.87.

La humedad en todas las pastas tiene valores muy similares, los cuales, están por debajo del 10% que son los recomendados para una pasta (Hoseney, 1998). En cuanto a proteína, las pastas con adición de harina de amaranto (50, 60 y 70%) presentan valores más altos que la pasta comercial y la pasta control (Tabla 9). Estos datos de proteína en las pastas con harina de amaranto son importantes, porque no sólo es la cantidad si no la calidad de la proteína, que según datos bibliográficos es excelente, pues contiene todos los aminoácidos esenciales y en cantidades iguales o superiores a las recomendadas por la FAO para consumo diario (FAO/OMS, 1985).

Las pastas con amaranto también tuvieron una diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$) en cuanto a grasa contra las pastas de sémola de trigo (comercial y control) (Tabla 9); esto es importante, porque se sabe que la grasa que aporta el amaranto contiene ácidos grasos esenciales como el ácido linoleico (omega-6) y el ácido oleico.

Además, contiene una gran cantidad de escualeno, que es un importante intermediario en la síntesis de esteroides en el cuerpo humano (Flores, 2011).

Se puede ver que las pastas con harina de amaranto tienen mayor contenido de fibra que las pastas de sémola de trigo (Tabla 9), esto es benéfico ya que por el alto contenido de almidón que se presenta en las pastas, estas son difíciles de digerir (Hoseney, 1998) y como la pasta con amaranto tiene mayor contenido de fibra, la pasta puede ser más fácilmente digerida.

También se vió un incremento en la cantidad de cenizas (Tabla 9), en las pastas con adición de harina de amaranto.

Por último, el contenido de carbohidratos fue menor en las pastas con harina de amaranto (Tabla 9).

Todos estos resultados indican que las cualidades químicas de la harina de amaranto se están conservando en la pasta para lasaña y se confirma que son mejores a las pastas de trigo.

3.4 Pruebas de calidad física y calidad culinaria a las pastas para lasaña a base de harina de amaranto, pasta control y la pasta comercial.

Estas pruebas tuvieron el propósito de verificar el comportamiento de las pastas en condiciones normales de uso y ayudar a seleccionar la mejor formulación, los resultados se muestran en la tabla 10.

Tabla 10. Resultados de las pruebas de calidad física y culinaria de las pastas.

Tipo de pasta	Tiempo óptimo de cocción (min)	Sedimentos (%)	Tolerancia a la cocción (min)	Absorción (%)	Hinchamiento (%)
Pasta comercial	12 ± 0 ^{a*}	3.73 ± 0.1 ^a	23.66 ± 0.7 ^a	187.33 ± 0.3 ^a	53.8 ^a
Pasta Control	9 ± 0 ^a	4.33 ± 0.1 ^{ab}	20.33 ± 0.2 ^a	167.9 ± 0.3 ^{ab}	45.4 ^a
50A-40ST-10G**	7 ± 0 ^c	5 ± 0 ^b	17.33 ± 0.3 ^b	155 ± 0.2 ^b	33.3 ^b
60A-30ST-10G	6.7 ± 0.8 ^c	5.33 ± 0.1 ^{bc}	12 ± 0 ^c	152.45 ± 0.2 ^b	33.3 ^b
70A-20ST-10G	6 ± 0 ^c	6 ± 0 ^c	10.33 ± 0.5 ^c	154 ± 0.4 ^b	33.3 ^b

*Letras diferentes entre filas indican diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$)

**A: % de amaranto; ST: % de sémola de trigo; G: % de gluten de trigo.

El tiempo óptimo de cocción fue disminuyendo conforme se disminuyó el porcentaje de sémola en las pastas, esto debido a que el tamaño de los gránulos de almidón del amaranto oscila entre 1 y 3 μ , mientras que los de trigo son hasta 10 veces más grandes (AMA, 2003), por ello es más fácil que se hinchen en menor tiempo y se logre la cocción de la pasta. No obstante, las pastas con harina de amaranto están en el rango de tiempo de cocción adecuado (Dendy, 2001).

En el caso del porcentaje de sedimentos la pasta que mostró la menor cantidad de sedimentos fue la pasta comercial (Tabla 10), debido a su alto contenido de

gluten, lo que hace que se forme una red de proteína lo suficientemente fuerte para sostener los gránulos de almidón durante el hinchamiento en la cocción. En las pastas adicionadas con harina integral de amaranto; se propone que el almidón de las pastas se hidrató, luego se solubilizó y pasó al agua de cocción al no haber una matriz proteica suficientemente fuerte para retener el almidón gelatinizado a pesar del gluten adicionado; es por ello que en todas ellas hay un aumento del porcentaje de sedimentos, comparándolas con la pasta comercial y la pasta control; ya que estas si pueden formar la matriz proteica para retener los gránulos de almidón, por la formación del gluten. A pesar de tener un mayor porcentaje de sedimentos, las pastas tienen buena calidad porque su porcentaje no es muy elevado en comparación con la pasta control (IPO, 2012).

En cuanto a la tolerancia a la cocción, la pasta con 70% harina de amaranto, mostró la menor tolerancia; esto debido a que tiene el mayor contenido de amaranto, lo que vuelve a la pasta menos firme y más frágil al ser hervida, pasado el tiempo óptimo de cocción; en este parámetro se prefiere que una pasta tolere el doble de su tiempo óptimo de cocción (IPO, 2012), y esta fue la única pasta que no cumplió con este parámetro.

En el grado de absorción la única pasta estadísticamente diferente ($P \leq 0.05$) fue la pasta comercial (Tabla 10), se debe a que la sémola de trigo con la que fue elaborada es de mejor calidad; pero comparadas con la pasta control, las pastas de harina de amaranto tienen un buen grado de absorción, por la gran presencia de pequeños gránulos de almidón del amaranto, los cuales absorben agua más rápidamente que los de trigo, por su menor tamaño; esto proporcionándole buena calidad en este parámetro.

Una pasta debe hincharse el doble de su volumen a los 10 minutos de ser hervida con agua y mantener su forma y firmeza sin ponerse pastosa ni desintegrarse (Dendy, 2001); en este parámetro las pastas con harina de amaranto no cumplen con la calidad ya que su porcentaje de hinchamiento es del 33.33%; esto porque

los gránulos de almidón en el amaranto, son más pequeños y por lo tanto, su grado de hinchamiento es menor que en el trigo; y también porque una parte de este almidón queda en el agua de cocción como sedimentos, por falta de la matriz proteica que lo soporte.

En la Tabla 10 se puede observar que en las pastas con mayor presencia de gluten, es decir la pasta comercial y la pasta control; su calidad física y culinaria es mayor; pero en los parámetros de porcentaje de sedimentos y grado de absorción las pastas adicionadas, son estadísticamente iguales ($P \leq 0.05$) a la pasta de sémola de trigo; lo cual indica que tienen calidad similar a esta, en estos parámetros.

Las pastas elaboradas con mezclas al 50, 60 y 70% de harina integral de amaranto mostraron una firmeza adecuada “*al dente*” al ser cocinadas. Por lo tanto, las tres pastas con harina integral de amaranto, son aceptables con base en los criterios de calidad física y calidad culinaria, y la mayoría de estos parámetros en dichas pastas son muy similares, por lo que no se podía escoger una de ellas como la mejor, y se decidió realizar una prueba sensorial de preferencia, para con este criterio poder elegir la mejor formulación.

3.5 Prueba sensorial de preferencia de las pastas con 50, 60 y 70% de harina de amaranto.

Se realizó una prueba sensorial a un panel de 100 jueces no entrenados, a los cuales se les entregó una muestra de cada una de las pastas adicionadas con harina integral de amaranto identificadas con diferentes códigos (Tabla 11).

Las muestras fueron cocidas conforme al tiempo óptimo de cocción; y se les agregó un caldillo de jitomate con poca sal, para que el consumidor pudiera relacionarlas con el sabor que usualmente tiene una pasta.

Tabla 11. Resultados de la prueba sensorial de preferencia.

Tipo de Pasta	Promedio de preferencia
50%A-40%S-10%G**	228 ^{a*}
60% A-30%S-10%G	172 ^b
70% A-20%S-10%G	197 ^{ab}

* Letras diferentes entre filas indican diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$).

**A: Amaranto; S: sémola de trigo; G: Gluten de trigo.

Los jueces llenaron papeletas (Ver anexo 2) calificando las muestras con los números 1 (La pasta que menos gusta), 2 (no gusta ni disgusta), 3 (La pasta que más gusta). La pasta que mayor calificación obtuvo en la prueba, fue la pasta con 50% de harina integral de amaranto (Tabla 11), pero la pasta con 70% de amaranto fue estadísticamente igual ($P \leq 0.05$), a las otras dos pastas.

A los jueces también se les pidió indicaran los descriptores de sabor, y si harían alguna mejora en el sabor de la pasta; como descriptores de sabor, dijeron salado, pastoso, con sabor a amaranto. Y como modificación sugirieron la adición de un sabor picante a la pasta, para hacerla más atractiva.

La elección de la pasta con las mejores características se realizó tomando en cuenta los resultados de las pruebas anteriores, y se pudo ver que en análisis químico proximal, la pasta que mayor cantidad de proteína, cenizas y grasa tenía era la pasta con 70% de harina integral de amaranto; en las pruebas de calidad física y calidad culinaria, las tres pastas adicionadas con harina de amaranto tuvieron características muy similares con la pasta control, en la prueba de preferencia las pastas con mayor preferencia y estadísticamente iguales ($P \leq 0.05$) fueron las de 50 y 70% de amaranto. Por lo cual una mayor cantidad de harina de amaranto, aumenta en la pasta el porcentaje de proteína, cenizas y grasa; no afecta la calidad física y culinaria, y es aceptada por los consumidores, por ello se

decidió elegir la formulación con 70% de amaranto como la de mejores características.

3.6 Pruebas de calidad nutrimental

Con los criterios de análisis químico proximal, calidad física, culinaria y sensorial, se eligió la pasta con las mejores características; que fue la formulación 70% de amaranto, 20% de trigo y 10% de gluten, a esta se le evaluaron parámetros de calidad nutrimental como su determinación de triptófano, digestibilidad *in vitro* y perfil de aminoácidos, y se compararon con la pasta control de sémola de trigo.

3.6.1 Determinación de triptófano.

Es importante la determinación de la cantidad de este aminoácido ya que está en el grupo de los aminoácidos esenciales, y por sus características es un aminoácido termolábil, y sensible a los tratamientos con ácido. Así que con esta prueba se puede saber si el tratamiento de secado al que fue sometida la pasta afectó a este aminoácido, comparando el resultado con el de la harina de amaranto (Tabla 12).

Tabla 12. Resultados de la prueba de determinación de triptófano

Control (g Aminoácidos/ 100g de proteína)	Pasta 70% amaranto (g Aminoácidos/ 100g de proteína)	Harina de amaranto (g Aminoácidos/ 100g de proteína)
0.9 ^{a*}	1.15 ^b	1.24 ^{b♦}

* Letras diferentes entre columnas indican diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$).

♦ Fuente: Cortés, 2011.

Como se puede observar en la tabla 12, la cantidad de triptófano en la pasta con 70% de amaranto es mayor, que la pasta control y son estadísticamente diferentes

($P \leq 0.05$). Y si esto es comparado con los niveles propuestos en el patrón de requerimientos en aminoácidos esenciales propuesto por la FAO/OMS en 1985, tiene el nivel ideal de 1.1 g aminoácidos/ 100g de proteína.

En cuanto a la pérdida del aminoácido por el tratamiento térmico al que fue sometida la pasta (secado) no hay diferencia estadística ($P \leq 0.05$) comparada con una muestra de harina de amaranto (Cortés, 2011), por lo tanto, el triptófano se conservó en una buena cantidad en la pasta para lasaña.

3.6.2 Digestibilidad *in vitro*

La digestibilidad de la proteína es un parámetro muy importante, ya que aunque la proteína sea de muy alta calidad, lo que importa es que esta sea absorbida por el cuerpo humano, para que pueda ser utilizada; la digestibilidad será igual a 100 cuando el nitrógeno ingerido sea totalmente absorbido (Manríquez, 1994).

Tabla 13. Resultados de la prueba de digestibilidad *in vitro*.

Pasta Control (%)	Pasta 70% A-20% S-10%G (%)	*Grano de amaranto reventado (%)
87.98 ^a	84.42 ^{a**}	88.5 ^a

*Manríquez, 1994

** Letras diferentes entre columnas indican diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$).

La pasta con 70% harina de amaranto tuvo un valor de digestibilidad del 84.42%, el cual es muy buen valor, ya que una gran parte de la proteína será absorbida por el cuerpo humano. Este resultado se comparó con la pasta control y el dato de la digestibilidad del grano de amaranto reventado (Tabla 13) (Manríquez, 1994); estadísticamente los datos son iguales ($P \leq 0.05$) lo que indica que la digestibilidad de la proteína en la pasta para lasaña es buena.

3.6.3 Perfil de aminoácidos

En la Tabla 14 se presentan los resultados obtenidos en el análisis de perfil de aminoácidos, de la pasta con 70% de adición de harina integral de amaranto, y la pasta control. En la tabla 14 se señalan los aminoácidos esenciales, en los cuales la treonina, metionina, y lisina, aumentaron en comparación con la pasta control. Uno de los aminoácidos que más importaba en este perfil era la lisina, el cual es el aminoácido limitante en los cereales, y en la pasta para lasaña de harina de amaranto, se presenta como un aminoácido que aumentó al doble comparado con el control. Los valores de aminoácidos son muy buenos en la pasta de harina de amaranto comparada con la pasta control, ya que los aminoácidos esenciales, se encuentran en una proporción alta en esta pasta.

Tabla 14. Resultados del perfil de aminoácidos de la pasta de 70% harina integral de amaranto, y la pasta control.

Aminoácido	Pasta control (g Aminoácidos/ 100g de proteína)	Pasta 70-20-10 (g Aminoácidos/ 100g de proteína)
Aspártico	4.033 ^{a**}	5.362 ^b
Glutámico	32.002 ^a	29.127 ^a
Serina	3.110 ^a	4.290 ^a
Histidina	2.267 ^a	2.364 ^a
Glicina	1.673 ^a	2.016 ^b
Treonina *	3.366 ^a	7.237 ^b
Arginina	3.625 ^a	4.233 ^a
Alanina	3.633 ^a	3.919 ^a
Tirosina	2.218 ^a	2.706 ^b
Metionina *	1.101 ^a	1.564 ^b
Valina *	4.693 ^a	4.312 ^a
Fenilalanina *	5.147 ^a	4.634 ^a
Isoleucina *	4.069 ^a	3.846 ^a
Leucina *	7.410 ^a	6.068 ^b
Lisina *	1.494 ^a	3.183 ^b

*= Aminoácidos esenciales

** Letras diferentes entre columnas indican diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$).

Pero para poder decir que la pasta es realmente de buena calidad se comparó con los valores de requerimientos de aminoácidos recomendado por la FAO/OMS (Tabla 15).

Tabla 15. Comparación de los valores del perfil de requerimientos de aminoácidos FAO/OMS con los valores de la pasta de harina integral de amaranto

Aminoácido	Perfil de requerimientos de aminoácidos FAO/OMS** (g aminoácido /100g proteína)	Pasta 70-20-10 (g aminoácido/ 100g de proteína)
Cistina + Metionina	2,5 ^{a*}	1.56 ^{a*}
Histidina	1,9 ^a	2.36 ^b
Isoleucina	2,8 ^a	3.64 ^b
Leucina	6,6 ^a	6.06 ^a
Lisina	5,8 ^a	3.18 ^b
Treonina	3,4 ^a	7.23 ^b
Triptofano	1,1 ^a	1.14 ^a
Tirosina + Fenilalanina	6,3 ^a	7.34 ^a
Valina	3,5 ^a	4.31 ^b

*Solo hay dato de Metionina

**FAO/OMS. Informe de la reunión consultiva sobre Necesidades de energía y proteínas (1985)

* Letras diferentes entre columnas indican diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$).

Se puede observar que los aminoácidos Isoleucina, Treonina, Tirosina+Fenilalanina y Valina; de la pasta de harina integral de amaranto, están por arriba de los valores de requerimiento diario de la FAO/OMS (Tabla 15). En la leucina, el dato es 6.6 g aminoácido/ 100g de proteína para el perfil FAO/OMS y la pasta de harina integral de amaranto el dato es 6.06 g aminoácido/ 100g de proteína, ambos datos son muy similares y en el caso del triptófano sucede lo mismo al tener 1.1 g aminoácido/ 100g de proteína (Tabla 15). El único aminoácido que está en menor proporción en la pasta de harina integral de amaranto, comparada con el perfil FAO/OMS, es la lisina, pero comparada con otros cereales se vio aumentada, por ser el aminoácido limitante.

Por lo tanto, esta pasta cumple con las características del perfil de requerimientos de aminoácidos FAO/OMS, lo cual la hace un alimento con alta calidad nutricional.

3.7 Resultados de la prueba de nivel de agrado de la pasta de con 70% de harina de amaranto integral.

Esta prueba se realizó con un panel de 100 jueces no entrenados. Los resultados se muestran en la Tabla 16.

Tabla 16. Resultados de la prueba de nivel de agrado

Promedio	7.3
Porcentaje de aceptación	72%

La pasta tuvo una buena calificación promedio (Tabla 16), y un 72% de los jueces la calificaron como agradable; con lo que se puede decir que a la población encuestada le agradó el sabor de la pasta adicionada con harina integral de amaranto.

Conclusiones

La composición química de la harina de amaranto fue mejor que la sémola de trigo lo que permitió usarla como materia prima para que pudiera complementarla.

Se elaboraron pastas para lasaña con 50, 60 y 70% de harina de amaranto y 10% de gluten, con buenas características químicas, físicas, culinarias y sensoriales.

La pasta con 70% de harina de amaranto, 20% de trigo y 10% de gluten de trigo fue elegida como la de mejores características, con base a los análisis propuestos.

La pasta con 70% de harina de amaranto, 20% de trigo y 10% de gluten de trigo tuvo una mejor calidad nutrimental que la pasta control elaborada con sémola de trigo pues contiene todos los aminoácidos esenciales y su digestibilidad *in vitro* es buena.

La pasta con 70% harina de amaranto, 20% de trigo y 10% de gluten de trigo tuvo un 72% de aceptación por parte del consumidor y se le otorgó una calificación de 7.3.

Se considera que esta pasta es una buena alternativa para incluirla en la dieta de la población y así contribuir en el combate a los problemas de desnutrición.

Recomendaciones

Realizar un perfil de ácidos grasos para confirmar la presencia y conocer la proporción de ácidos grasos esenciales como el ácido linoleico (omega-6) y el ácido oleico, y del escualeno.

Determinar el coeficiente de eficiencia proteica (PER) a la pasta con harina de amaranto, para confirmar que la proteína será asimilada por quien la consuma.

Realizar un estudio de factibilidad financiera, para saber si este producto puede ser comercializado en el mercado exitosamente.

Referencias

- Acosta K, (2007). Elaboración de una pasta alimentaria a partir de sémolas de diferentes variedades de cebada. Tesis de Licenciatura, Química en Alimentos, IPN.
- Agro síntesis (2012). Panorama del trigo en México, Editorial Agro síntesis. México D.F.
- Amaranto: Alimento del Futuro. (2000). El valor nutritivo del amaranto., Fecha de consulta: Febrero de 2014. Disponible en: <http://www.amaranto.cl/informacion-nutricional.html>
- A.O.A.C. (2005). Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists Inc.18^{va} ed., Gaithersburg, Maryland, EUA.
- Araya, H., Pak, N., Alviña, M. (2003). Digestión rate of legume carbohydrates and glycemic index of legume-based meals. International Journal of Food Science Nutrition 54: 119-126.
- Arrizon-López, V., Slocum, R, Lee, P., (1987). Expanded protein hidrolizate analysis system 6300/7300, Application notes no, A630-AN-007. Palo Alto, California, Spinco Division of Beckham Instruments Inc.
- Asociación Mexicana del Amaranto. (2003). Centro de información al consumidor de amaranto.
- Astaiza, M., Ruíz, L., Elizalde, A. (2010). Elaboración de pastas alimenticias elaboradas a partir de harina de quinua y zanahoria. Revista de Biología y Agronomía. 8(1).
- Badui, S. (2001), Química de los alimentos. México, Ed. Pearson educación.
- Becker, R.; Wheeler, E.L., Lorenz, K., Stafford, A.E., Grosjean, O.K., Betschart A. A., y Saunders R. M. (1989). A compositional study of amaranth grain, Journal of food science. 46: 1175-1180.
- Cabrera, A.C.A. (2007). Desarrollo de una formulación de pasta para sopa

tipo tallarín a base de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*) con alta calidad nutrimental, Tesis de licenciatura. Ingeniería en Alimentos, FESC, UNAM.

- Callejo, G. M. J. (2002). Industrias de cereales y derivados. Ediciones MundiPrensa. Madrid. pp. 25-35; 67-72; 90-101; 191-208; 222-23.
- Chagaray, A. (2005). Estudio de factibilidad del cultivo de Amaranto. Dirección provincial de desarrollo, Gobierno de la provincia de Catamarca.
- Consejería Comercial de México en Italia. (2007). Italia: investigación de mercado y canales de distribución para trigo cristalino. Secretaría de Finanzas, Inversión y Administración, México D.F.
- Contreras E.; Jaimez J., Soto J. y Castañeda O. (2011). Aumento del contenido proteico de una bebida a base de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*). Revista Chilena de Nutrición 38(3).
- Cortés A.Y.D. (2011). Desarrollo de un pan complementado con harina de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*) con alta calidad nutrimental. Tesis de licenciatura. Ingeniería en Alimentos, FESC, UNAM.
- De la Cruz, E. y García J.M. (2010). Mejoramiento de los pseudocereales en el ININ. ININ HOY. Fecha de consulta: Febrero de 2014. Disponible en: <http://www.inin.gob.mx/publicaciones/documentospdf/48%20MEJORAMIEN TO.pdf>
- De Villafañe, H.M. (2010). Todo acerca del trigo. Sinaloa, México. Fecha de consulta: Abril de 2014. Disponible en: http://www.molinovillafane.com/todo_acerca_del_trigo.html
- Dendy, D. y Dobraszczyk, B. (2001) Cereals and Cereal Products: Chemistry and Technology. Kluwer Academic Plenum Publishers,
- Donnelly, B.J. (1997). Pasta and noodle technology. Trends in Food Science & Technology. 8(252).
- Escudero, N.L., Arellano, M.L., Luco, J.M., Gimenez, M.S. y Mucciarelli, S.I. 2004. Comparison of the chemical composition and nutritional value of *Amaranthus cruentus* flour and its protein concentrate. Plant Food for Human Nutrition 59: 15-21.

- Fabriani, G. y Lintas, C. (1998). Durum: Chemistry and technology, capitulo 10, American Association of Food Chemist, Inc. St., Paulo, Minnesota, USA.
- FAO, (1997). Nutrición y Composición Química de Cereales. Disponible en:
- <http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro01/Cap7.htm#Top>
- FAO/OMS (1985). Informe de la reunión consultiva sobre Necesidades de energía y proteínas. Serie informes técnicos. Ginebra, Suiza, 724.
- Flores, R.C.O. (2011). Amaranto, conocimientos alimenticios, agronómicos y tecnológicos al inicio del siglo XXI, Tesis de licenciatura. Ingeniería en Alimentos, FESC, UNAM.
- Forero, D. G. (2000). Almacenamiento de Granos. UNAD, Facultad de Ciencias Agrarias, Bogotá.
- Guillen-Portal, F.R.; Baltensperger, D.D. y Nelson, L.A. (1999). "Plant population influence on yield and agronomic traits in plainsman grain amaranth". In: Janick (ed.), Perspectives on new crops and new uses. Alexandria, VA., ASHS Press, 33: 190-193.
- Hosenev, R.C. (1998). Principles of cereal: science and technology. 2° Ed. American Association of Cereal Chemists, St Paul, Minnessota. U.S.A.
- Hsu, H. W., Vavak. D. L., Satterlee, L. D., Miller, G. A. (1977). A Multienzyme Technique for Estimating Protein Digestibility. Journal of Science Food. 42,1269.
- International Pasta Organisation (IPO), (2012). Consumo de pastas alimenticias en el mundo. Fecha de consulta: Marzo de 2014. Disponible en: <http://www.internationalpasta.org/index.aspx?idsub=31>
- Kill, R.C., Turnbull, K. (2001). Tecnología de la elaboración de pasta y sémola, 1ª ed. Ed. Acribia, Zaragoza, España.
- Kritchevsky D. and Bonfield, (1998). Dietary Fiber in Health and Disease. Book review in American Journal of Clinical Nutrition 69:1308.
- Lista Alimenticia S.A. (2012). Preguntas frecuentes, pasta. Fecha de consulta: 10 de marzo de 2013. Disponible en: <http://www.lista.com.co/preguntas.htm#laminada>

- Manriquez, J.A. (1994). La digestibilidad como criterio de evaluación de alimentos, su aplicación en peces y la conservación del medio ambiente. Depósito de documentos de la FAO.
- Martinez, J.M. (2012). Descripción del grano del trigo. El club del pan. Fecha de consulta: 21 de marzo de 2013 Disponible en: http://www.elclubdelpan.com/es/libro_maestro/descripci%C3%B3n-del-grano-del-trigo
- Mondragón, M.C.; Barme, F.; Calderon, M. (1982), Determinación colorimétrica de triptófano en alimentos, Archivos Latinoamericanos de Nutrición 32(1) 79-86.
- Montgomery, D. C., Hines, W. W. (1996). Probabilidad y estadística para ingeniería y administración. 2ª ed., Ed. Compañía editorial continental. México.
- Noguez, A. J. y Vázquez C.L., (2010). Características del pan elaborado con diferentes mezclas trigo-amaranto y dos métodos diferentes de panificación. XII Congreso nacional de ciencia y Tecnología de alimentos, Guanajuato, México.
- Norma Oficial Mexicana NOM-247-SSA1-2008, Productos y servicios. Cereales y sus productos. Cereales, harinas de cereales, sémolas o semolinas. Alimentos a base de: cereales, semillas comestibles, de harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificación. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales. Métodos de prueba.
- Paredes López. O, Barba de la Rosa, A. P., Hernandez López, D. Carabez Trejo, A. (1990). Amaranto: Características y aprovechamiento industrial. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington, D.C.
- Pedrero F.D. and Pangborn R.M (1989). Evaluación sensorial de los alimentos: Métodos analíticos, 1ª ed., México: Ed. Alhambra Mexicana.
- Prieto, J.M., Méndez, M.A, Román G, Prieto, F.G. (2005). Estudio comparativo de características fisicoquímicas de cereales Kellogg's.

Revista Chilena de Nutrición, 32 (1).

- Quaglia, G. (1991). Ciencia y tecnología de la panificación. Ed. Acribia, S.A.
- Rivera, L. E.; Romero, B. J. (1996). Estudio de la calidad del trigo, su harina. Evaluación de tres variedades de trigo (*Triticum aestivum*). Tesis de Licenciatura, Ingeniería en alimentos, UNAM, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, México.
- Rodríguez, I. (2012) Mexicanos consumen 2.7 kg de pasta al año. Fecha de consulta: Marzo de 2014. Disponible en: <http://www.manufactura.mx/industria/2012/10/22/mexicanos-consumen-27-kg-de-pasta-al-ano>
- SAGARPA (2011). El cultivo del trigo. Fecha de consulta: 10 de marzo de 2013, Disponible en: <http://www.oeidrus-bc.gob.mx/sispro/trigobc/Descargas/ElCultivoTrigo.pdf>
- Singhal, R.S. y P.R. Kulkarni. (1988). Review: amaranth and underutilized resource. *International Journal of Food Science and Technology* 23: 125-139.
- Soteras, E. M. (2011). Obtención y formulación de una bebida en base de granos de amaranto. Tesis de maestría. Maestría en ciencia y tecnología de los alimentos. Universidad Nacional del Litoral, Facultad de ingeniería química.
- Tosi, E.A.; Ré, E.; Lucero, H. y Masciarelli, R. (2001). "Dietary fiber obtained from amaranth (*Amaranthus cruentus*) grain by diferencial milling". *Food Chemistry*, 73(4): 441-443.
- Van Lit, G. (1999). Conferencia sobre el trigo duro en un congreso de la British Pasta Producers Association.
- Vázquez-Ortiz, F.A.; Caire, G.; Higuera-Ciapara, I. and Hernández, G. (1995). High Performance Liquid Chromatographic Determination of Free Amino Acids in Shrimp. *Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies* 18(19): 2059-2068.

Anexo 1

Formato de prueba sensorial de preferencia

Prueba sensorial de preferencia		
Edad: _____	Sexo: H M	
Producto: Pasta de amaranto		
Pruebe por favor las muestras en el orden que se dan, e indique el nivel de agrado con cada muestra marcando el nivel de agrado con 1= la que menos gusta y 3= la que más gusta.		
Código de las muestras:		
638	637	636
Calificación:	_____	_____
Comentarios: _____		
Gracias.		

Codificación de las muestras:

Tipo de Pasta	Clave
50%A-40%S-10%G	638
60% A-30%S-10%G	637
70% A-20%S-10%G	636

Resultados prueba de preferencia

Juez (n)	638	637	636
1	2	3	1
2	1	3	2
3	2	3	1
4	2	3	1
5	1	3	2
6	1	3	2
7	1	3	2
8	1	3	2
9	1	3	2
10	1	3	2
11	2	3	1
12	1	3	2
13	1	3	2
14	2	3	1
15	2	3	1
16	2	1	3
17	2	1	3
18	2	1	3
19	2	1	3
20	2	1	3
21	2	1	3
22	2	1	3
23	2	1	3
24	1	2	3
25	1	2	3
26	1	2	3
27	2	1	3
28	2	1	3
29	2	1	3
30	1	2	3
31	1	2	3
32	1	2	3
33	1	2	3
34	1	2	3
35	1	2	3
36	1	2	3
37	2	1	3
38	2	1	3
39	2	1	3

Juez (n)	638	637	636
51	3	2	1
52	3	2	1
53	3	2	1
54	3	2	1
55	3	2	1
56	3	2	1
57	3	2	1
58	3	2	1
59	3	2	1
60	3	2	1
61	3	2	1
62	3	2	1
63	3	2	1
64	3	2	1
65	3	2	1
66	3	2	1
67	3	2	1
68	3	2	1
69	3	2	1
70	3	2	1
71	3	2	1
72	3	2	1
73	3	2	1
74	3	2	1
75	3	2	1
76	3	2	1
77	3	1	2
78	3	1	2
79	3	1	2
80	3	1	2
81	3	1	2
82	3	1	2
83	3	1	2
84	3	1	2
85	3	1	2
86	3	1	2
87	3	1	2
88	3	1	2
89	3	1	2

40	2	1	3
41	2	1	3
42	2	1	3
43	1	2	3
44	1	2	3
45	1	2	3
46	1	2	3
47	1	2	3
48	3	1	1
49	2	1	1
50	3	2	1

90	3	1	2
91	3	1	2
92	3	1	2
93	3	1	2
94	3	1	2
95	3	1	2
96	3	1	2
97	3	1	2
98	3	1	2
99	3	1	2
100	3	1	2
Puntuación	228	172	197

Resultados prueba de nivel de agrado

Juez (n)	Calificación	Juez (n)	Calificación	Juez (n)	Calificación
1	10	34	9.3	69	6.5
2	10	35	9	70	6.5
3	10	36	9	71	6.5
4	10	37	9	72	5.3
5	10	38	9	73	5
6	10	39	9	74	5
7	10	40	9	75	5
8	10	41	8.6	76	5
9	10	42	8.5	77	5
10	10	43	8.5	78	5
11	10	44	8.5	79	5
12	10	45	8.5	80	5
13	10	46	8.5	81	5
14	10	47	8.4	82	5
15	10	48	8.3	83	5
16	10	49	8.2	84	4.5
17	10	50	8	85	4
18	10	51	8	86	4
19	10	52	8	87	4
20	10	53	8	88	4
21	10	54	7.9	89	3.5
20	10	55	7.5	90	3.5
21	10	56	7.5	91	3
22	10	57	7.5	92	3
23	10	58	7.3	93	2.5
24	10	59	7	94	2.3
25	10	60	7	95	1
26	10	61	7	96	0
27	10	62	7	97	0
28	10	63	7	98	0
29	10	64	7	99	0
30	10	65	7	100	0
31	9.5	66	7		
32	9.5	67	7		
33	9.5	68	6.7		

Promedio: 7.26

Porcentaje de aceptación: 72.63%