

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA



EVALUACIÓN DE LA COMPOSICIÓN FISICOQUÍMICA Y SENSORIAL
DE PASTAS TIPO “FETTUCCHINE” ELABORADAS CON HARINA
COMPUESTA DE GUAPO Y DE TRIGO

PRESENTADO POR:

RUT DE JESÚS GONZÁLEZ CASTILLO
MAIRA MERCEDES IBAÑEZ DIAZ

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO ANTE LA UNIVERSIDAD DE
ORIENTE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR AL TÍTULO DE:
INGENIERO QUÍMICO

BARCELONA, OCTUBRE DE 2010

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERA QUÍMICA



EVALUACIÓN DE LA COMPOSICIÓN FÍSICOQUÍMICA Y SENSORIAL
DE PASTAS TIPO “FETTUCCHINE” ELABORADAS CON HARINA
COMPUESTA DE GUAPO Y DE TRIGO

ASESOR

Lic. Ana Teresa Ciarfella, Dra.

Asesor Académico

BARCELONA, OCTUBRE DE 2010

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA



EVALUACIÓN DE LA COMPOSICIÓN FÍSICOQUÍMICA Y SENSORIAL
DE PASTAS TIPO “FETTUCINE” ELABORADAS CON HARINA
COMPUESTA DE GUAPO Y DE TRIGO
JURADOS

Lic. Ana Ciarfella, Dra.

Asesor Académico

Ing. Quím. Milena Amundarain, M.Sc.

Jurado Principal

Ing. Quím. Lucas Álvarez, Ph.D.

Jurado Principal

BARCELONA, OCTUBRE DE 2010

RESOLUCIÓN

ARTÍCULO 41

REGLAMENTO DE TRABAJOS DE GRADO

“Los Trabajos de Grado son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente y sólo podrán ser utilizados a otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario para su autorización”

DEDICATORIAS

A Dios todopoderoso por brindarme la oportunidad de la vida y estar siempre a mi lado dándome la fortaleza y voluntad necesarias para terminar este proyecto de investigación. Gracias por todas las bendiciones que me has dado.

A mis padres Teresa y Eleazar por su apoyo y amor infinito; no tengo palabras para expresar lo mucho que los quiero. A mis sobrinos Génesis Sofía y Sebastián Moisés. A mis hermanos y demás familiares que me han brindado su apoyo incondicional.

A todas mis amistades que de una u otra forma han pasado por mi vida dejando su huella, y formando parte importante de mi existencia.

Rut González

A mi Padre Celestial a quien amo por sobre todas las cosas y procuro dedicar cada momento de mi vida. Gracias mi DIOS, eres todopoderoso, eres grande y majestuoso, eres fuerte, invencible y no hay nadie como tú...

A mis padres Luis y Ana por todo su amor y creer en mí. A mi princesa Ariam Kreitsneizirys, te amo mucho hija. A mis sobrinas Gritzabeth de los Ángeles y Germarys Alexandra, mis nenas preciosas, las quiero mucho. A mis hermanos Edwil Joel y Endder Jhonson por siempre estar a mi lado apoyándome en todo momento. A mi cuñis Grisel Álvarez por estar pendiente y colaborar en todo lo que necesité. A mi primis adorada Marleni (chiki) aunque ya no estés entre nosotros, también te la dedico, porque sé que esperabas este día...

A mis amigas Doritza, Lennys, Lissetti, Arnabelys, Yanirma, Rut, Silenia, Mallerlyn, Eunice, Digna y en fin a todas mis amistades, por haber compartido conmigo momentos malos y buenos.

Maira Ibáñez

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos antes que a nadie a Dios todopoderoso por permitirnos el privilegio de estudiar y alcanzar el objetivo anhelado.

Además queremos agradecer a todas las personas involucradas en el desarrollo de este trabajo:

- A nuestra asesora académica la profesora Ana Ciarfella, por tenernos toda la paciencia del mundo y ayudarnos en este proyecto.
- A la técnico Lizeth Colón por prestarnos su ayuda en el laboratorio. Gracias hermana!!!
- A Morelba por toda la atención brindada.
- A los profesores Osvaldo Ochoa, Genara Reyes y Jeanny por su asesoría y colaboración.
- Y finalmente, agradecemos el apoyo brindado por nuestros familiares y amigos, quienes con el mismo fervor que nosotras, esperaron el momento de la culminación de nuestra carrera.

Gracias a todos...

Rut y Maira

RESUMEN

Las pastas alimenticias son un producto de consumo masivo, considerado además un alimento funcional por su bajo aporte de grasa. Básicamente, se elaboran de sémolas de trigo y agua principalmente. El objetivo de este estudio fue la obtención de la harina del rizoma de guapo (*Maranta arundinacea*) y la elaboración de pastas alimenticias tipo “fettuccine” con harina de trigo (*Triticum vulgare*) y harina compuesta (trigo-guapo). Se realizó un análisis proximal (humedad, proteínas, grasa, fibra cruda, cenizas y carbohidratos) tanto para las harinas como para las pastas elaboradas. Se evaluaron los atributos sensoriales de las pastas en cuanto a color, sabor y textura; también se realizó un estudio estadístico aplicando una prueba de comparación pareada por preferencia (prueba de dos colas), en la cual se contó con un panel de 30 panelistas. Los resultados de la composición proximal, muestran que al comparar harina de guapo con la harina de trigo, el contenido de carbohidratos, cenizas y fibra cruda fue superior en la harina de guapo en 6,61 %, 73,47 % y 43 %, respectivamente; la pasta trigo-guapo presentó mayor contenido de fibra cruda y ceniza y menor contenido de proteínas y grasa que la pasta elaborada con harina de trigo. En la evaluación sensorial la pasta trigo-guapo presentó diferencia significativa en cuanto al color y al sabor; mientras que en la textura la pasta control presentó mayor dureza y adhesividad. Finalmente se realizó un estudio económico donde se determinó que el proceso para la producción de pastas alimenticias con harina compuesta trigo-guapo es rentable.

INDICE GENERAL

RESOLUCIÓN	iv
DEDICATORIAS	v
AGRADECIMIENTOS	vi
RESUMEN.....	vii
INDICE GENERAL	viii
INDICE DE FIGURAS.....	xi
INDICE DE TABLAS	xiv
INDICE DE TABLAS	xiv
CAPÍTULO 1	17
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
1.2 OBJETIVOS	18
1.2.1. Objetivo general.....	18
1.2.2. Objetivos específicos	18
CAPITULO 2	20
2.1 ANTECEDENTES.....	20
2.2 EL TRIGO	21
2.2.1. Generalidades del trigo	21
2.2.2. Descripción de la planta.....	23
2.2.3. Características del grano de trigo.....	25
2.2.4. Tipos de trigo	25
2.2.5 Composición química del trigo [10]	26
2.2.6 La harina	28
2.3. MARANTA ARUNDINACEA (GUAPO).....	35
2.3.1. Generalidades del guapo	35
2.3.2. Descripción de la planta	37

2.4. PASTAS ALIMENTICIAS	40
2.4.1 Valor nutricional de la pasta alimenticia.....	44
2.4.2. Tipos de pastas alimenticias.....	45
2.4.3 Requisitos organolépticos y químicos.....	45
2.4.4 Objetivo y procesos necesarios en la producción de pastas alimenticias..	46
2.4.5 Proceso completo de elaboración de pastas alimenticias [22]	47
2.4.6 Conservación de las pastas.....	50
2.4.7. Métodos de análisis para pastas alimenticias	51
2.5 EVALUACIÓN SENSORIAL	57
2.5.1. Métodos de evaluación sensorial	57
2.6 EVALUACIÓN ECONÓMICA DE PROCESOS.....	59
2.6.1 Método de estimación de costos	59
2.6.2 Estimación de Inversión total de capital y costo total de producción	61
CAPITULO 3	65
3.1 DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS Y MATERIALES	65
3.1.1 Equipos.....	65
3.1.2 Materiales y sustancias.....	65
3.2 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	66
3.2.1 Obtención de la harina del rizoma guapo (<i>Maranta arundinacea</i>).....	66
3.2.2 Elaboración de las pastas alimenticias	67
3.2.3 Análisis químicos de las harinas y de las pastas alimenticias.....	69
3.2.4 Análisis físico de las pastas alimenticias	72
3.3 ESTUDIO ECONÓMICO	74
3.3.1 Estimación de la Inversión Total de Capital (ITC)	74
3.3.2 Estimación del Costo Total de Producción (CTP).....	75
CAPITULO 4	78
4.1 ANÁLISIS PROXIMAL.....	78
4.1.1 Caracterización proximal de las harinas	78

4.1.2 Caracterización proximal de las pastas alimenticias.....	85
4.2 ANÁLISIS FÍSICO DE LAS PASTAS ALIMENTICIAS.....	92
4.2.1 Color.....	92
4.2.2 Textura	98
4.2.3 Evaluación sensorial.....	103
4.3 ESTUDIO ECONÓMICO DEL PROCESO.....	104
4.4 CONCLUSIONES	109
4.5 RECOMENDACIONES.....	110
BIBLIOGRAFÍA	111
ANEXOS	¡Error! Marcador no definido.
ANEXOS A.....	¡Error! Marcador no definido.
ANEXOS B.....	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO C.....	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO D.....	¡Error! Marcador no definido.
METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:.....	115

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1.-Principales países productores de trigo durante el año 2005 [8]	22
Figura 2.2 Partes principales del trigo.....	24
Figura 2.3 Planta de <i>Maranta arundinacea</i> [15]	37
Figura 2.4 Rizoma de <i>Maranta arundinacea</i> (Guapo) [15].....	38
Figura 2.5 Producción mundial de pasta alimenticia [19].....	42
Figura 2.6 Producción de pasta en América [19].....	43
Figura 2.7 Diagrama de flujo cualitativo de la elaboración de espaguetis [22]	49
Figura 2.8 Curva típica de perfil de textura lograda en texturómetro (Bourne, 1978)	56
Figura 3.1 Diagrama para la obtención de la harina del rizoma de guapo.....	67
Figura 3.2 Diagrama obtención de las diferentes pastas alimenticias.....	68
Figura 4.1 Contenido promedio de humedad en la harina de trigo y harina de guapo	79
Figura 4.2 Contenido promedio de proteínas en la harina de trigo y harina de guapo	81
Figura 4.3 Contenido promedio de grasa en la harina de trigo y harina de guapo.....	82
Figura 4.4 Contenido promedio de fibra cruda en la harina de trigo y harina de guapo	83
Figura 4.5 Contenido promedio de cenizas en la harina de trigo y harina de guapo .	84
Figura 4.6 Contenido de carbohidratos en harina de trigo y harina de guapo	85
Figura 4.7 Contenido promedio de humedad en pastas alimenticias 100% HT y 50%HT/50%HG	87
Figura 4.8 Contenido promedio de proteínas en pastas alimenticias 100% HT y 50%HT/50%HG	88
Figura 4.9 Contenido promedio de grasa en pastas alimenticias 100% HT y 50%HT/50%HG	89
Figura 4.10 Contenido promedio de fibra cruda en pastas alimenticias 100% HT y..	90

Figura 4.11 Contenido promedio de ceniza en pastas alimenticias 100% HT y 50%HT/50%HG	91
Figura 4.12 Contenido de carbohidratos en pastas alimenticias 100% HT y 50%HT/50%HG	92
Figura 4.13 Parámetros de color en pastas alimenticias crudas 100% HT y 50%HT/50%HG	94
Figura 4.14 Índice de blancura en pastas alimenticias crudas 100% HT y 50%HT/50%HG	94
Figura 4.15 Parámetros de color en pastas alimenticias cocidas 100% HT y 50%HT/50%HG	96
Figura 4.16 Índice de blancura en pastas alimenticias cocidas 100% HT y 50%HT/50%HG	97
Figura 4.17 Diferencia de color (ΔE) en pastas alimenticias cocidas 100% HT y 50%HT	97
Figura 4.18 Comparación de color de las pastas alimenticias 50%HT/50%HG en crudo y cocido	98
Figura 4.19 Perfil de textura de la pasta cruda trigo	100
Figura 4.20 Perfil de textura de la pasta cruda trigo-guapo	100
Figura 4.21 Perfil de textura de la pasta cocida trigo	102
Figura 4.22 Perfil de textura de la pasta cocida trigo-guapo	102
Figura 4.23 Comparación de los atributos color, sabor y textura de las pastas cocidas 100 % harina de trigo y 50 % harina de guapo.	103
Figura A.1 Equipo utilizado para la determinación de la humedad. ¡Error! Marcador no definido.	
Figura A.2 Equipo utilizado para la determinación de cenizas... ¡Error! Marcador no definido.	
Figura A.3 Equipo utilizado para digerir las proteínas ¡Error! Marcador no definido.	

- Figura A.4 Equipo de destilación automática utilizado para la determinación de; **Error! Marcador no definido.**
- Figura A.5 Equipo utilizado en la determinación de fibra cruda ; **Error! Marcador no definido.**
- Figura A.6 Equipo usado para la determinación de grasa.....; **Error! Marcador no definido.**
- Figura A.7 Deshidratador de bandejas utilizado para secar las pastas..... ; **Error! Marcador no definido.**
- Figura A.8 Equipo para la medición de color HunterLab COLORFLEX ; **Error! Marcador no definido.**
- Figura A.9 Equipo para los análisis de textura; **Error! Marcador no definido.**

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Tipos de trigo, características y usos [1].....	26
Tabla 2.2 Diferentes vitaminas que contiene el trigo [10].....	27
Tabla 2.3 Contenido de nutrientes en algunos cereales por 100 g de muestra [1].....	28
Tabla 2.4 Requisitos físicos y químicos de las harina [13].....	30
Tabla 2.5 Composición de diferentes harinas de trigo [3].....	32
Tabla 2.6 Tipos de harinas compuestas [3].....	35
Tabla 2.7 Jerarquía Taxonómica del guapo [4].....	37
Tabla 2.8 Composición de almidón de rizoma de guapo [14].....	39
Tabla 2.9 Composición de rizomas de <i>Maranta arundinacea</i> [14].....	40
Tabla 2.10 Consumo promedio de cereales kg/persona al año en América [19].....	44
Tabla 2.11 Requisitos químicos de las pastas alimenticias [16].....	46
Tabla 2.12 Factores usados para convertir el nitrógeno en proteína cruda de ciertos alimentos (FAO/WHO, 1973).....	52
Tabla 2.13 Factores relativos para la estimación de inversión de capital para los diversos rubros, basado en el costo de equipo entregado [27].....	62
Tabla 2.14 Estimación del Costo total de producción (CTP) en base anual [27].	64
Tabla 3.1 Costo de la materia prima	75
Tabla 4.1 Análisis proximal (base seca) de la harina de trigo y de la harina de guapo	78
Tabla 4.2 Composición proximal de las pastas elaboradas con harina de trigo y harina de guapo	86
Tabla 4.3 Análisis de color de las pastas alimenticias con harina de trigo y harina de guapo.....	93
Tabla 4.4 Análisis de color de las pastas alimenticias con harina de trigo y harina de guapo.....	95

Tabla 4.5 Valores obtenidos mediante el análisis de TPA de las pastas alimenticias	99
Tabla 4.6 Resultados de la prueba sensorial	103
Tabla 4.7 Costo de los Equipos Entregados correspondientes a la planta piloto de producción de pastas alimenticias	105
Tabla 4.8 Inversión Total de Capital para la planta piloto de producción de pastas alimenticias.	106
Tabla 4.9 Estimación del Costo Total de Producción (CTP) en base anual	108

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las pastas alimenticias representan un alimento primordial en la dieta del venezolano que está basada, en un alto porcentaje, en el consumo de harina; siendo su principal ingrediente el trigo, el cual constituye junto con el maíz, el arroz y la avena, una de las más importantes fuentes de carbohidratos para la población [1].

Las pastas alimenticias son ricas en carbohidratos y aportan el 15% de las necesidades diarias de los venezolanos, por lo que constituyen una importante fuente de calorías. Se ha demostrado que el consumo de 100 g de pasta aporta 363 calorías, 72 g de hidratos de carbono, 15,6 g de proteínas, 1,6 g de grasa, minerales y vitaminas; lo que comprueba la importancia de su existencia en la mesa de todas las familias venezolanas [2].

En la actualidad, aunque Venezuela no es un productor de trigo, funcionan varios molinos para el trigo de importación, limitándose su siembra a pequeñas áreas de la región de los Andes para consumo interno [3]. El trigo es un producto importado que se ha encarecido cada vez más debido a las frecuentes subidas del precio del dólar y los aranceles de aduanas. Debido a esto, la harina de trigo se ha tornado de igual forma costosa, por lo que se ha pensado en la sustitución parcial o total de la misma por harinas preparadas de raíces y tubérculos autóctonos de menor costo, los cuales son cultivados en varias regiones del país, como el rizoma de “guapo” (*Maranta arundinacea*).

El guapo es una especie herbácea perenne originaria de la cuenca del Orinoco cuyo hábitat son las selvas tropicales. Sus rizomas dan un almidón fácil de digerir y constituyen una destacada fuente de proteínas, hierro y fósforo. De estos rizomas se

obtiene el denominado “arrurruz de Barbados”, fécula de grano muy fino que se usa en la dieta humana en la forma de bizcochos, pudines, mermeladas, tortas, galletas y también con leche o hervido con algo de harina de trigo como alimento, fácilmente digerible para niños y personas con restricciones dietéticas [4].

En concordancia con el artículo 9 del decreto publicado en la Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 38797 de fecha 26 de octubre 2007, del Ministerio el Poder Popular para las Industrias Ligeras y Comercio, establece que, para la elaboración de pastas alimenticias a partir de cereales diferentes al trigo la proporción de cereales nacionales en la mezcla puede ser mayor al 30%.

Por esta razón, se ha planteado en el presente trabajo, elaborar una pasta alimenticia con sustitución parcial de harina de trigo por harina de guapo (*Maranta arundinacea*) en una proporción de 50% de harina de guapo y 50% de harina de trigo, a la cual se le realizará una evaluación fisicoquímica (humedad, cenizas, proteínas, etc.) y sensorial.

La sustitución total o parcial de la harina de trigo por otros ingredientes representaría una disminución en el costo de la materia prima y se analizó el rendimiento del proceso, para comprobar si el producto obtenido es rentable.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo general

Evaluar la composición físico-química y sensorial de pastas tipo “fettuccine” elaboradas con harina compuesta de guapo “*Maranta arundinacea*” y de trigo “*Triticum vulgare*”.

1.2.2. Objetivos específicos

1. Obtener la harina de guapo.
2. Elaborar la pasta control (100% harina de trigo) y la pasta con harina compuesta (50% harina de trigo y 50% de harina de guapo).

3. Determinar la composición proximal de la harina de guapo, harina de trigo y de las pastas.
4. Realizar los análisis de color y textura de las pastas alimenticias.
5. Realizar la evaluación sensorial de las pastas alimenticias mediante una prueba pareada de aceptación.
6. Estimar el costo de producción del proceso en la elaboración de pastas alimenticias con harina compuesta de guapo y trigo.

CAPITULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES

El uso de harinas distintas a la de trigo para la elaboración de pastas alimenticias se debe a la problemática que presenta el cultivo de dicho rubro en Venezuela. Sustituir harina de trigo por harina preparada con otros rubros nacionales tiene como finalidad evitar el desabastecimiento de la materia prima (trigo) y garantizar el consumo adecuado de nutrientes en individuos con dietas restringidas (como los pacientes celíacos), los cuales no tienen acceso a una gran diversidad de productos sin gluten.

Para la elaboración de un producto nuevo, es necesario tener antecedentes sobre la materia prima a utilizar y los procesos para la elaboración del producto final. Es por esto que se investigó sobre el guapo y sobre las pastas, sus propiedades y procesos; así como también sus características fisicoquímicas.

En el año 2003, Granito y colaboradores [5] elaboraron una pasta con el objetivo de usar excedentes de la industria del maíz, como germen desgrasado, y productos agrícolas como fríjol y almidón de yuca, para sustituir la sémola de trigo en una pasta nutricionalmente enriquecida y organolépticamente aceptable. La sémola fue sustituida en proporciones diferentes de 55, 70, 80 y 90 % en peso. En base a pruebas de cocción y sensoriales se descartaron las pastas con un 80 y 90 % de sustitución.

En el año 2004, Alzingen y Pinto [6] realizaron una evaluación de la textura y color de almidones donde el objetivo fue caracterizar harinas y almidones exentos de gluten (almidón ácido y dulce, harina de mandioca, almidón de maíz, fécula de patata, etc.), utilizando harina de trigo como referencia para la elaboración de tortas. Para evaluar la textura fue utilizado el texturómetro TAX.T2i y para el color un

colorímetro de triestímulo. Al conocer las características de estas harinas libres de gluten se obtuvo un resultado satisfactorio en la elaboración de alimentos para dietas especiales. Por lo cual, a través de la asociación de ingredientes y técnicas de preparación es posible elaborar un producto panificable con buenos niveles de aceptación.

En el año 2005, Amundarain [3] elaboró galletas dulces con sustitución total y parcial de harina de trigo por harina de guapo (100% trigo, 50harina trigo/50harina guapo y 100% harina de guapo); esto con el propósito de minimizar el uso de harina de trigo. En este estudio quedó demostrado que el contenido de cenizas y carbohidratos en la harina de guapo es mayor que en la harina de trigo; el contenido de hierro fue superior en la galleta de trigo, en un 0,93%, con respecto, al de guapo; la galleta de 100% harina de guapo tuvo un 20% más de calcio que la de 100% harina de trigo. Los resultados de la evaluación sensorial mostraron que los tres tipos de galletas tuvieron una aceptabilidad semejante ($p < 0,05$) por parte de los panelistas.

En el año 2006, Jara [7] realizó un estudio sobre la elaboración de pastas a base de harina de quinua, buscando obtener a través de pruebas reológicas y de resistencia, la mezcla de harina de quínoa y de harina de arroz más adecuada para la pasta. En este estudio se variaron los parámetros: cantidad de harina de quinua presente en la mezcla, temperatura y porcentaje de agua en la masa; observándose que la mejor mezcla era la preparada con 50% de harina de quínoa y 50% de harina de arroz.

2.2 EL TRIGO

2.2.1. Generalidades del trigo

El trigo es una planta gramínea de crecimiento anual de la Familia *Poaceae*, del género *Triticum*, cuyas especies *vulgaris*, *compactum* y *durum* son las más utilizadas para la elaboración de harinas.

El trigo es la planta alimenticia de más extenso cultivo en el mundo entero; más de mil millones de seres humanos lo consumen en diversas formas y contribuye en mayor proporción que ningún otro alimento a suministrar energía y proteínas al hombre.

La mayoría de la producción mundial del trigo se destina a la alimentación humana; el 75% de esta producción se utiliza para la elaboración de harina para la producción del pan, y la de trigo duro para galletas y pasteles. En el período de 2000-2005, de acuerdo a datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), la producción promedio de trigo a nivel mundial se ubicó en 590,4 millones de toneladas, observándose que en dichos años, el que mayor producción registró fue el 2004, con una oferta mundial de 627,6 millones de toneladas. En el período citado, los principales países productores (ver figura 2.1) fueron China (16%), India (12%), Rusia (9%), Estados Unidos (8%) y Argentina (6%).

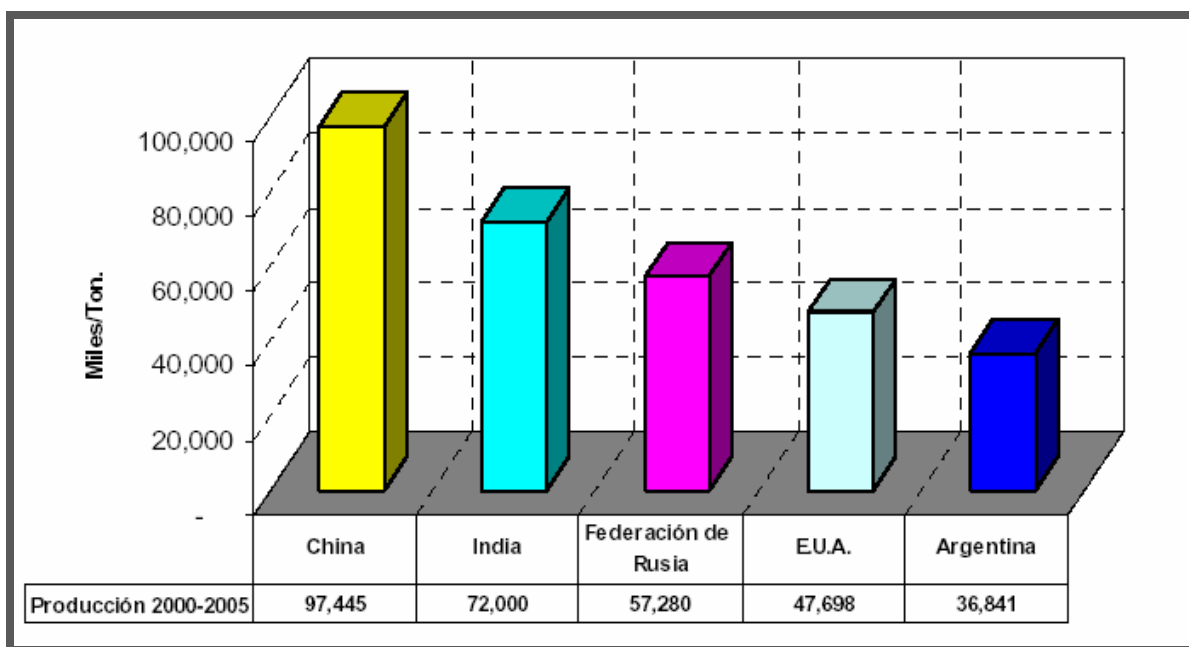


Figura 2.1.-Principales países productores de trigo durante el año 2005 [8]

En Venezuela, el trigo se cultiva desde la época de la colonia. Se producía en pequeña escala en los estados Aragua, Lara, Mérida y los valles de Caracas, orientándose fundamentalmente hacia el consumo familiar, luego se extendió hacia otros estados del país y adquirió mayor importancia en los andinos, donde actualmente se produce en pequeñas cantidades [3].

Su comportamiento productivo no se diferencia de otros rubros agrícolas de importancia económica, cuya producción ha sido vulnerada por la acumulación de capital procedente del sector petrolero y la cual ha servido para la compra de productos agrícolas a otros países, degenerando en una peligrosa dependencia, manifestada en un alto porcentaje de importación de alimentos para satisfacer las necesidades de la dieta básica. El trigo se estableció en Venezuela como cultivo de subsistencia y no como un rubro de venta destinado a generar ingresos al productor [3]; debido a que las condiciones climáticas necesarias para el cultivo no lo permiten, sino en zonas muy particulares como en la cordillera de los Andes (estados Mérida y Trujillo), por lo que la mayoría del trigo consumido en el país debe ser importado. En las estadísticas referentes a Venezuela, se observa que para el año 1997 se importó aproximadamente un millón de toneladas de trigo [1].

2.2.2. Descripción de la planta

El trigo es una planta anual herbácea de hasta 1,2 m de altura. Los tallos son erectos y presentan estructura de caña, es decir están huecos en su interior excepto en los nudos. El crecimiento de los tallos se produce por el estiramiento de los tejidos situados por encima de los nudos (meristemo) y las hojas nacen de los nudos. Al igual que el resto de las gramíneas presentan dos partes: la vaina, que rodea al pecíolo y protege el meristemo o zona de crecimiento, y el limbo, que tiene forma alargada y presenta nervios paralelos.

Las flores se reúnen en espigas y cada espiga consta de un eje principal sobre el que se distribuyen lateralmente las espiguillas. Estas constan de un eje principal del que nacen unos filamentos terminados por las glumas que encierran las flores hasta que estas empiezan a madurar. Además de las glumas, las flores se encuentran protegidas por otras dos brácteas: la interior, denominada palea, y la exterior, llamada lema. Esta última se encuentra rematada por una barba que confiere a la espiga del trigo su aspecto plumoso.

Las flores no presentan pétalos ni sépalos. Cada flor femenina consta de un ovario del que salen dos estilos terminados en dos estigmas plumosos pegajosos cada uno. La fecundación da lugar a la formación del trigo, un fruto del tipo cariósipide [9]

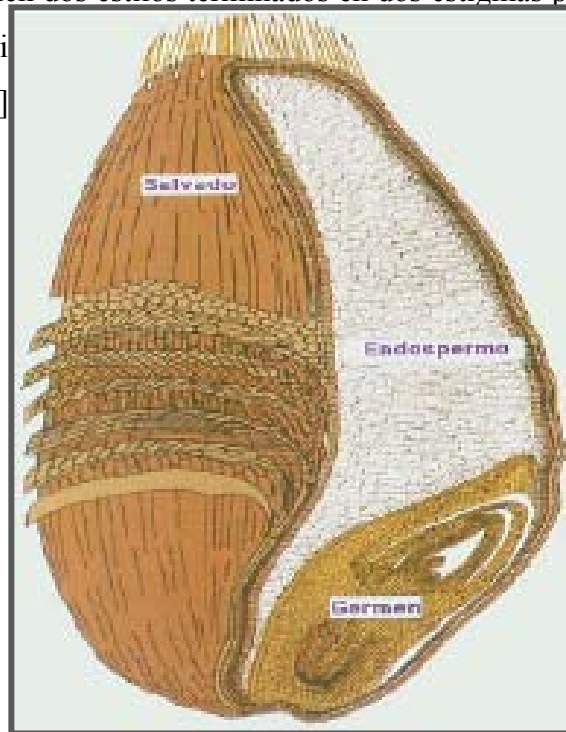


Figura 2.2 Partes principales del trigo

2.2.3. Características del grano de trigo

El grano de trigo se puede subdividir en tres partes (figura 2.2), las cuales son separadas en el proceso de molienda para la producción de harina:

- Una de ellas es el endospermo, el que constituye aproximadamente el 83% del peso del grano y es el origen de la harina blanca. Es aquí donde está la mayor parte de las proteínas, carbohidratos e hierro, así como las principales vitaminas del grupo B, riboflavina, niacina y tiamina. También es fuente de fibras solubles.
- Otra parte es el salvado, el cual corresponde aproximadamente al 14% del peso del grano. El salvado se incluye en la harina tipo integral y también puede comprarse por separado. Este contiene pequeñas cantidades de proteínas, minerales y fibra dietética (principalmente insoluble).
- Y por último el germen que representa el 2,5% del peso del grano; este es el embrión, o sección germinante de la semilla. A menudo se le separa de la harina porque su contenido de grasa (10%) le acorta la vida útil. Además contiene cantidades mínimas de proteínas, pero de alta calidad, también vitaminas del complejo B y trazas de minerales [10].

2.2.4. Tipos de trigo

Existen diferentes tipos de trigo para la industrialización, en base a la textura, color y grado de humedad del grano. El trigo débil, que es de calidad relativamente baja, da una harina débil por su bajo contenido proteico y es el que se utiliza en repostería para la fabricación de pasteles y galletas. El trigo fuerte o común, el más cultivado, es rico en proteínas, da una buena harina ya que el contenido proteínico es elevado y se utiliza para la panificación. El trigo duro proporciona el grano que se utiliza para la fabricación de pastas alimenticias (macarrones, fideos, etc.), es muy rico en proteínas. A su vez, estos tipos de trigo se subdividen en cinco grupos. Los tipos de trigo, características y usos se muestran en la tabla 2.1.

Tabla 2.1 Tipos de trigo, características y usos [1]

Tipo de trigo	Características	Usos
Trigo suave	Extensible	Galletas y pasteles
Trigo tenaz	Baja extensión	Galletas y pasteles
Trigo fuerte	-	Industria panificadora
Trigo medio fuerte	-	Pan hecho a mano
Trigo cristalino	Duro	Pastas y macarrones

La diferencia entre trigos duro y suave se atribuía solamente a la mayor proporción de proteínas y almidón en el duro. Sin embargo, evidencias recientes indican que la dureza del trigo duro, proviene de la mayor continuidad de la matriz de proteínas dentro de las células y los enlaces más firmes de los gránulos de almidón en esta matriz [11].

En su composición influyen la variedad genética y las condiciones geográficas, entre ellas la temperatura, la pluviosidad, los métodos y estaciones de cultivo y la naturaleza del suelo.

2.2.5 Composición química del trigo [10]

Está formado por:

- Hidratos de carbono: desde este punto de vista el almidón es el más importante, constituyendo aproximadamente el 64% de la materia seca del grano de trigo

completo y un 70% de su endospermo, también hay presencia de celulosa, hemicelulosa, pentosanos, dextrinas y azúcares. El almidón están constituido por amilosa (25-27%), y amilopectina.

- Lípidos: el trigo está constituido por 1,5-2,5% de lípidos, siendo predominante el ácido linoleico, el cual es esencial, seguido del oleico y del palmítico.
- Vitaminas: entre los componentes del trigo se encuentran también las vitaminas, principalmente las del complejo B. Alguna noción en cuanto a su contenido se presenta a continuación en la tabla 2.2.

Tabla 2.2 Diferentes vitaminas que contiene el trigo [10]

Compuesto	µg/g	Compuesto	µg/g
Tiamina	4,3	Riboflavina	1,3
Niacina	54	Ac. Pantoténico	10
Biotina	0,1	Ac. Amino benzoico	2,4
Piridoxina	4,5	Ac. Fólico	0,5
Colina	1100	Inositol	2800

- Proteínas: en su estructura primaria, las moléculas de proteína están formadas por cadenas de aminoácidos unidos entre sí por enlaces peptídicos. En general, en las proteínas de los cereales se encuentran unos 18 aminoácidos diferentes; las proporciones en que se encuentran y su orden en las cadenas, determinan las propiedades de cada proteína. Los alimentos preparados con trigo son fuentes de proteína relativamente incompletas; esto significa que pudieran contener 8 de los aminoácidos esenciales, pero no todos ellos en niveles adecuados, así que la combinación del trigo con los otros alimentos, proporcionaría de ser correcta, una proteína completa. Sin embargo, si se compara con otros cereales tales como el

arroz y el maíz se llegaría a la conclusión de que el trigo tiene más proteínas (ver tabla 2.3).

	Agua(g)	Calorías	Proteínas(g)	Calcio(mg)	Hierro(mg)	Tiamina(mg)
Trigo	12	333	10,5	35	3,9	0,38
Trigo duro	12	332	13,8	37	4,1	0,45
Arroz	13	357	7,5	15	1,4	0,33
Maíz	12	356	9,5	10	2,3	0,45
Cebada	12	332	11,0	33	3,6	0,46
Centeno	12	319	11,0	38	3,7	0,41
Avena	9	338	11,2	60	5,0	0,50
Sorgo	12	355	9,7	32	4,5	0,50

Tabla 2.3 Contenido de nutrientes en algunos cereales por 100 g de muestra [1]

Las proteínas en los cereales varían de acuerdo al proceso de cultivo y la variedad analizada, pero en general la avena y el centeno tienen mayores cantidades de proteínas que el resto de los cereales. En general, el trigo tiene un elevado contenido de niacina y tiamina. Al igual que otros cereales es pobre en riboflavina y también en calcio.

2.2.6 La harina

El principal producto obtenido del trigo es la harina. Se denomina “La Harina”, sin otro calificativo, al producto de la molienda del endospermo donde se desmenuza el grano de trigo limpio e industrialmente puro, hasta que tenga un grado adecuado de finura igual o menor a 180 µm. Cuando el producto de la molienda sea de otro grano,

cereales o leguminosas, se designara como “Harina” seguido del calificativo que indique la especie del grano.

2.2.6.1. Composición química de la harina [12]

La harina presenta la siguiente composición:

- Humedad: 9 a 15%.
- Materia grasa: están localizadas en el germen y en las cáscaras del grano de trigo de 1,2 a 1,4%. Es importante destacar que parte de estas materias desaparecen durante el envejecimiento de las harinas y se convierten en ácidos grasos que alteran la calidad de la harina.
- Cenizas: a menor proporción de cenizas mayor pureza de la harina es de 0,4 a 0,6%.
- Azúcares: están también presentes en la harina pero en un porcentaje mínimo de 1 a 2%.
- Gluten: otorga elasticidad a las masas de 8 a 12%.
- Almidón: es el elemento principal que se encuentra en todos los cereales, es de 60 a 72%.
- Fibras: trazas.
- Vitaminas: contiene tiamina (B1), riboflavina (B2) y E.

Las pérdidas por molienda en minerales y vitaminas pueden suplementarse por enriquecimiento, con la adición prescrita de una mezcla de tiamina, niacina e hierro a la harina de trigo. La mayoría de las proteínas de los cereales son bajas en lisina y triptófano.

2.2.6.2. Requisitos a los que deberá ajustarse la harina

A. Requisitos organolépticos: debe estar exenta de toda sustancia o cuerpo extraño a su naturaleza; su color debe ser blanco, blanco cremoso o blanco amarillento; su olor y sabor es característico del grano de trigo molido, libre de rancidez y de otros olores

desagradables, tales como los que se producen a causa del moho, polvo fluido en toda su masa sin grumos de ninguna clase [13].

B. Requisitos fisicoquímicos: la harina elaborada con los diferentes tipos de trigo deberá cumplir con los requisitos físicos y químicos especificados en la tabla 2.4.

Tabla 2.4 Requisitos físicos y químicos de las harina [13]

Requisitos	Panificación		Pastas		Galletas		Integral	
	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx
Humedad %	-	15	-	15	-	15	-	15,5
Proteínas en b.s.%	11	-	11	-	8	-	-	-
Cenizas en b.s. %	-	0,85	-	0,85	-	0,85	-	-
Acidez como H ₂ SO ₄	-	0,11	-	0,11	-	0,11	-	0,22
Gluten húmedo	24	-	24	-	21	-	-	-

2.2.6.3. Conservación de la harina

Una vez obtenida la harina se debe guardar una serie de normas para su correcta conservación:

- Vigilar la humedad de la zona: este es el mayor peligro ya que la humedad hace que se altere el gluten y el almidón, que la harina fermente y se endurezca.
- Tener cuidado con las plagas, larvas, gusanos, cucarachas, etc. Para ello siempre hay que conservar la harina metida en sacos, no muy juntos y sobre tarimas de madera.
- Al aumentar la temperatura, hay que ventilar las harinas, cambiándolas de lugar, ya que el calor favorece el enranciamiento de las grasas, formándose ácidos grasos libres de cadena corta responsable del mal olor y sabor.

Se han estudiado los cambios que sufre la harina durante la conservación a lo largo de un período de 18 meses. Los resultados confirman que durante la conservación, hasta un cierto punto se mejora la calidad, si bien a veces puede presentarse una disminución de calidad por la presencia de los insectos y formación de mohos [11].

Muestras de harina se han conservado durante dos años evidenciando tres tipos de cambios:

- Una disminución de la solubilidad de las proteínas.
- Una hidrólisis parcial de las proteínas puesta en evidencia por la reducción del contenido en proteínas y del aumento del nitrógeno amínico.
- Una disminución en la digestibilidad de las proteínas.

La diversidad de los cambios observados depende del tipo de confección, de la temperatura y de la duración de la conservación.

Una harina normal requiere un tiempo de maduración que oscila entre 3 y 4 semanas. Este período de conservación se realiza de ordinario en los molinos, ya que la harina necesita de un período de almacenamiento por razones prácticas, porque antes del empleo, se requiere el alcance de un equilibrio térmico con el ambiente del local de trabajo [1].

Entre las consecuencias negativas de un mal almacenamiento de la harina están los fenómenos de oxidación e hidrolización debido a los lípidos; estas alteraciones por otra parte, perjudican las características organolépticas y reológicas de la masa.

2.2.6.4 Calidad de la harina

Se puede definir la calidad de una harina como su capacidad para dar un producto final de excelentes características organolépticas, como el sabor y el olor; de buen valor nutritivo (la tabla 2.5 ofrece una comparación entre las propiedades alimentarias de los diferentes tipos de harinas) y de costo competitivo. Con el fin de tener información relativa a la calidad de la harina de trigo o de mezclas de harinas, se

determinan analíticamente diversos parámetros cuyos índices óptimos varían en función del tipo de producto que se desea elaborar.

Los factores que influyen en la calidad están en gran parte ligados a los componentes genéticos de las diversas variedades y a su eventual variación, debidas a la fertilización, al clima, y a las infecciones de la planta. Otros factores están ligados a las alteraciones debidas a varios procesos, como aquellos que transforman el grano en harina; algunos de estos factores pueden ser fácilmente controlados y programados.

Tabla 2.5 Composición de diferentes harinas de trigo [3]

Composición de la harina de trigo por cada 100 g.			
	Integral	Refinada	Refinada con vitaminas B añadidas
Agua	10,27 g	11,92 g	11,92 g
Energía	339 kcal	364 kcal	364 kcal
Grasa	1,87 g	0,98 g	0,98 g
Proteína	13,70 g	15,40 g	15,40 g
Hidratos de carbono	72,57 g	76,31 g	76,31 g
Fibra	12,2 g	2,7 g	2,7 g
Potasio	405 mg	107 mg	107 mg
Fósforo	346 mg	108 mg	108 mg
Hierro	3,88 mg	4,64 mg	4,64 mg
Sodio	5 mg	2 mg	2 mg
Magnesio	138 mg	22 mg	22 mg
Calcio	34 mg	15 mg	15 mg
Cobre	0,38 mg	0,14 mg	0,14 mg
Cinc	2,93 mg	0,70 mg	0,70 mg

Entre las sustancias azoadas proteicas de la harina de trigo, predomina la gliadina y la glutenina que, fuertemente hidratadas, dan una masa elástica llamada gluten, principal responsable de la propiedad mecánica de la masa. El diverso comportamiento del gluten es consecuencia de la composición en aminoácidos de la proteína de la harina. De la hidrólisis de la proteína y por lo tanto del gluten, se obtienen aminoácidos con cantidades mínimas de lisina y de triptófano; las carencias de estos aminoácidos esenciales para el organismo humano, muestra que es necesario desde el punto de vista nutritivo, complementar la harina de trigo con otra harina u otros alimentos que contengan proteínas de mayor valor biológico.

La calidad tecnológica de la harina depende no solo de la composición en aminoácidos del gluten, sino también de la presencia de aminoácidos sulfurados que contienen grupos tiol(-SH) o disulfuros (-S-S).

Con relación al contenido proteico y a la propiedad tecnológica de los diversos tipos de harina, en general existe una relación inversa entre el número de puentes disulfuros y la cantidad de proteínas. Los datos obtenidos por gramo de proteínas muestran que el trigo blando debe contener una mayor cantidad de grupos disulfuro respecto al trigo duro [11].

En resumen, cuando se habla del trigo, se hace partiendo del enfoque de cada uno de los sectores que están involucrados en la cadena productiva; cada uno exige diversas condiciones de calidad dependiendo de sus intereses o de la orientación que van a dar a los consumidores del grano y sus derivados. Se dice que el agricultor requiere tener una buena cosecha que le permita tener altos rendimientos; el industrial, necesita que el trigo sea de calidad para moler y capaz de tener altos rendimientos en la extracción de harina. Mientras que el consumidor final, desea encontrar un producto de calidad, con alto valor nutritivo que dure y tenga buen precio. En Venezuela y otros países tropicales, el trigo que se consume es importado, pero puede ser mezclado con otros cereales y vegetales con alto contenido de almidón, que podrían constituirse en fuentes de nutrientes disponibles localmente y

menos costosas. El término *harinas compuestas* fue creado en 1964 por la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO), cuando se reconoció la necesidad de buscar una solución para los países que no producen trigo [3].

La definición de harinas compuestas, de acuerdo con el concepto expresado en un principio por la FAO, se refiere a mezclas elaboradas para producir alimentos a base de trigo, como pan, pastas y galletas. Este concepto de uso de harinas compuestas ha sido objeto de numerosos estudios. Son aceptables productos de trigo hechos con más de 20 a 40% de sustitución por almidones purificados, de 10 a 30% harina de arroz, de 5 a 20% harinas de cereal y de 3 a 15% harinas proteínaceas de raíces.

Las harinas compuestas pueden prepararse también en base a otros cereales que no sea el trigo y de otra fuente de origen vegetal, y pueden o no contener harina de trigo (ver tabla 2.6). Sobre esta base, se describen dos clases de harinas compuestas. Una, conocida como harina de trigo diluida, en la cual la harina de trigo se sustituye por otras harinas hasta un 40% y puede contener otros componentes. La segunda clase está representada por harinas compuestas que no contienen trigo y están hechas de harinas de tubérculos y una proteína suplementaria, generalmente harina de soya, en la proporción de 4 a 1; estos productos son diferentes en sus características reológicas al compararlas con aquellas preparadas a base de sólo trigo [3].

Tabla 2.6 Tipos de harinas compuestas [3]

A. Pan, pastas, galletas
1.-Harina de trigo + otras harinas (cereales, raíces y tubérculos). Harinas de trigo + otras harinas + proteína suplementaria. Harina de trigo + proteína suplementaria. 2.-Raíces o tubérculos + proteína suplementaria
B. Alimentos populares a base de otros cereales, (tortillas, arepas, coladas, atoles, etc.)
1.- Harina de maíz, arroz, avena + proteína suplementaria. 2.- Harina de leguminosas y otras.
C. Sustitutos de la leche, extensores de alimentos de origen animal.
1.- Combinación de harinas de cereales, leguminosas, oleaginosas y otras.

2.3. MARANTA ARUNDINACEA (GUAPO)

2.3.1. Generalidades del guapo

Estudios arqueológicos en América evidencian el cultivo de *Maranta arundinacea* hace siete milenios atrás. Su nombre proviene de los nativos caribeños Arawak, quienes lo denominaban *aru-aru* (comida de comidas). Fue muy usado como ingrediente en los días del papel carbónico, debido a su fino grano. Después de conseguir la separación económica por centrifugación para separar la harina de trigo, el almidón de *Maranta*, fue abandonado perdiendo importancia en esta industria.

La especie *Maranta arundinacea* (Maranta, arrow-root, sagú, yuquilla, guapo o planta obediente) se le encuentra en forma espontánea en Venezuela y es frecuente en selvas húmedas, sobre todo en la faja inferior de la tierra templada y en la faja superior de la tierra caliente. El nombre de “arrow-root” (raíz de flecha) se deriva de

la curación de heridas causadas por flechas que hacían con ellas los antillanos. Actualmente el almidón y los rizomas pelados se usan para curar úlceras y heridas [14].

La producción mundial es pequeña, encontrándose plantaciones comerciales en Barbados y San Vicent; la producción brasilera fue de 1.141 toneladas en 1996 [3], y su taxonomía se muestra en la tabla 2.7

Tabla 2.7 Jerarquía Taxonómica del guapo [4]

Clasificación científica	
Reino	Vegetal
Subreino	Tracheobionta
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Subclase	Commelinidae
Orden	Zingiberales
Familia	Marantáceas
Género	Maranta
Especie	M. arundinacea

2.3.2. Descripción de la planta

El guapo es una planta erecta y muy ramificada, de hasta 1 m de altura; presenta hojas basales con largos pecíolos de 2 cm, con el pulvínulo en la parte abasadora del mismo, con forma ovado-lanceoladas de 30 x 8 cm, de color verde en ambas caras o con tonalidades que van del color verde al crema (ver figura 2.3), con flores discretas de color blanco, en pares.



Figura 2.3 Planta de Maranta arundinacea [15]

La planta se propaga por medio de hijuelos que se desprenden de las cepas o por secciones de rizoma, los cuales son puntiagudos escamosos amarillentos o morados, de 10 a 15 cm de largo (ver figura 2.5). La plantación se hace en hileras a 1 m, dejando 0,30 m sobre la hilera y una profundidad de 0,15 m. Se cosecha, por lo general, a los 10-12 meses, cuando la vegetación comienza a amarillear [14].



Figura 2.4 Rizoma de *Maranta arundinacea* (Guapo) [15]

El rizoma del guapo contiene una fécula que se presta a combinaciones con agua y leche; el porcentaje de almidón es mayor a 20 % y en consecuencia es útil para la confección de numerosos platos, entre ellos: bizcocho, pastel, cremas, atoles y dulces; siendo recomendado sobre todo para convalecientes y niños en las edades comprendidas entre 6 y 8 meses, cuyos rizomas hervidos son muy populares. Su almidón es utilizado por los vegetarianos debido a que es fácil de digerir comparado

con otros almidones, también se utiliza en artículos farmacéuticos y cosméticos industriales [3].

Tabla 2.8 Composición de almidón de rizoma de guapo [14]

Composición (100 g de muestra base seca)	Almidón Base seca	
	Balland	Reland
Humedad (%)	13,60	--
Proteína (g)	1,08	0,45
Grasa (g)	0,25	0,10
Carbohidratos (g)	83,77	85,85
Celulosa (g)	0,90	--
Cenizas (g)	0,40	--

Tabla 2.9 Composición de rizomas de *Maranta arundinacea* [14]

Composición (100 g de muestra húmeda)	Rizoma (Base húmeda)
Calorías	157
Humedad (%)	57
Proteína (g)	2,4
Grasa (g)	0,1
Carbohidratos totales (g)	39,0
Fibra (g)	1,9
Cenizas (g)	1,3
Calcio (mg)	20,0
Fósforo (mg)	24,0
Hierro (mg)	3,2
Vitamina A (Mcg. Act)	0,0
Tiamina (mg)	0,08
Riboflavina (mg)	0,03
Niacina (mg)	0,7
Ácido ascórbico (mg)	9,0

2.4. PASTAS ALIMENTICIAS

Es el producto obtenido mediante el secado apropiado de las figuras formadas por la trefilación o laminación y prensado de la masa preparada con sémola de trigo, harina de trigo o mezcla de ambas, agua potable y con la adición o no de algunos ingredientes [16].

La pasta no cocinada debe ser fuerte mecánicamente, de forma que conserve su tamaño y forma durante el empaquetamiento y transporte. Debe ser también de color

amarillo uniforme. La aceptación por el consumidor ha estado fuertemente ligada al color amarillo, translúcido y uniforme. Al ser cocinado en agua hirviendo, el producto debe mantener su forma y no abrirse o desmoronarse. Además, la pasta cocinada debe quedar firme al mordisco (cualidad llamada “al dente”) y la superficie no debe ser pegajosa. El agua de cocción debe quedar libre de almidón [17].

El verdadero origen de la pasta alimenticia ha sido tema de varios estudios; algunos de ellos afirman que los productos de la pasta alimenticia fueron elaborados por primera vez en Italia hace aproximadamente 800 años en la región de Nápoles. El clima de esta región es especialmente favorable para el secado de estos productos, además también es propicio para el cultivo del trigo duro, del que se obtiene la semolina, materia prima de la pasta alimenticia.

También se cree que el producto era conocido por los Etruscos, una civilización muy artesana, establecida en Italia, cerca de Roma, en Civitavecchia, dentro de una tumba etrusca, “La Tomba dei Rilievi”, se encontraron unos instrumentos parecidos a los actuales, para la elaboración de pasta alimenticia casera, no industrial. Según esta fuente, la pasta también debió haber surgido en la región de Sicilia ya que en este lugar se cultiva el tipo de trigo del que se obtiene la materia prima [18].

Independientemente del lugar de origen, al principio la pasta se preparaba en los hogares, pero con la aparición de las máquinas fue desapareciendo la preparación casera para convertirse en una industria. La industria italiana de estos productos se desarrolló rápidamente y pronto se extendió al resto de Europa [18]. Sin embargo, parece fuera de toda duda que la pasta fue difundida por los árabes en los países mediterráneos. Durante la Edad Media era un producto muy consumido en la costa mediterránea española, pero curiosamente su desarrollo posterior ha sido superior en Italia que en otros países.

A nivel mundial Venezuela ocupa el noveno lugar en producción de pastas alimenticias (ver figura 2.5).



Figura 2.5 Producción mundial de pasta alimenticia [19]

En el año 2004, Venezuela produjo 334.333 tm de pastas alimenticias, siendo el tercer productor de pastas en América, con el consumo *per capita* más elevado (13 kg/persona/año). Brasil produjo 1.000.000 tm y tiene un consumo *per capita* de 5,7 kg/persona/año; mientras que Argentina produjo 13% menos que Venezuela con 291.300 tm y presenta un consumo *per capita* de 7,2 kg/persona/año [20].

La mayor parte de la producción de Brasil y Venezuela se concentra en pastas largas, 65% y 60% respectivamente. En cuanto a la calidad de la pasta, Venezuela produce el 88% de la pasta con sémola durum, mientras que Brasil apenas el 3%;

siendo Venezuela el que consume la mayor parte de las pastas como plato principal (80%).

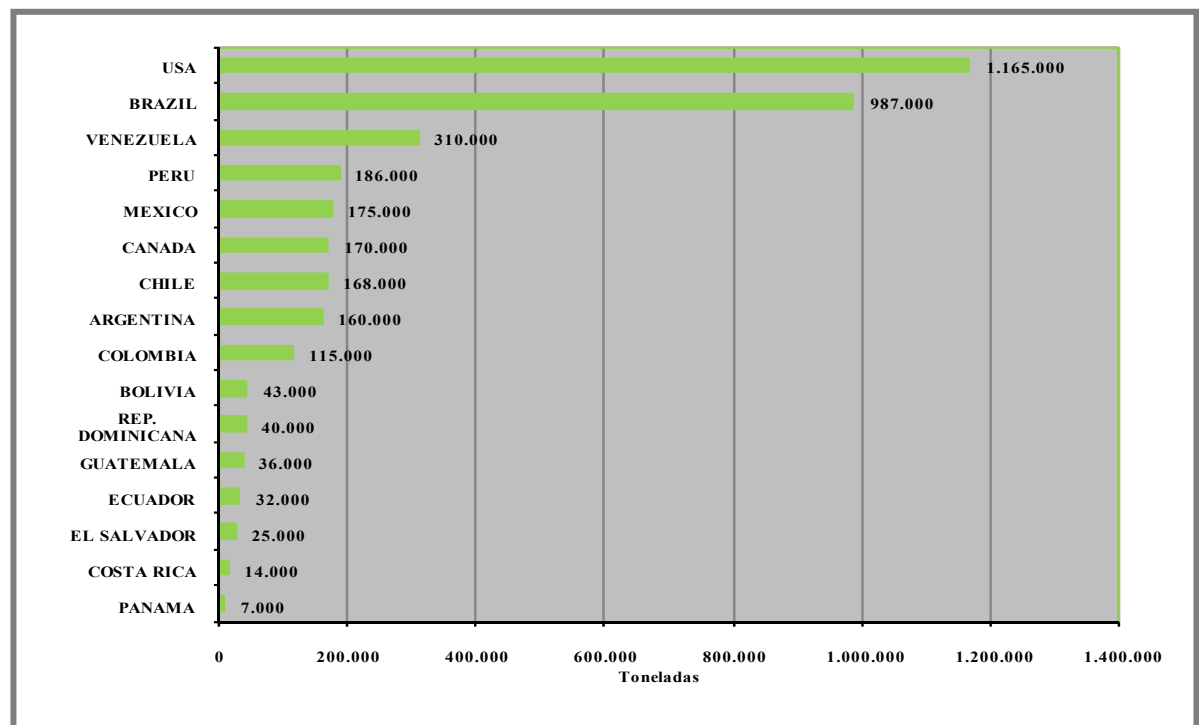


Figura 2.6 Producción de pasta en América [19]

Comparando el consumo de pastas en América con otros alimentos como arroz, papa y harina de maíz precocida (ver tabla 2.10); el consumo de pasta en Venezuela es muy cercano al de arroz y papa, a pesar de no ser productores de trigo.

Tabla 2.10 Consumo promedio de cereales kg/persona al año en América [19]

País	Pasta	Arroz	Papa	Harina de maíz
Venezuela	13,0	14,2	16,0	32,0
Perú	9,9	66,8	39,5	-
Estados Unidos	9,0	64,0	9,0	-
Chile	8,2	48,7	6,5	-
Canadá	6,3	56,1	7,2	-
Argentina	6,0	76,6	2,0	-
Brasil	5,8	14,4	54,4	-
Costa Rica	3,5	22,4	5,4	-
México	3,1	12,3	35,0	-

2.4.1 Valor nutricional de la pasta alimenticia

La pasta alimenticia tiene un alto contenido en carbohidratos que ayudan al cuerpo a usar eficientemente las vitaminas, minerales, aminoácidos y otros nutrientes esenciales, que representan una fuente de calorías y energía; proporcionando 4 calorías por gramo. También contiene proteínas, las más importantes para la elaboración de pastas y otros productos son la gliadina y la glutenina, las que al hidratarse forman la estructura llamada gluten, el cual confiere las propiedades elásticas y de viscosidad de gran importancia para la masa. La gliadina da la elasticidad y plasticidad al gluten y la glutenina es la que confiere la solidez y estructura. Las proteínas son muy importantes para desarrollar y formar músculo y son consideradas un elemento del grupo base de una dieta balanceada.

En una porción de 100 g de pasta alimenticia, hay aproximadamente 72 g de carbohidratos, 15,6 g de proteínas y 1,6 g de grasa [21].

2.4.2. Tipos de pastas alimenticias

2.4.2.1. Pastas alimenticias simples: son elaboradas con sémolas, semolinas o harinas procedentes de trigo duro, semiduro, blando o sus mezclas [16].

2.4.2.2. Pastas alimenticias compuestas: son aquellas a las que se le ha incorporado en el proceso de elaboración alguna o varias de las siguientes sustancias alimenticias: gluten, soya, huevos, leche, hortalizas, verduras y leguminosas (bien naturales, desecadas o conservadas), jugos y extractos [16].

2.4.2.3. Pastas alimenticias rellenas: son los preparados constituidos por pastas alimenticias simples o compuestas, que en formas diversas (empanadillas, cilindros, *sándwich*, etc) contengan en su interior un preparado necesariamente elaborado con todas o algunas de las siguientes sustancias: carne de animales, grasas animales y vegetales, productos de la pesca, pan rallado, verduras, hortalizas, huevos y agentes aromáticos autorizados [16].

2.4.2.4. Pastas alimenticias frescas: son las que no han sufrido proceso de desecación [16].

2.4.3 Requisitos organolépticos y químicos

Las pastas alimenticias deberán cumplir con los siguientes requisitos:

- El olor y sabor de las pastas alimenticias crudas, no deben ser mohosos, ni rancios; deben ser característicos de pasta no fermentada.
- Deberán presentar aspecto uniforme, vítreo, translúcido y frágil.
- No deberán contener colorantes artificiales.
- No deberán contener larvas ni insectos vivos en muestras tomadas a nivel de planta.
- Las pastas alimenticias podrán contener un promedio de 225 fragmentos de insectos y un promedio de 4,5 pelos de roedores, en seis muestras de 225 gr cada una, tomadas al azar de un mismo lote. Estos requisitos tendrán carácter de recomendación.

- Requisitos químicos. Se indican en la tabla 2.11 a continuación

Tabla 2.11 Requisitos químicos de las pastas alimenticias [16]

Características	Humedad (% max)	Cenizas (bs) (% max)	Proteínas (bs) (% min)	Grasa (% max)
Método de ensayo	COVENIN 1553	COVENIN 1783	COVENIN 1195	COVENIN 1787
Tipo de pastas				
Sémola durum de trigo	13,5	1	12,8	0,08
Sémola de trigo	13,5	0,50	10,5	0,08
Sémola durum y sémola	13,5	0,95	10,7	0,08
Harina de trigo	13,5	0,85	10,5	0,11
Sémola durum y harina de trigo	13,5	0,98	10,7	0,11
Sémola y harina de trigo	13,5	0,83	10,5	0,11
Al huevo	13,5	1,20	12,5	0,08
Con vegetales	13,5	1,50	10,0	0,08
Con harina integral de trigo	13,5	2,0	10,5	0,15
Con gluten, soya y otras fuentes proteínicas	13,5	1,10	18	0,08
Maíz, arroz u otro cereal diferente al trigo	13,5	---	10,5	10,5
Rellenas	11,0	2,66	12,0	0,12

2.4.4 Objetivo y procesos necesarios en la producción de pastas alimenticias

El objetivo es elaborar alimentos de formas diversas, de fácil conservación y listos para su consumo después de cocerlos, a partir de productos resultantes de la molienda de cereales, con adición de agua y eventualmente otros ingredientes con determinadas propiedades de cocción y sabor. Los procesos necesarios son [22]:

- Mezcla de los componentes de la receta y elaboración de una masa elástica moldeable
- Moldeado y formación de la masa
- Estabilización de la forma y secado de los productos con la forma dada
- Tratamiento posterior para homogeneizar la humedad en su interior

2.4.5 Proceso completo de elaboración de pastas alimenticias [22]

Los procesos de dosificación y mezcla son comunes a las distintas pastas alimenticias elaboradas; en la unidad de dosificación se dosifican continuamente las semolinas de trigo y el agua, desde donde pasan al premezclador, se forma una pasta grumosa debido al reducido contenido en agua de la masa (27-32 % humedad), que luego se introduce en la mezcladora principal, donde es trabajada durante unos 25-30 min. La granulometría de las semolinas, su contenido en gluten y la calidad de este último, son determinantes para alcanzar una constitución adecuada de la estructura de la masa. Es en el proceso de aporte de forma definitiva cuando se obtienen las distintas variedades (pasta alargada: tallarines, espaguetis, macarrones, lazos, etc.; pasta estampada y al corte: figuras varias, conchitas, cuernos, pasta de sopa, etc.). Las distintas instalaciones de secado son diseñadas en función de las distintas formas elaboradas (la pasta alargada en varillas o estribos de suspensión, la pasta de corte en rejillas de secado). Esta etapa del proceso sirve para desecar la pasta moldeada, con una humedad inicial de 31%, hasta lograr una humedad final de 13% y una mayor consistencia estructural. El proceso de secado se lleva a cabo en las instalaciones modernas en dos etapas: en la primera se da un secado preliminar hasta lograr un 25-20 % de humedad, produciéndose al mismo tiempo cambios en la estructura, aumentando la estabilidad de la forma en virtud de las propiedades elastoplásticas; en la segunda etapa, se da una desecación lenta y progresiva (en varias zonas del secador), al principio con una humedad de aire elevada hasta lograr la humedad final, esto con el fin de evitar la contracción y obstrucción de los capilares. Después del

secado, la pasta queda con una temperatura elevada y una distribución desigual de la humedad en su interior, en longitud y en profundidad. Para evitar las elevadas tensiones, las fisuras y los agrietamientos, se requiere una refrigeración gradual hasta la temperatura ambiente, un reequilibrado de la humedad y finalmente se introduce en el estabilizador con una circulación de aire mínima. La refrigeración y estabilización sirven para la preparación y empaquetado posterior. La pasta alargada recibe un corte final para dar una longitud uniforme.

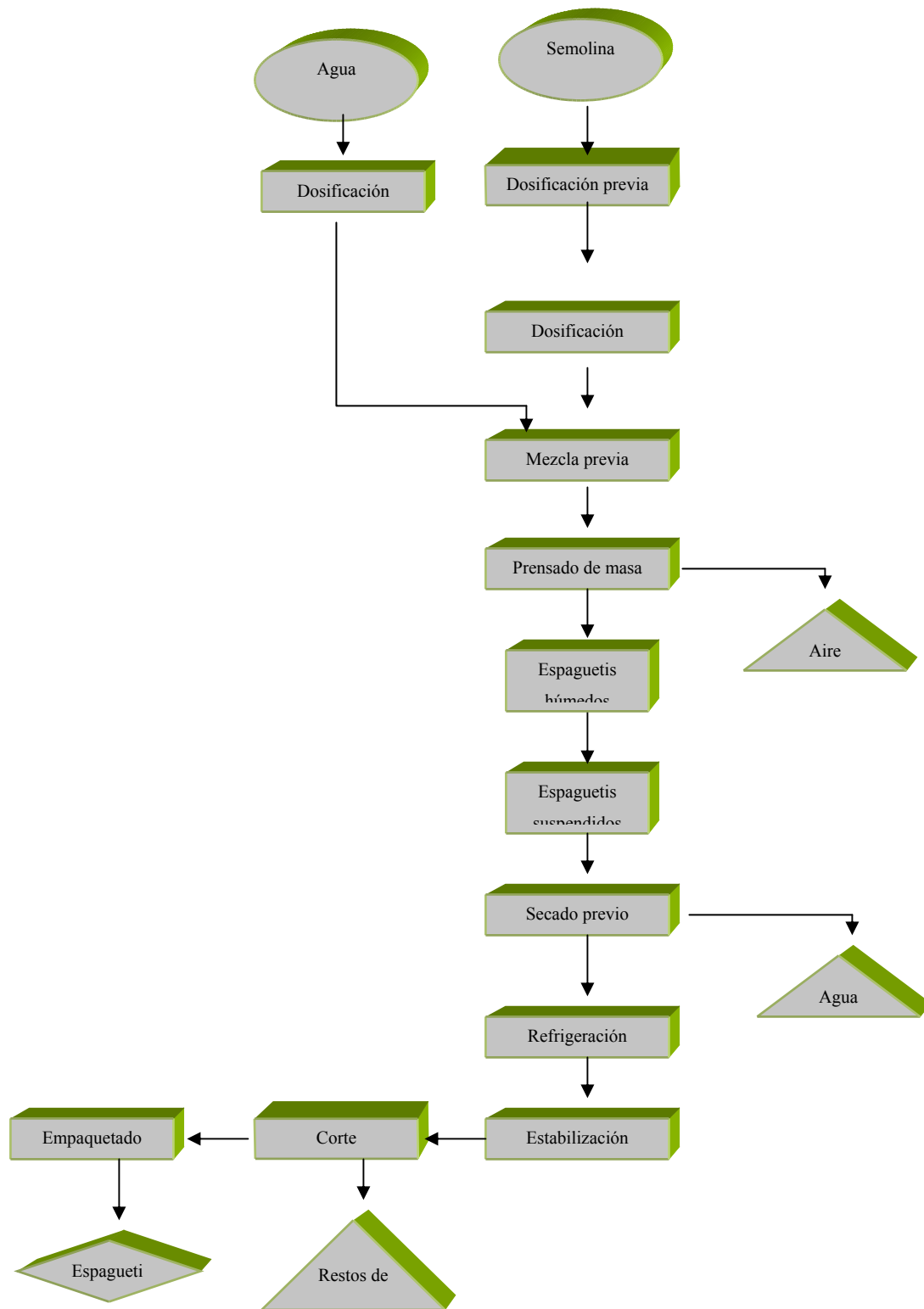


Figura 2.7 Diagrama de flujo cualitativo de la elaboración de espaguetis [22]

2.4.6 Conservación de las pastas

Para que las pastas alimenticias puedan conservarse durante un largo período de tiempo, es necesario otorgarles ciertos cuidados durante toda su existencia, es decir, desde que son elaboradas en la fábrica o en la cocina hasta el momento mismo de cocinarlas. Una norma elemental es que no deben embalsarse húmedas; ello ocasionaría el deterioro, y de una manera rápida. Luego se han de guardar en almacenes secos, bien ventilados y aireados, pero lo más alejadas posibles del contacto con el polvo, insectos y otros animales que la puedan perjudicar. Si tanto el fabricante como el vendedor han seguido estrictamente las normas básicas de higiene y conservación, las pastas llegarán a las manos del ama de casa en su mejor estado, y solo habrá que seguir conservándolas, no interrumpiendo la cadena que comenzó en la molturación de la sémola del trigo.

Ya en el hogar, las pastas se deberán guardar en el armario de la cocina, en un lugar también fresco y completamente seco y con el envase sin abrir, para evitar el crecimiento de los microorganismos. Cuando el paquete haya sido abierto, habrá que utilizar un recipiente de cierre hermético que supla a aquel.

Cabe destacar que las pastas alimenticias raramente se ven implicadas en problemas de toxiinfección alimentaria. A ello contribuye que precisan de tratamiento térmico previo a su consumo que destruye la mayor parte de patógenos que pudiera contener. Sin embargo, demorar el consumo tras la cocción incrementa notablemente el riesgo de recontaminación. Y recalentar los platos tras su refrigeración comporta graves mermas nutricionales. El mejor consejo, por tanto, es consumir el producto inmediatamente después de su preparación. De este modo, además de garantizar su seguridad, se mantendrán las condiciones organolépticas óptimas. En caso de ser consumido con posterioridad, será importante el mantenimiento de la refrigeración [23].

2.4.7. Métodos de análisis para pastas alimenticias

2.4.7.1. Humedad: es el contenido de agua presente en un alimento, necesaria en muchos casos para que se lleven a cabo cambios fisicoquímicos, bioquímicos, organolépticos y microbiológicos, ya sean favorables o no a dichos productos alimenticios.

Existen varios métodos para determinar el contenido de humedad en una muestra de alimento, definido como, la pérdida de masa que sufre una muestra al ser calentada a la temperatura de ebullición del agua hasta masa constante. Los cuales pueden ser clasificados como: por secado, destilación, métodos químicos e instrumentales y por actividad de agua. El método de humedad se aplica a los granos, harinas y otros productos derivados de los cereales [16].

2.4.7.2. Cenizas: es el residuo inorgánico que queda después de que la materia orgánica se ha quemado, el cual no posee la misma composición de materia mineral que en el alimento original, ya que puede haber habido pérdidas por volatilización o alguna interacción entre los constituyentes. El análisis de las cenizas totales determina ciertas características físicas y químicas en los alimentos que en muchos casos permiten comprobar su naturaleza y controlar su calidad. [24].

2.4.7.3. Proteínas: las proteínas son uno de los componentes en los alimentos de gran importancia en la dieta del ser humano, sobre todo por su composición estructural (los aminoácidos), que permite la formación de tejidos y estructuras.

Existen varios métodos para realizar la determinación del contenido de proteínas en un alimento, entre ellos el Kjeldahl o digestión ácida en caliente de la muestra, con lo que se logra transformar el nitrógeno de las proteínas en compuestos más sencillos, que conlleva a la medición indirecta de la cantidad de nitrógeno presente en la muestra a analizar y con ello el contenido de proteínas. También existen los análisis colorimétricos; para ello se pone la solución de proteínas en contacto con soluciones de sulfato cúprico, lo cual da origen a un cromógeno que puede ser medido utilizando un colorímetro de luz visible [16].

La determinación de nitrógeno total por los procedimientos normales de Kjeldahl no incluye la forma de nitrógeno inorgánico, por ejemplo, los nitritos y nitratos. Sin embargo, los métodos radioquímicos pueden detectar y medir el nitrógeno en todas las formas de combinación. En ciertos alimentos es alto el nitrógeno no proteínico (pescado, frutas y legumbres), pero los factores usados comúnmente para convertir nitrógeno en proteína cruda están basados en el contenido promedio de nitrógeno en las proteínas contenidas en ciertos alimentos en particular (Jones,1931). La FAO y WHO (1973) recomendaron incluir los siguientes factores que se muestran en la tabla 2.12

Tabla 2.12 Factores usados para convertir el nitrógeno en proteína cruda de ciertos alimentos (FAO/WHO, 1973)

Tipos de alimentos		Factor
Trigo	Harina entera	5,83
	Harina (excepto la entera)	5,70
	Macarrones	5,70
	Salvado	6,31
Arroz		5,95
Cebada, avena, centeno		5,83
Maíz		6,25
Soya		5,71
Nueces	Cacahuates, nueces del Brasil	5,41
	Almendras	5,18
	Otras nueces	5,30
Leche y productos lácteos		6,38
Gelatina		5,55
Todos los otros alimentos		6,25

2.4.7.4 .Grasas: los constituyentes grasos de los alimentos consisten en diversas sustancias lípidas.

Existen diferentes métodos para llevar a cabo esta determinación en un alimento. En lo que respecta a las grasas, el más usado se basa en un proceso de extracción con solvente orgánico de la muestra de alimento.

2.4.7.5. Fibra Cruda: es el residuo orgánico combustible e insoluble que queda después de que la muestra se ha tratado en condiciones determinadas. Este tratamiento empírico proporciona una fibra cruda que consiste principalmente en celulosa y cierta proporción de lignina y hemicelulosa contenidas en la muestra original.

2.4.7.6 Carbohidratos: son compuestos que contienen en su estructura una mayor proporción de carbono, hidrógeno y oxígeno; entre los más comunes se encuentran los monosacáridos (glucosa, galactosa, etc.), disacáridos (sacarosa, lactosa, maltosa), trisacáridos (resinosa) y polisacáridos (almidón, celulosa, etc.). Éstos constituyen un aporte de energía importante para el organismo (4 kcal/g). Generalmente se calcula por diferencia.

2.4.7.7 Color: el color es una propiedad de la materia directamente relacionada con el aspecto de la luz y que por lo tanto se puede medir físicamente en términos de su energía radiante o intensidad y por su longitud de onda. El ojo humano solo puede percibir los colores que se generan en el espectro correspondiente al intervalo de 380 a 770 nm de longitud de onda. El color es la parte de energía radiante que el humano percibe a través de las sensaciones visuales que se generan por la estimulación de la retina del ojo [25].

El color es muy importante en los alimentos, ya que la mayoría de ellos ya sean en forma natural o procesada, poseen un color característico, por el cual el consumidor los identifica. Los colores verdes, amarillos y rojos de los alimentos vegetales se deben principalmente a diferentes compuestos orgánicos. Desde el momento en que la conservación y elaboración de los alimentos comenzó a

desplazarse desde los hogares a las fabricas, existió el deseo de mantener el color de los alimentos procesados y conservados lo más parecido posible al de la materia prima original, pero también algunos alimentos adquieren su color característico como resultado del proceso.

Por otro lado, se tiene que la vista es un sentido físico que permite juzgar el aspecto de un alimento en términos de su forma, textura y color. El aspecto de un alimento es la primera clave de su identificación y con frecuencia predice el grado de satisfacción o placer que se obtendrá al comerlo. Probablemente el color es el más importante de los factores visuales responsables de la aceptación o rechazo de los alimentos, ya que influye en su condición de factor de calidad.

El color, frente a la textura o al sabor del alimento, tiene una peculiar apreciación. Por esta razón el sistema CIE (Commission Internationale de L'Éclairage) definió una serie de patrones para una correcta evaluación del color, estos son los sistemas CIE, Hunter y CIELAB. El sistema CIE definió en 1931, un espacio físico de colores fundados en la teoría de la percepción tricromática; desarrollándose en la igualación de colores mediante la mezcla de cantidades apropiadas de tres estímulos fundamentales: rojo, verde y azul.

El sistema Hunter Lab define un eje cartesiano en el que "L" corresponde a la luminosidad, y "a" y "b" a la cromaticidad. A su vez el parámetro "a" representa a los componentes rojo- verde, rojo para los valores positivos y verdes para los negativos. El parámetro "b" distingue a los componentes amarillo-azul; amarillo para los valores positivos y azul para los negativos.

2.4.7.8 Textura: los componentes estructurales de los alimentos les confieren un amplio rango de propiedades, referidos colectivamente como textura; el aspecto particular de textura predominante varía en cada alimento.

El análisis de textura tiene sus comienzos en la observación visual y táctil, pero la mejor apreciación se experimenta durante el contacto del alimento con las distintas partes de la cavidad bucal. Los parámetros que integran la textura son difíciles de evaluar psicológicamente, ya que la naturaleza y variación del estímulo están

asociadas a características físicas en conjunto donde se involucran más de un factor, impidiendo identificar y aislar un parámetro fundamental sensorialmente puro.

La textura es una propiedad compuesta y compleja, e implica cualidades mecánicas como la dureza, cohesividad, etc., así como geométricas tales como tamaño y forma de las partículas, además de las propiedades relacionadas con contenido de humedad y grasa.

La mayoría de los métodos instrumentales desarrollados para medir características mecánicas de los alimentos se basan en la aplicación de una fuerza sobre ellos y en el registro de su resistencia a la misma. A su vez describen el método de perfil de textura instrumental y el desarrollo de un texturómetro que marcaron un hito importante en las investigaciones de medida de la textura en los alimentos; aunque primeramente se incorporó la idea de registrar todo el proceso de la respuesta del alimento, obteniéndose más de una variable mecánica en un solo ensayo [25] .

El análisis de perfil de textura (TPA) está basado en el ensayo fuerza vs tiempo, dado que el acto comprime la muestra dos veces, se obtienen dos curvas positivas y dos negativas (ver figura 2.8). Los picos de fuerzas y las áreas bajo las curvas se utilizan para determinar las distintas propiedades de los alimentos como fracturabilidad, dureza, cohesividad, adhesividad, elasticidad, gomosidad y masticabilidad.

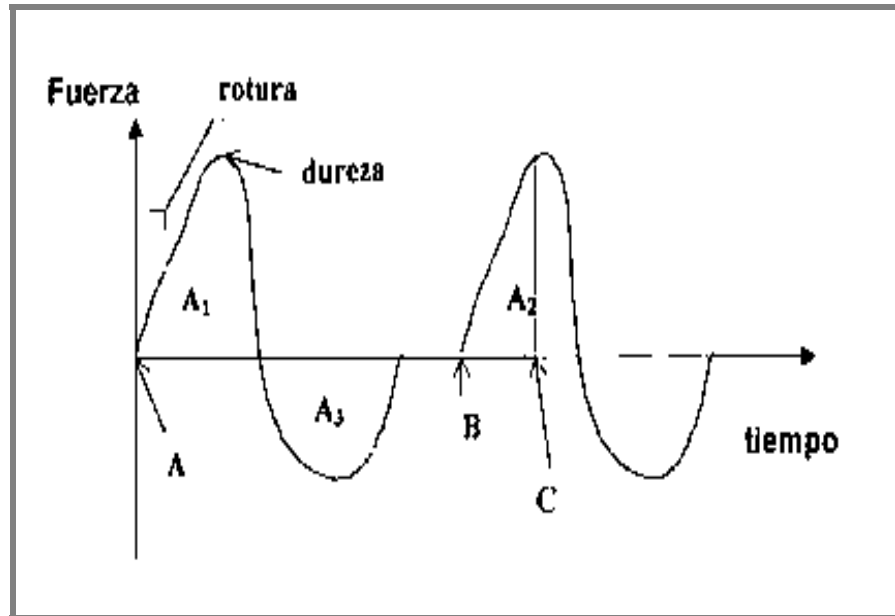


Figura 2.8 Curva típica de perfil de textura lograda en texturómetro (Bourne, 1978)

Del análisis de las curvas de las figuras se logran siete parámetros texturales, de los cuales cinco se obtienen de medidas y dos se logran por medio de cálculo.

- Fracturabilidad (*fracturability*) es la fuerza en el primer quiebre significativo de la curva.
- Dureza (*hardness*) se define como la fuerza pico logrado durante el primer ciclo de compresión.
- Cohesividad (*cohesiveness*) es definida como la razón del área positiva lograda durante la segunda compresión y del área positiva de la primera compresión (A_2 / A_1).
- Adhesividad (*adhesiveness*) equivale al área negativa lograda durante la primera compresión y representa el trabajo necesario para sacar el pistón de la muestra.
- Elasticidad (*springiness*) es definida como la altura que recupera el alimento durante el tiempo que transcurre entre la primera y la segunda compresión.

- Gomosidad (*Gumminess*) corresponde al producto de la dureza por la cohesividad.
- Masticabilidad (*Chewiness*) es definida como el producto de la gomosidad por la elasticidad (que es igual a dureza por cohesividad y por elasticidad). En términos sensoriales, se conoce como la energía requerida para masticar un alimento sólido hasta que esté listo para tragar.

2.5 EVALUACIÓN SENSORIAL

La evaluación sensorial se ocupa de la medición y cuantificación de las características de un producto, ingrediente o modelo, las cuales son percibidas por los sentidos humanos. Entre dichas características se pueden mencionar por su importancia:

- Apariencia: color, tamaño, forma, conformación, uniformidad.
- Olor: los miles de compuestos volátiles que contribuyen al aroma.
- Gusto: dulce, amargo, salado y ácido.
- Textura: las propiedades físicas como dureza, viscosidad, granulosidad.
- Sonido: aunque con poca aplicación en alimentos, se correlaciona con la textura; por ejemplo crujido, tronido, efervescencia.

2.5.1. Métodos de evaluación sensorial

Estos métodos se dividen en dos grandes grupos: el primero está constituido por pruebas analíticas, las cuales se ejecutan en condiciones controladas de un laboratorio y con jueces entrenados; el segundo grupo lo integran las pruebas afectivas que se realizan con consumidores (personas no entrenadas en técnicas sensoriales) y en condiciones que no les sean ajenas o extrañas para utilizar o consumir el producto en estudio [1].

Entre los métodos efectivos se encuentran:

- Pruebas de aceptación: tienen como objetivo conocer de acuerdo a un criterio sensorial si la muestra que se presenta es aceptada o no por los consumidores.

Estas pruebas no requieren de jueces analíticos; por el contrario, se emplean grupos representativos de los consumidores potenciales o habituales del producto, quienes no tienen que conocer el por qué del estudio que se realiza, sino entender el procedimiento de la prueba y responder a ella [26].

- Prueba de muestra simple: consiste en suministrar al juez un producto y que este dé respuesta con relación a si le guste o no. Es una prueba sencilla y rápida que proporciona una idea general de la aceptación o rechazo del producto. Tiene como limitación que se requiere de gran número de evaluaciones para considerar los resultados como representativos de la respuesta poblacional. Los datos se procesan registrando la cantidad de personas que aceptan la muestra contra el número de rechazos y, a través de la tabla de estimación de significancia, conocer si la aceptación es significativa o no [26].
- Pruebas de preferencia:
 - Prueba de comparación pareada: tiene por objetivo ordenarse según las opiniones de un grupo de consumidores, un par de muestras de acuerdo con un aprecio personal o una preferencia. Las variaciones que ejemplifican esta prueba son: a) ordene de izquierda a derecha, las muestras que se les presentan, desde la que más prefiera hasta la que menos prefiera. b) Indique en secuencia numerada el orden de mayor a menor preferencia. c) De estas dos muestras ¿cuál prefiere? [1].
 - Prueba de ordenamiento: La prueba tiene como objetivo ordenar una serie de muestras de acuerdo a la preferencia personal de un grupo de consumidores; las muestras no necesariamente deben ser homogéneas, esto es, pueden compararse productos diferentes. El mínimo de muestras que deben evaluarse por sesión se determina por la naturaleza del estímulo, el tipo de consumidor e incluso la ambientación en la que dicha prueba se desarrolle [26].

2.6 EVALUACIÓN ECONÓMICA DE PROCESOS

La estimación del costo de una planta es una actividad fundamental dentro del desarrollo de las diferentes fases de ejecución de un proyecto de ingeniería a cualquier escala, ya que, si bien el objetivo de la misma es la adquisición de datos para el desarrollo de un proceso industrial a escala comercial, su construcción implica desembolsos de dinero que deben ser cuantificados y se consideran un capital “semilla”.

Cada fase del proyecto (visualización, conceptualización, definición e implantación) ofrece un nivel de información técnica más preciso, y sienta las bases para una estimación de costos más exacta que la anterior; por lo que al culminar cada una de las fases, son los estudios económicos que se derivan de ellas los que sustentan en mayor grado la decisión de continuar hacia las fases siguientes o la cancelación del proyecto, así como la confirmación de la alineación de los objetivos del mismo con los intereses de la empresa.

Antes de que una planta entre en operación se debe estimar una gran suma de dinero a la inversión de capital. En general, la inversión total de capital consiste en una inversión de capital fijo para los equipos e instalaciones de la planta, mas el capital de trabajo requerido para pagar los salarios, adquirir un lote de materia prima e insumos, además de sustentar otros asuntos especiales que impliquen salidas directas de efectivo [27].

2.6.1 Método de estimación de costos

La estimación de la inversión de capital requerida para una planta puede variar desde un estimado previo al diseño, basado en poca información excepto el tamaño del proyecto propuesto; a un estimado detallado, preparado a partir de planos completos y especificaciones. Entre estos dos extremos existen numerosos niveles de estimación

de inversión de capital en función de la etapa de desarrollo en la que se encuentre el proyecto.

Según el manual de presupuesto de inversiones de PDVSA [28] los costos se subdividen en:

- Clase V: está basada en una definición global del proyecto y de sus principales unidades de proceso, donde la información disponible se limita esencialmente a trabajos de laboratorio, tamaño o capacidad propuesta, etc. A este nivel no se habla de exactitud del estimado, su precisión y confiabilidad dependerán de la pericia con que se evalúe, la información estadística de costos de proyectos similares, anteriormente ejecutados o en etapas de desarrollo. La contingencia es de más o menos 40%. Estos costos se usan para estudios de la factibilidad; obtención de fondos para ingeniería conceptual; planificación a mediano plazo, etc.
- Clase IV: este estimado se realiza cuando la ingeniería conceptual se ha avanzado en un rango de 80% a 90%. También cuando se han concluido los estudios para la preselección del tipo y tamaño de los equipos mayores, así como también cuando se han preparado los diagramas principales de flujo y los requerimientos de servicios profesionales. El rango de precisión de este estimado es de un 30% a 40%. La contingencia es de más o menos 30%. Se usa para decidir entre varias alternativas de diseño y obtención de fondos para ingeniería básica.
- Clase III: se realiza después que se ha completado 60% de la ingeniería básica, y se ha comenzado el trabajo de diseño de equipos básicos incluyendo las especificaciones de diseño. El rango de precisión de este estimado es de un 15% a un 20%. La contingencia es de más o menos 20%. Se usa para la obtención de los fondos para la ejecución de la ingeniería de detalle y/o para órdenes de compras de equipos y materiales de largo tiempo de entrega.
- Clase II: es un propósito basado en especificaciones de diseño completadas (ingeniería básica), las cuales son de un alcance suficiente para definir

íntegramente el proyecto para el diseño y la ingeniería de detalle subsiguiente. El rango de precisión de este estimado es de un 10% a 15%. La contingencia es de más o menos 10%. Se usa para solicitar la aprobación de fondos; detalle, procura, construcción y arranque del proyecto; presupuesto base para el control de costo y avance; establecimiento de flujo de caja y evaluación de la tasa de retorno de la inversión.

- Clase I: estimación hecha después de tener disponibles las especificaciones básicas del diseño mecánico detallado (fundaciones, estructuras, despliegue de líneas y tuberías). Se realiza cuando la Ingeniería en Detalle ha avanzado en un 70% a 90%. La precisión de este tipo de estimado resulta dentro de más o menos un 10%. Se usa para el control de procesos de licitación y control de ejecución.

En función de la información obtenida en el diseño de esta planta y de las definiciones explicadas arriba, el nivel de precisión de la estimación para esta fase es el correspondiente a Clase V.

El método más adecuado y comúnmente empleado para el nivel de precisión esperado y la información disponible, es el de estimación por porcentaje de costos de equipos entregados. Este método requiere la determinación del Costo de los Equipos Entregados (CEE), mientras que los demás rubros incluidos en la estimación de la inversión total de capital son estimados como porcentajes de éste [27]. En la determinación de los costos de los equipos no siempre es posible contar con presupuestos de proveedores; por lo tanto, se toma información de un equipo referencial similar al requerido. La tabla 2.13 muestra los factores para esta estimación.

2.6.2 Estimación de Inversión total de capital y costo total de producción

2.6.2.1 Inversión total de capital (ITC)

La estimación de la ITC con el método seleccionado es un procedimiento sencillo una vez que se tiene el monto del Costo de los Equipos Entregados. Los porcentajes

asignados a cada rubro en la tabla 2.13 corresponden a una planta que maneja sólidos y fluidos, según lo encontrado en la literatura.

Tabla 2.13 Factores relativos para la estimación de inversión de capital para los diversos rubros, basado en el costo de equipo entregado [27].

Rubro	Porcentaje del CEE
Costos directos	
Equipo adquirido y entregado	100
Instalación del equipo entregado	39
Instrumentación y control (instalado)	13
Cañerías y tuberías (instaladas)	31
Instalaciones eléctricas (colocadas)	10
Obras civiles (incluyendo servicios)	29
Mejoras terreno	10
Servicios industriales (instalado)	55
Terreno (si se requiere compra)	6
Total Costos Directos	293
Costos Indirectos	
Ingeniería y supervisión	32
Gastos de construcción	34
Total Costos Directos e Indirectos	359
Honorarios del contratista	18
Eventuales	36
Inversión de capital fijo (ICF)	413
Capital de trabajo	74
Inversión total de capital (ITC)	487

2.6.2.2 Costo total de producción (CTP)

El CTP se calcula en función de la información mostrada en la tabla 2.13, y del costo estimado de la materia prima, la mano de obra y la depreciación de los activos.

El costo de la materia prima constituye uno de los mayores aportes en el costo total de producción, lo primero implica disponer de grandes instalaciones de almacenamiento y sistemas de inventario. En consecuencia se debe buscar una relación de compra razonable con las características de la planta, tiempo de entrega de materia prima, condiciones de almacenamiento, etc. En plantas químicas el costo de la materia prima se encuentra entre un 10-50% del costo total del producto. En plantas de procesos la mano de obra corresponde a cerca del 15 % del costo total del producto.. La tabla 2.14 presenta la distribución porcentual de referencia, correspondiente a los rubros que componen el costo total de producción.

Tabla 2.14 Estimación del Costo total de producción (CTP) en base anual [27].

Rubro	% Referencial
Costos directos	
Materias primas	
Mano de obra (MO)	
Supervisión	10 % MO
Servicios	10 % CTP
Mantenimiento y reparación	2 % ICF
Suministros	0,5 % ICF
Gastos de laboratorio	10 % MO
Total de costos directos	77 % CTP
Gastos fijos	
Depreciación (15 años)	
Impuestos locales	1 % ICF
Seguros	0,4 % ICF
Total gastos fijos	12 % CTP
Gatos Generales de Producción	50 % MO
Total Costos de Fabricación	
Gastos generales	
Administración	15 % MO
Distribución	4 % CTP
Investigación y desarrollo	2 % CTP
Inversión y financiamiento	0,1 % ITC
Total Gastos Generales	7 % CTP
Costo Total de Producción	100 % CTP

CAPITULO 3

DESARROLLO DEL TRABAJO

3.1 DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS Y MATERIALES

3.1.1 Equipos

- Extractor de grasa: marca Velp Científica, modelo SER 148
- Balanza analítica: marca Denver Instrument, modelo AA 200
- Balanza electrónica analítica: marca Sartorius, modelo Sartorius Basic 98648-002-79
- Colorímetro: marca Hunter Lab, modelo Color Flex CX 181
- Deshidratador de bandeja: marca Mitchel, modelo 645159
- Estufa: marca Memmer, modelo BE 400
- Licuadora: marca Osterizer, modelo 4190
- Formadora de pasta: marca Marcato, modelo Atlas 150
- Mufla: marca Vulcan, modelo A-130
- Plancha de calentamiento: marca Velp Científica, modelo RC2
- Texturómetro: marca Lloyd Instrument, modelo 500 N
- Destilador para proteínas: marca Velp Científica, modelo UDK 130D

3.1.2 Materiales y sustancias

- Material de vidrio
- Desecador de vidrio con gel de silicona como material desecante
- Tamiz: marca Tyler de 60 mesh
- Azul de bromocresol
- Rojo de metilo
- Ácido bórico
- Ácido clorhídrico

- Ácido sulfúrico
- Catalizadores (dicromato de potasio y sulfato cúprico pentahidratado)
- Hexano
- Alcohol etílico
- Agua destilada

3.2 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

La harina de trigo fue adquirida en un comercio local. Los rizomas de guapo (*Maranta arundinacea*) fueron recolectados en la población de Santa Inés, municipio Caripe del estado Monagas.

3.2.1 Obtención de la harina del rizoma guapo (*Maranta arundinacea*)

Para obtener la harina de guapo, los rizomas de guapo fueron lavados, pelados, cortados en hojuelas de 1 cm. aproximadamente de grosor, de manera manual y colocadas en un deshidratador a 45 °C por 24 horas. Una vez secas las hojuelas fueron molidas en un procesador de alimentos y luego pasadas por un tamiz de 60 mesh, para lograr la granulometría necesaria para la harina. La harina así obtenida fue guardada en un lugar seco para su posterior análisis y aplicación en la elaboración de las pastas alimenticias (ver figura 3.1).

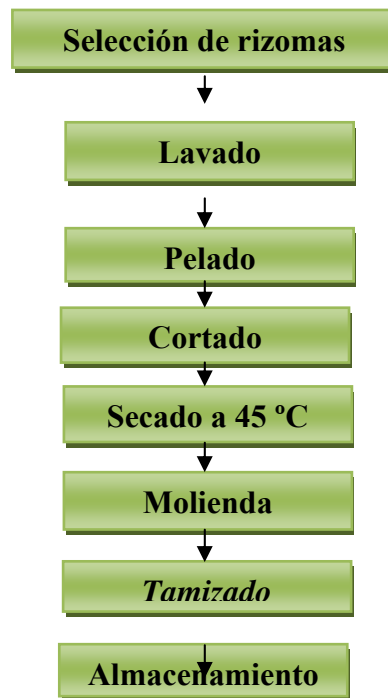


Figura 3.1 Diagrama para la obtención de la harina del rizoma de guapo

3.2.2 Elaboración de las pastas alimenticias

Antes de comenzar con los estudios en las pastas se realizaron pruebas para determinar las proporciones adecuadas de las harinas; para ello se utilizaron diferentes formulaciones:

- 100 % harina de trigo (pasta control)
- 100 % harina de guapo
- 40 % harina de trigo y 60 % harina de guapo
- 50 % harina de trigo y 50 % harina de guapo

Las formulaciones con 100 % harina de guapo y 40 % harina de trigo/60 % harina de guapo, no se pudieron realizar porque presentaron dificultad para su amasado, laminado y manipulación en la elaboración de las pastas.

3.2.2.1 Ingredientes

- La harina de guapo para sustituir a la harina de trigo en las formulaciones fue obtenida en el laboratorio de alimentos (Departamento de Ingeniería Química de la UDO), a partir de los rizomas de guapo.
- Harina de trigo todo uso, marca Robin Hood.
- Agua potable

3.2.2.2 Procedimiento para la obtención de las pastas alimenticias

El procedimiento de elaboración de las pastas alimenticias se muestra en el diagrama de la figura 3.2

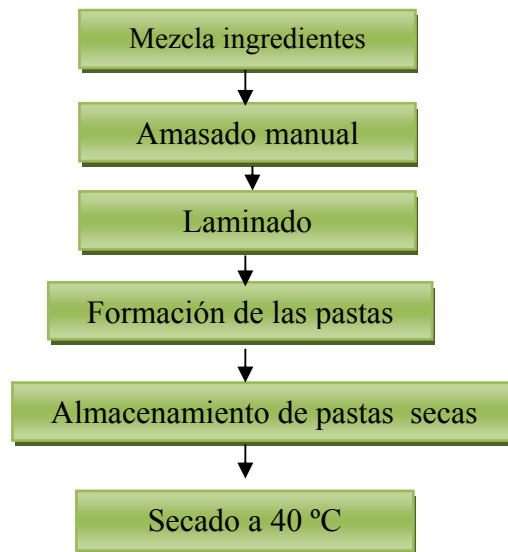


Figura 3.2 Diagrama obtención de las diferentes pastas alimenticias

3.2.2.3 Diseño experimental

Se elaboraron dos tipos de pastas alimenticias:

1. Pasta con 100% harina de trigo o pasta control
2. Pasta con 50% harina de trigo y 50% harina de guapo

Para la elaboración de las pastas con guapo se hizo un mezclado previo de las harinas de trigo y de guapo. Se agregó agua a las harinas en cantidad suficiente para obtener

una masa compacta que no se adhiere a las manos y que no se resquebraje. El amasado se realizó de forma manual y la masa obtenida se dejó en reposo por 10 minutos a temperatura ambiente. En el reposo la masa pierde extensibilidad, por lo que fue nuevamente amasada antes de proceder al laminado. El laminado fue realizado con un rodillo extendiendo la masa sobre una superficie lisa, la que posteriormente se hizo pasar entre los rodillos de la máquina formadora de pastas, subsecuentemente de los niveles 1 al 3. La lámina obtenida se cortó en trozos de 15 cm de largo antes de pasarla por la cortadora de la máquina formadora de pastas, para obtener los *fettuccine*.

El secado se realizó en el deshidratador de bandejas durante 4 h, aproximadamente, a una temperatura de 40 °C, lo cual permitió aumentar la resistencia y mantener la forma de las pastas.

Por último, retiradas las pastas del deshidratador; se enfriaron a temperatura ambiente, se colocaron en bolsas de polietileno y fueron almacenadas en un lugar fresco y seco para su posterior utilización.

3.2.3 Análisis químicos de las harinas y de las pastas alimenticias

3.2.3.1 Determinación del contenido de humedad

Se utilizó el método sugerido por la norma COVENIN 1156-79, el cual se describe a continuación:

Se colocaron 3 g de muestra en crisoles previamente limpios, secos y tarados, posteriormente se introdujeron en una estufa a temperatura de 103 ± 2 °C durante 2 horas. El porcentaje de humedad fue determinado por diferencia de peso entre la muestra húmeda y la muestra seca en la estufa.

$$\%Humedad = \frac{muestra\ húmeda(g) - muestra\ seca(g)}{muestra\ húmeda(g)} \times 100$$

3.2.3.2 Determinación del contenido de cenizas

Se utilizó el método sugerido por la norma COVENIN 1783-81, el cual se describe a continuación:

Se colocaron 3g de muestra en crisoles previamente limpios, secos y tarados; luego se introdujeron en una mufla a 550°C hasta la obtención de cenizas blancas. El porcentaje de cenizas se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$\%Ceniza = \frac{masacenzas(g)}{masamuestra(g)} \times 100$$

3.2.3.3 Determinación del contenido de proteínas

Se utilizó el método sugerido por la norma COVENIN 1195-95, el cual se describe a continuación:

Se tomaron 2g de muestra y se sometió a digestión durante 3 horas, en el equipo de digestión de proteínas, con ácido sulfúrico en ebullición en presencia de una mezcla de sulfato de cobre y sulfato de potasio, como catalizadores. El residuo se enfrió, se disolvió con agua destilada y se colocó en el destilador de nitrógeno, donde se le agregó hidróxido de sodio (18 eq-g/l) y el amonio presente se destiló, recogándose en una solución de ácido bórico que contenía una mezcla de indicadores verde de bromocresol y rojo de metilo. El destilado fue titulado con una solución de ácido clorhídrico estandarizado (0,1069N). De la determinación cuantitativa se calcula el nitrógeno total y la proteína cruda contenidos en el material bajo ensayo, expresada ésta como un porcentaje de la muestra original. El contenido de nitrógeno se calculó según la siguiente fórmula:

$$\%Nitrógeno = \frac{mlHCl\text{ gastado} \times NHCl \times 0,014}{peso\ de\ muestra} \times 100$$

El contenido de proteínas fue calculado según la siguiente fórmula:

$$\text{Proteína cruda} = \% \text{ NT} \times 6,25$$

3.2.3.4 Determinación del contenido de grasa

Se utilizó el método sugerido por la norma COVENIN 1785-81, el cual se describe a continuación:

Para extraer la grasa, se colocaron 2 g de muestra libre de humedad, en un dedal de extracción; luego se colocó en un *beaker* del equipo de extracción de grasa, usando hexano como solvente para someterse a reflujo durante 2 horas, aproximadamente. Después de evaporar el solvente, el residuo obtenido fue secado y pesado. El contenido de grasas en la muestra se calculó como:

$$\%Grasa = \frac{(pesobeaker + grasa) - pesodelbeaker}{masadelamuestra}$$

3.2.3.5 Determinación de fibra cruda

Se utilizó el método sugerido por la norma COVENIN 1789-81, el cual se describe a continuación:

Se tomaron 2 g de muestra, libre de humedad y grasa, y se digirió primero con una solución ácida y luego con una solución básica, utilizando solución de ácido sulfúrico (H₂SO₄) 1,25% y solución de hidróxido de sodio (NaOH) 1,25%. El residuo insoluble, lavado y filtrado se recogió en un crisol Gooch y se secó en la estufa a 105°C, hasta peso constante (alrededor de 2 horas). Luego se incineró en la mufla a 600 °C por 3 horas hasta destrucción total de la materia orgánica; para nuevamente enfriarlo y pesarlo. El contenido de fibra cruda se calculó como:

Cálculos:

$$\%FibraCruda = \frac{pesoa100^{\circ}C - pesoa600^{\circ}C}{pesodelamuestra} \times 100$$

3.2.3.6 Determinación de los carbohidratos

La determinación de los carbohidratos se realizó por diferencia y se calculó con la siguiente ecuación:

$$\% \text{ carbohidratos} = 100 - (\% \text{ humedad} + \% \text{ grasa} + \% \text{ fibra} + \% \text{ proteína} + \% \text{ cenizas})$$

3.2.3.7 Determinación del aporte nutricional de las pastas

El valor calórico de las pastas se estimó considerando la composición porcentual de cada uno de ellos y un aporte de 4 kcal/g para carbohidratos y proteínas, y 9 kcal/g para las grasas.

3.2.4 Análisis físico de las pastas alimenticias

3.2.4.1 Análisis de color

El color se determinó por medio de un colorímetro marca Hunter Lab modelo ColorFlex CX1819, con iluminante D65 (luz de día), observador patrón 10°, calibrado con una teja blanca cuyos parámetros eran $X = 79,55$; $Y = 84,45$ y $Z = 89,42$. Las medidas de color fueron expresadas por los valores especiales obtenidos por el sistema CIE- L^* a^* b^* ; el parámetro L^* es para describir luminosidad en una escala de 0 (negro) a 100 (blanco puro), el parámetro a^* es matiz del color (+ rojo – verde), y el parámetro b^* es matiz del color (+ amarillo – azul).

Se evaluaron los atributos de color para las pastas alimenticias, utilizándose una cubeta portamuestra con una altura de 4,5 cm, ancho de 4,3 cm y espesor de 1 cm.

Con los valores de L^* , a^* y b^* arrojados por el colorímetro se hicieron los siguientes cálculos:

- Índice de blancura (WI): toma en cuenta los valores de luminosidad y las tonalidades

$$WI = 100 - [(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}]^{1/2} \quad (\text{Chin-Lin 2003})$$

- Diferencia de color (ΔE): este valor define el tamaño total de la diferencia pero no da información acerca de cómo difiere el color.

$$\Delta E = (\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2})^{1/2}$$

3.2.4.2 Análisis de textura

El análisis de textura, de las pastas crudas y cocidas, se realizó con un texturómetro marca Lloyd Instrument, modelo 500N. Para cada análisis se empleó una celda de carga de 50 N.

Para la pasta cruda se usó la técnica instrumental de quiebre de tres puntos, la cual consiste en colocar el producto sobre dos soportes paralelos, separados a una distancia conocida. Un tercer eje paralelo, del mismo material de los soportes fue desplazado verticalmente ejerciendo una fuerza hasta producir un quiebre en la estructura del producto; esta prueba es de carácter destructivo y se basa en la aplicación de fuerzas a las muestras para obtener parámetros texturales deducibles de gráficos fuerza vs deformación que se obtienen con una máquina universal para prueba de materiales.

En la pasta cocida se realizó un ensayo de compresión utilizando un dispositivo esférico donde la muestra se sometió a doble ciclo de compresión hasta un 25%; el dispositivo se desplazó a una distancia de 4,4 mm y a una velocidad de compresión 0,2 mm/s. La muestra, cuya medida era de 10x5x2 mm aproximadamente, se colocó en la parte central debajo de la esfera.

En el perfil de textura de la pasta se determinaron valores de dureza, fracturabilidad, adhesividad y elasticidad, reportados por el *software* del equipo. La gomosidad, cohesividad y masticabilidad se determinaron mediante las siguientes ecuaciones:

- Gomosidad = Dureza 1 x Cohesión
- Cohesividad = A_2 / A_1 ; Área 1 y 2 son reportadas por el *software* del equipo
- Masticabilidad = Gomosidad x Elasticidad

3.2.4.3 Evaluación sensorial

La evaluación sensorial de las pastas alimenticias se realizó mediante una comparación pareada de preferencia la cual consistió en comparar la pasta elaborada con 50% harina de trigo/50% harina de guapo, con la pasta control elaborada con 100% harina de trigo. La prueba aplicada se muestra en el anexo C.1; tomando en cuenta el color, el sabor y la textura del producto.

Se utilizó un panel de 30 personas, no entrenadas, y la prueba se aplicó entre las 9 y 11 horas de la mañana.

3.2.4.4 Análisis estadístico

Para determinar la diferencia de humedad, ceniza, grasa, fibra, proteínas, color y textura entre las pastas, se aplicó a los datos la prueba t Student. Los análisis se efectuaron usando el paquete estadístico StatGwin 4,1.

Los resultados de la evaluación sensorial fueron tomados para hacer un análisis estadístico utilizando la tabla de Roessler, et tal (anexo C2) el cual hace una comparación pareada por preferencia prueba de 2 colas.

3.3 ESTUDIO ECONÓMICO

3.3.1 Estimación de la Inversión Total de Capital (ITC)

La estimación de la ITC con el método seleccionado es un procedimiento sencillo, una vez que se tiene el monto del Costo de los Equipos Entregados (CEE). Esta estimación requiere asignar un porcentaje a cada uno de los rubros restantes implicados en la inversión. Estos porcentajes se obtienen de la tabla 2.12, correspondientes a una planta que maneja sólidos y fluidos, según lo encontrado en la literatura [24].

El siguiente rubro considerado en la estimación de la ITC corresponde a la instalación de equipos entregados, lo que representa un 39 % del CEE. El costo de instalación se determina de la siguiente manera:

$$C_{\text{INST.EE}} = 256505,73 \times 0,39 = 100037,23 \text{ Bs}$$

Este cálculo se repite en los demás rubros para finalmente obtener la Inversión Total de Capital.

3.3.2 Estimación del Costo Total de Producción (CTP)

El Costo Total de Producción se calcula en función del costo estimado de la materia prima, la mano de obra y la depreciación de los activos; así como de las relaciones entre la Inversión Total de Capital y la Inversión de Capital Fijo y los demás rubros considerados en el estimado expresados en forma de porcentajes, tal como se mostró en la tabla 2.13.

3.3.2.1 Costo de la materia prima

La materia prima empleada en la elaboración de la pasta se presenta en la tabla 3.1

Tabla 3.1 Costo de la materia prima

Materia prima	Consumo anual (Kg)	Costos (Bs/año)
Harina de trigo	500	3180
Harina de guapo	500	2400
Total		5580

3.3.2.2 Mano de obra

Para una planta como esta, una vez en funcionamiento, se requiere un bajo número de personal. Para las labores de operación y mantenimiento, se requieren 9 obreros cuyo sueldo a devengar por cada obrero es de 1800 Bs/mes, y para el funcionamiento del laboratorio se requiere 1 técnico cuyo sueldo se establece en 2040 Bs/mes.

Para calcular este gasto se aplica la ecuación:

$$MO = (S_{\text{obreros}} \times N^{\circ}_{\text{obreros}}) + (S_{\text{técnicos}} \times N^{\circ}_{\text{técnicos}})$$

Donde:

S_{obreros} : sueldo de obreros

$N^{\circ}_{\text{obreros}}$: número de obreros

$S_{\text{técnicos}}$: sueldo de técnicos

$N^{\circ}_{\text{técnicos}}$: número de técnicos

Por tanto el costo total por mano de obra es:

$$MO = (1800 \times 9) + (2040 \times 1) = 18240 \text{ Bs/mes}$$

Para un menor desgaste de los equipos se evaluó la planta para un funcionamiento de 150 días al año; por lo tanto la mano de obra anual será de 91200 Bs/año.

3.3.2.3 Depreciación

Para la depreciación se tomó en cuenta un descuento anual que corresponde a la relación de todos los activos depreciables; es decir que se puedan desgastar o que sea necesario reemplazarlos al final de su vida útil, y la cantidad de años probables que durará en servicio.

Estos activos incluyen los equipos principales, cuyos costos se encuentran descritos en el anexo D

Se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Depreciación} = \Sigma(P - Vf) / nf$$

Donde:

P = Costo del equipo en el momento que se adquiere

Vf = Valor de salvamento (30 % costo del equipo)

nf = Vida útil (15 años)

Entonces se tiene que:

$$\text{Depreciación} = 179554,01 / 15 = 11970,27 \text{ Bs/año}$$

En cuanto a la determinación de los gastos fijos, compuestos por la depreciación, los impuestos locales y los seguros, se tiene que estos equivalen al 1 % y 0,4 % de la Inversión de Capital Fijo (ICF), calculada en la sección anterior en 1244052,43. Con esta información se determina que:

$$\text{Impuestos locales} = 0,01 \times 1244052,77 \text{ Bs} = 12440,52 \text{ Bs}$$

$$\text{Seguros} = 0,004 \times 1244052,77 \text{ Bs} = 4976,21 \text{ Bs}$$

Considerando el valor de la depreciación 11970,27 Bs se calcula el total de gastos fijos:

$$\text{Total de Gastos Fijos} = (11970,27 + 12440,53 + 4976,21) = 29387,00 \text{ Bs}$$

El total de gastos fijos equivale en muchos casos al 12 % del costo total de producción; según lo consultado en la bibliografía [27]. Por lo tanto, una vez obtenido el monto correspondiente al total de gastos fijos, es posible determinar el CTP y a partir de él, el resto de los rubros relacionados porcentualmente con el mismo.

De acuerdo a lo anterior, una estimación del CTP sería:

$$\text{Costo Total de Producción} = \text{Total de gastos fijos} / 0,12 = 244891,67 \text{ Bs/año.}$$

CAPITULO 4

DISCUSIÓN DE RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 ANÁLISIS PROXIMAL

La composición química de la materia prima y de los productos elaborados, en este caso de las harinas y pastas alimenticias, es una medida de la calidad de sus nutrientes. El análisis proximal, probablemente sea el método más usado para expresar la calidad nutritiva global de un alimento y mide la cantidad de nutrientes presentes.

4.1.1 Caracterización proximal de las harinas

La composición proximal de las harinas se presenta en la tabla 4.1.

Tabla 4.1 Análisis proximal (base seca) de la harina de trigo y de la harina de guapo

Muestras	Humedad	Proteínas	Grasa	Fibra cruda	Ceniza	Carbohidratos
Harina de trigo	12,23 ±2,89 ^{ns}	11,73 ±0,01*	1,26 ±0,09 *	0,61 ±0,00 *	0,78 ±0,27 *	73,79±0,40 *
Harina de guapo	11,54 ±0,34 ^{ns}	5,30 ±0,09 *	0,13 ±0,01 *	1,07 ±0,00 *	2,94 ±0,00 *	79,02±0,36*

Los valores están expresados como la media ± la desviación estándar. **ns**= diferencia no significativa ($p \geq 0,05$); * = diferencia significativa ($p < 0,05$)

4.1.1.1 Humedad

Determinar el contenido de humedad en los alimentos es un factor importante ya que cuando hay una concentración alta de agua en los alimentos, la descomposición será causada por el crecimiento y desarrollo de bacterias, mohos y por reacciones

enzimáticas y no enzimáticas; mientras que a concentraciones bajas de agua, la pérdida de calidad se produce principalmente por reacciones oxidativas y deterioro físico; sin embargo, el alimento es más estable cuando hay baja concentración de agua.

Como se observa en la tabla 4.1 y la figura 4.1, el porcentaje de humedad en la harina de trigo y la harina de guapo fue de 12,23 % y 11,54 % respectivamente, no presentando diferencia significativa ($p \geq 0,05$) entre ellas. El contenido de humedad es inferior en la harina de guapo en un 5,64 %; estos valores están por debajo del límite máximo (15 %) exigido por la norma COVENIN (1994) para la harina de trigo; lo que puede ser una garantía para que dichas harinas no sufran pérdida de calidad.

En estudios realizados por Dorta (2010), encontró valores de humedad en la harina de guapo de 5,33 %; valor mucho más bajo que el encontrado en esta investigación. Maldonado y et al (1998) obtuvieron harina de remolacha y zanahoria para la elaboración de pastas alimenticias por sustitución de harina de trigo cuyo contenido de humedad fue de 6,27 % y 3,6 %, respectivamente.



Figura 4.1 Contenido promedio de humedad en la harina de trigo y harina de guapo

4.1.1.2 Proteínas

Las proteínas ocupan un lugar de máxima importancia entre las moléculas constituyentes de los seres vivos. Prácticamente todos los procesos biológicos dependen de la presencia o la actividad de este tipo de molécula. Las fuentes dietéticas de proteína incluyen carnes, huevos, leguminosas y productos lácteos. Las fuentes vegetales son deficientes en algunos aminoácidos entre los que se incluyen metionina y lisina, los cuales son esenciales. Determinar el contenido proteico de los alimentos permite conocer el valor nutricional del mismo.

Como se observa en la tabla 4.1 y la figura 4.2, el contenido de proteínas en la harina de trigo y la harina de guapo fue de 11,73 % y 5,30 %, respectivamente; presentando la harina de guapo un nivel de proteínas más bajo ($p < 0,05$) que el de trigo, difiriendo en un 54,82 %. Las proteínas exigidas por la norma COVENIN para la harina de trigo es de 10% mínimo.

Ciarfella (2006) encontró valores en la harina de guapo de 4,44 % en proteínas; siendo estos valores muy parecidos si se comparan con la harina de guapo en estudio. Dorta (2010), durante su investigación en la elaboración de galletas con harina de guapo y trigo, obtuvo un valor en proteínas de 4,57 %. Por su parte, Gutiérrez y Shultz (1992) determinaron que el contenido promedio de proteínas en harina obtenida de seis variedades de yuca, era de 4,7 %, con valores que oscilan entre 3,05 y 6,63 %, lo que ratifica el escaso contenido proteico de las raíces tuberosas. Según John, et al (2002), el contenido de proteína en una harina de *Maranta arundinacea* comercial de la India, es de 0,04 %, valor inferior al observado en esta investigación.

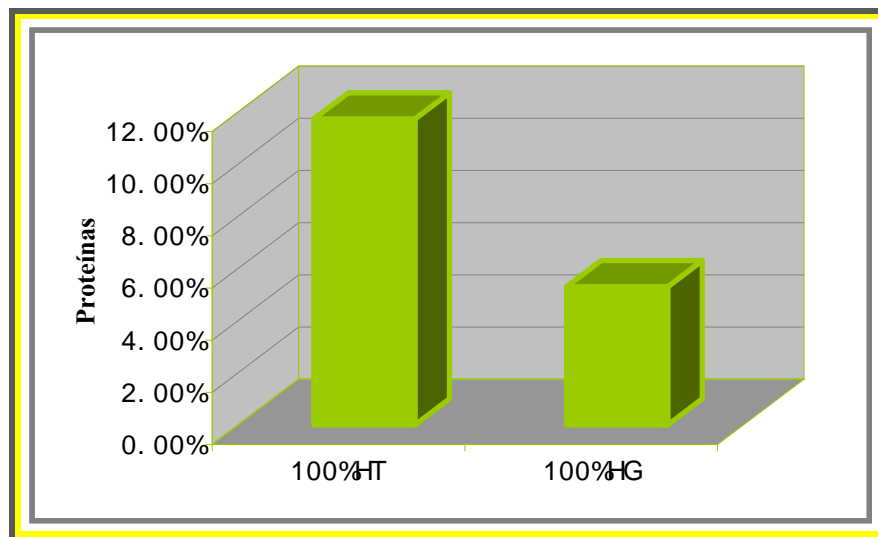


Figura 4.2 Contenido promedio de proteínas en la harina de trigo y harina de guapo

4.1.1.3 Grasa

La grasa es uno de los parámetros más importantes en el control de la calidad de los alimentos y forrajes, ya que contribuye a aumentar el valor nutricional de los alimentos.

Como se observa en la tabla 4.1 y la figura 4.3, el valor de grasa en la harina de guapo fue de 0,13 %, por lo que presenta menor contenido ($p < 0,05$) con respecto a la harina de trigo, que tenía 1,26 %. Ambas harinas cumplen con lo establecido por INN que reporta un valor de grasa para la harina de trigo de 1,35%.

Ciarfella (2006) en estudio realizado sobre la *Maranta arundinacea* y la *Canna edulis* obtuvo un valor de 0,11 % y 0,29 %, respectivamente, siendo el valor para la *Maranta arundinacea* similar al obtenido en esta investigación. Dorta (2010) obtuvo un valor en la harina de guapo de 0,05 %. Maldonado, et al (1998) determinaron que el contenido de grasa en harina de zanahoria y remolacha para la elaboración de una pasta alimenticia fue de 0,47 % y 0,45 %, respectivamente. Según John, et al (2002), el contenido de grasa en una harina de *Maranta arundinacea*, comercial de La India, es de 0,88 %, valor superior al observado en esta investigación.

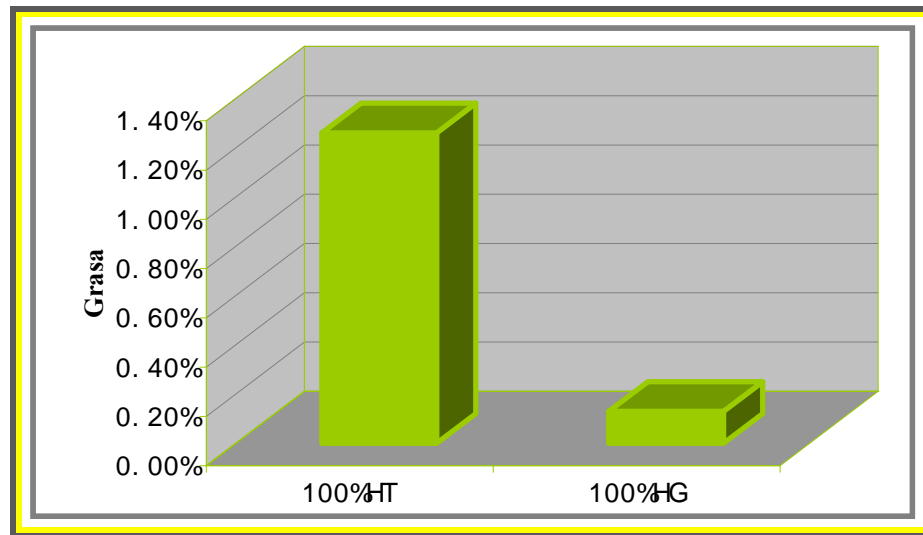


Figura 4.3 Contenido promedio de grasa en la harina de trigo y harina de guapo

4.1.1.4 Fibra cruda

Hay que considerar, en los análisis de nutrientes de los alimentos, la cantidad de fibras vegetales, ya que éstas presentan algunas propiedades fisicoquímicas que potencialmente pueden afectar en forma considerable la fisiología nutritiva del hombre. Las fibras en general son capaces de absorber agua; esto produce una estructura de gel que forma una matriz en el tracto gastrointestinal de los humanos y algunos animales, afectando la digestión y absorción eficiente de los líquidos.

Como se observa en la tabla 4.1 y la figura 4.4, en la harina de guapo el contenido de fibra cruda fue de 1,07 % y en la harina de trigo 0,61%, observándose un incremento de 42,99 %, valor superior ($p < 0,05$) al de la harina de trigo.

En estudios realizados por Ciarfella (2006) el contenido de fibra cruda en la harina de guapo y *Canna edulis* fue de 0,96 % y 1,37 %, respectivamente. Dorta (2010) obtuvo un valor en fibra cruda de 0,90%.

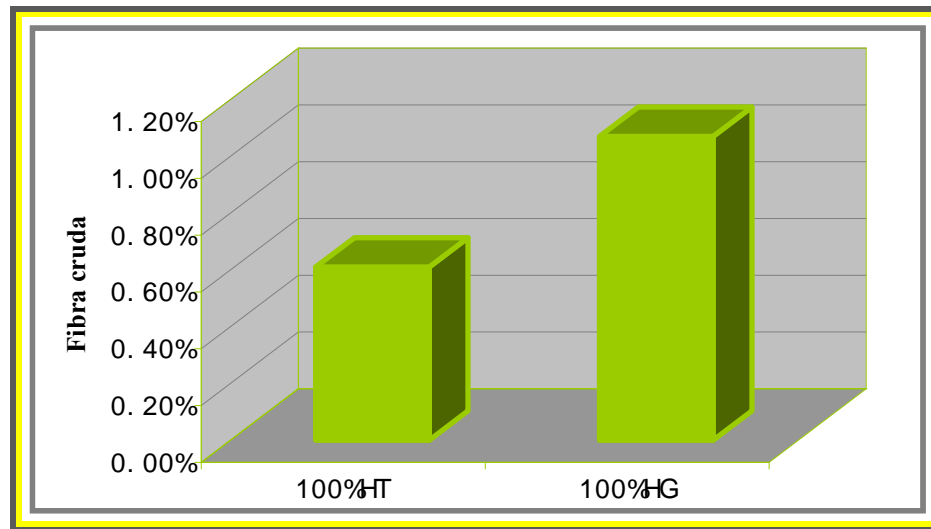


Figura 4.4 Contenido promedio de fibra cruda en la harina de trigo y harina de guapo

4.1.1.5 Ceniza

La ceniza es la materia inorgánica que forma parte constituyente de los alimentos (sales minerales). Los minerales o sales de minerales cumplen en el organismo funciones plásticas y reguladoras. Cumplen la función plástica el calcio, fósforo y el magnesio, formando parte del esqueleto, cartílagos, dientes, etc.; el Fe en la hemoglobina, C, H, O en grasas y glúcidos, y el N en las proteínas, etc. La función reguladora que cumplen los minerales se expresa en la regulación de la presión osmótica a través de las membranas celulares, mantienen la reacción alcalina, neutra o ácida de los tejidos, activan los procesos enzimáticos de la absorción y metabolismo intervienen en la función del sistema nervioso, regulando la excitabilidad y contractibilidad muscular.

Como se observa en la tabla 4.1 y en la figura 4.5, el contenido de ceniza en la harina de guapo fue de 2,94 %, valor superior ($p < 0,05$) al observado en la harina de trigo (0,78 %); por lo tanto, se puede decir que la harina de guapo posee mayor cantidad de minerales con respecto a la harina de trigo. El porcentaje de cenizas exigido por la norma COVENIN es de 0,8 % máximo para la harina de trigo.

En las investigaciones de Ciarfella (2006) el contenido de ceniza en la harina de guapo y la harina de *Canna edulis* fue 3,7 % y 6,84 %, respectivamente. En este caso la harina de guapo arrojó un valor cercano al encontrado en esta investigación, donde se encontraron minerales tales como potasio, magnesio, fósforo, calcio, sodio. Temple y et al (1991) reportaron un contenido de ceniza en harina de papa de 5,68 %. En estudio realizado por Gutiérrez y Shultz (1992) se encontró que el contenido promedio de ceniza en harina obtenida de seis variedades de yuca era de 1,86 %, valor inferior a la harina de guapo, pero superior a la harina de trigo. Maldonado y et al (1998) obtuvieron un porcentaje de ceniza para la harina de zanahoria de 6,42% y para la harina de remolacha de 6,98 %, valores superiores al de las harinas en estudio.

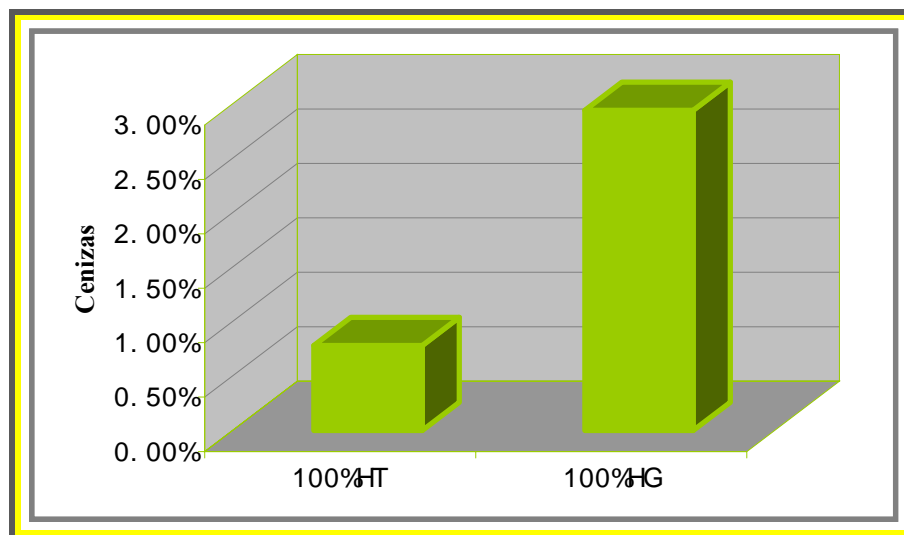


Figura 4.5 Contenido promedio de cenizas en la harina de trigo y harina de guapo

4.1.1.6 Carbohidratos

El análisis proximal indica que las harinas son ricas en carbohidratos. Como se observa en la tabla 4.1 y la figura 4.6, el contenido de carbohidratos en la harina de guapo fue de 79,02 %, superior ($p < 0,05$) en 6,6 % al contenido de la harina de trigo, el cual fue de 73,79 %.

Ciarfella (2006) obtuvo un porcentaje en carbohidratos en la harina de guapo de 79,08 % y en la harina de *Canna edulis* de 81,96 %. Como se puede apreciar la harina de guapo presenta un valor semejante al obtenido en esta investigación. En estudio realizado por Dorta (2010) se encontró que el contenido de carbohidratos en la harina de guapo fue de 88,34 %. Temple y et al (1991) reportaron un contenido de carbohidratos en harina de papa de 85,4 %; los valores reportados por estos investigadores son superiores a los obtenidos para las harinas en estudio.

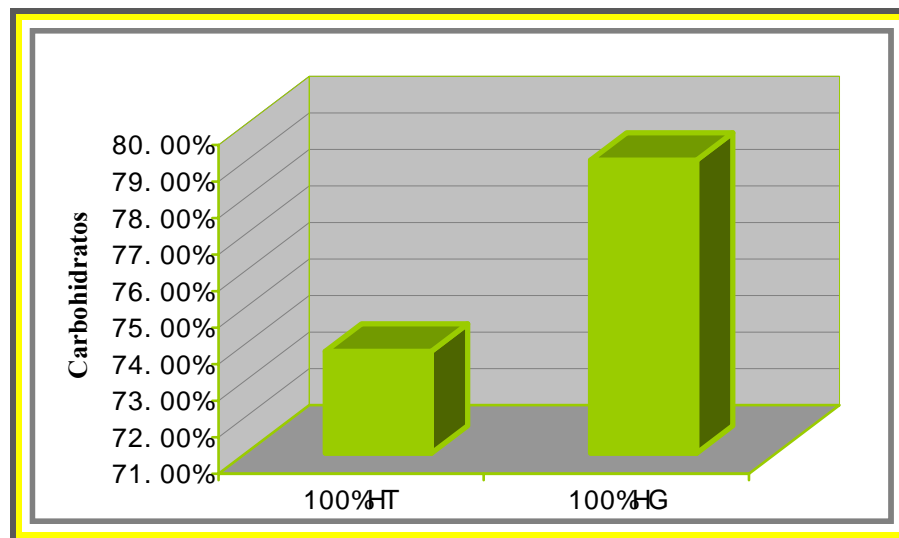


Figura 4.6 Contenido de carbohidratos en harina de trigo y harina de guapo

4.1.2 Caracterización proximal de las pastas alimenticias

La composición proximal de las pastas alimenticias se presenta en la tabla 4.2.

Tabla 4.2 Composición proximal de las pastas elaboradas con harina de trigo y harina de guapo

Muestras	Humedad	Proteínas	Grasa	Fibra cruda	Ceniza	Carbohidratos
Pasta 100% HT	10,90 ± 0,19 *	12,23 ± 0,12 *	1,06 ± 0,02 *	0,44 ± 0,00 *	0,73 ± 0,05 *	74,64 ± 0,12 *
Pasta 50%HT/HG	6,93 ± 0,21 *	9,29 ± 0,00 *	0,62 ± 0,02 *	0,70 ± 0,00 *	1,60 ± 0,15 *	80,86 ± 0,08 *

HG = harina de guapo; HT = harina de trigo. Los valores están expresados como la media \pm la desviación estándar. ns= diferencia no significativa ($p \geq 0,05$); *= diferencia significativa ($p < 0,05$).

4.1.2.1 Humedad

Como se observa en la tabla 4.2 y la figura 4.7, en la formulación de la pasta 100% trigo el porcentaje de humedad fue de 10,90 %, valor superior ($p < 0,05$) al de la pasta que tiene harina de guapo, donde el porcentaje de humedad resultó ser de 6,93 %; siendo esta humedad inferior a la de la harina de trigo en un 36,42 %. La humedad en las pastas estudiadas se encuentra dentro de lo establecido por la norma COVENIN 1553, la cual indica un máximo de 13,5 % para pastas con harina de trigo. Esta disminución experimentada por la sustitución es importante, porque la humedad constituye uno de los controles más severos en la producción industrial y en el seguimiento de la estabilidad en almacén, debido a las implicaciones relacionadas con el tiempo de vida útil y la estabilidad química y microbiológica.

En las pastas con harina de trigo y complementada con harina de zanahoria (*Daucus carota L.*) y harina de remolacha (*Beta vulgaris L.*), Maldonado, et al (1998) obtuvieron una humedad en las diferentes formulaciones de 9,12% y 9,37%, respectivamente; valores mucho más altos que en la pasta con harina de guapo y, al igual que en esta investigación, la humedad de pastas con mezcla de harinas es inferior a la de las pastas con harina de trigo, esto se puede deber a la granulometría de las harinas utilizadas en la elaboración de dichas pastas.



Figura 4.7 Contenido promedio de humedad en pastas alimenticias 100% HT y 50%HT/50%HG

4.1.2.2 Proteínas

Como se observa en la tabla 4.2 y la figura 4.8, para la pasta obtenida de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de guapo el porcentaje de proteínas fue de 9,29 %, mientras que en la pasta con control el contenido fue de 12,23 %; por lo tanto, disminuye ($p \geq 0,05$) el contenido proteico al disminuir el contenido de harina de trigo en un 24 %, lo cual corresponde con los resultados observados en las harinas. La norma COVENIN establece un mínimo de 10.5% de proteína en pastas de harina de trigo.



Figura 4.8 Contenido promedio de proteínas en pastas alimenticias 100% HT y 50%HT/50%HG

Maldonado, et al (1998) encontraron valores de proteínas de 13,15 % para la pasta con zanahoria y 13,28 % para la pasta a base de remolacha. Granito, et al (2003) reportaron valores de proteínas para sus diferentes formulaciones de 11,64 % y 11,03 %. En estos estudios se puede observar un contenido de proteínas mayor al de la pasta con guapo; esto se debe al contenido de proteínas que aportan los diferentes tipos de harinas.

4.1.2.3 Grasa

Como se observa en la tabla 4.2 y la figura 4.9, los valores obtenidos de grasa (1,60 %) para la pasta 100% trigo fueron superiores ($p < 0,05$) al de la pasta con guapo (0,62 %), lo cual indica que puede ser considerada un alimento bajo en grasa. De acuerdo con el INN el contenido de grasa en pastas alimenticias elaboradas con harina de trigo es de 1,8%. El contenido de grasa también disminuye con la cocción, cuando se compara con el contenido de grasa de las harinas.

Maldonado, et al (1998) obtuvieron pastas con menor contenido de grasas que la obtenida en esta investigación, reportando un valor de 0,28 % para la pasta control de harina de trigo y 0,30 % y 0,36 % para las otras pastas, en donde sustituye la harina de trigo con 5% harina de zanahoria y 5% harina de remolacha. Por su parte Granito, et al (2003) también midieron valores de grasa en pastas de trigo con harina de fríjol crudo y cocido mostrando valores de 1,06 % y 1,01 %, respectivamente; siendo éstos superiores al de la pasta en estudio.



Figura 4.9 Contenido promedio de grasa en pastas alimenticias 100% HT y 50%HT/50%HG

4.1.2.4 Fibra cruda

Como se observa en la tabla 4.2 y la figura 4.10, el contenido de fibra cruda es mayor ($p < 0,05$) en la pasta con guapo (0,70 %) con respecto a la pasta control (0,44 %). El contenido de fibra en las pastas con guapo es superior al de las pastas de trigo por el aporte que suministra la harina de guapo.

En las pastas elaboradas por Granito, et al (2003), obtuvieron valores de fibra cruda de 7,75 % en la pasta a base de frijol cocido y 13,10 % en la pasta a base de frijol crudo. Se puede apreciar que estos valores son mayores si se comparan con la pasta obtenida de la harina compuesta trigo-guapo, esto se debe a que las leguminosas poseen un alto contenido de fibra cruda.



**Figura 4.10 Contenido promedio de fibra cruda en pastas alimenticias 100% HT
y**

50%HT/50%HG

4.1.2.5 Cenizas

Como se observa en la tabla 4.2 y la figura 4.11, en la pasta control 100% trigo se obtuvo un contenido de ceniza de 0,73 %, valor inferior ($p < 0,05$) al obtenido para la pasta con guapo, que fue de 1,60 %. La norma COVENIN establece un 0,85% máximo para la pasta de harina de trigo. La harina de guapo contribuye con un aumento importante (54,38 %) en el contenido de cenizas de la pasta, lo que se corresponde con los resultados observados para las harinas.

Granito, et al (2003) en la evaluación de una pasta a base de trigo, maíz, yuca y frijol encontraron un porcentaje promedio de cenizas de 1,60 %; siendo este valor parecido al obtenido en la pasta con harina de guapo. Maldonado, et al (1998) en la elaboración de pastas alimenticias por sustitución con harina de zanahoria y con harina de remolacha determinaron niveles de ceniza iguales (0,84 %) para ambas pastas, se puede observar que el contenido de ceniza es inferior al de la pasta en estudio, estos valores dependen de la materia prima utilizada en la elaboración de la pasta.



Figura 4.11 Contenido promedio de ceniza en pastas alimenticias 100% HT y 50%HT/50%HG

4.1.2.6 Carbohidratos

En la tabla 4.2 y la figura 4.12, se muestra el contenido de carbohidratos en la pasta 100% trigo y la pasta 50% trigo/50% guapo fueron 74,64 % y 80,86 %, respectivamente; siendo mayor el contenido en la pasta de guapo en un 7,7 %.



Figura 4.12 Contenido de carbohidratos en pastas alimenticias 100% HT y 50%HT/50%HG

Granito, et al (2003) emplearon harina de frijol (crudo y cocido) para la elaboración de pastas obteniendo valores de 69,62 % y 64,61 %, respectivamente. Al comparar estos valores con la pasta de guapo se observó que el contenido de carbohidratos es mayor.

4.2 ANÁLISIS FÍSICO DE LAS PASTAS ALIMENTICIAS

4.2.1 Color

El color y el aspecto de las pastas casi siempre se evalúan en forma sensorial; sin embargo, esto depende de la estimación personal; la prueba visual está sujeta a error humano, por lo que es difícil comparar los valores de color. El color de la pasta se expresa en términos de claridad o luminosidad “L” y tono amarillo “b”, donde los valores altos indican buen color.

4.2.1.1 Análisis de color en la pasta cruda

Tabla 4.3 Análisis de color de las pastas alimenticias con harina de trigo y harina de guapo.

Muestras	L*	a*	b*	WI	ΔE
Pcr 100%HT	69,98 ^{ns}	3,6 ^{ns}	15,77*	65,90 ^{ns}	28,21 ^{ns}
Pcr 50%HT/HG	65,27 ^{ns}	2,94 ^{ns}	13,44*	62,61 ^{ns}	31,23 ^{ns}

Pcr = pasta cruda WI= índice de blancura ΔE = diferencia de color. Los valores están expresados como la media \pm la desviación estándar. ns= diferencia no significativa ($p \geq 0,05$); *= diferencia significativa ($p < 0,05$).

Los valores de los parámetros de color de las pastas crudas se muestran en la tabla 4.3 y en las figuras 4.13, 4.14 y 4.15. En la pasta cruda 50% guapo se observó una disminución significativa ($p < 0,05$) en las características de color, L* y b*, con respecto a la pasta 100% trigo, mientras que para el parámetro “a” no se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$), aunque la tendencia fue también a disminuir en el caso de la pasta con guapo. La pasta 50% guapo posee menor grado de luminosidad (L*= 65,27) que la pasta 100% trigo (L*= 69,98) y menor contribución al color rojo (b= 13,44); por lo tanto, la pasta de trigo es más amarilla y presenta un mayor índice de blancura (WI= 65,90) (ver figura 4.14). En cuanto a la diferencia de color (ΔE) con respecto a una placa blanca no hay diferencia significativa ($p \geq 0,05$) entre las pastas pero la tendencia es a aumentar la diferencia con la sustitución de harina de trigo por harina de guapo.

Delgado (2001) en estudio realizado sobre la calidad de una pasta cruda de sémola, tipo vermicelli, obtuvo los siguientes parámetros (L*= 53,4, a*= 2,03 y b*=20,4); estos valores comparados con la pasta en estudio mostró que la pasta es más amarilla pero menos luminosa.



Figura 4.13 Parámetros de color en pastas alimenticias crudas 100% HT y 50%HT/50%HG



Figura 4.14 Índice de blancura en pastas alimenticias crudas 100% HT y 50%HT/50%HG

4.2.1.2 Análisis de color en la pasta cocida

Los valores de los parámetros de color de las pastas cocidas se muestran en la tabla 4.4 y en las figuras 4.15, 4.16 y 4.17. El color de las pastas cocidas se vio afectado por la sustitución de la harina de trigo por harina de guapo. Con respecto al valor de la luminosidad, el valor fue menor ($p < 0,05$) en la pasta con guapo (59,51) que en la de trigo (67,99); y los valores, comparados con los de la pasta cruda, disminuyeron por efecto de la cocción. Esta disminución fue más notable en el caso de la pasta con guapo, donde se observó a simple vista el cambio de color.

Tabla 4.4 Análisis de color de las pastas alimenticias con harina de trigo y harina de guapo

Muestras	L*	a*	b*	WI	ΔE
Pco 100%HT	67,99*	2,21*	16,37*	63,98*	30,06*
Pco 50%HT/HG	59,51*	3,57*	18,36*	55,39*	38,54*

Pco = pasta cocida WI= índice de blancura ΔE = diferencia de color. Los valores están expresados como la media \pm la desviación estándar. ns= diferencia no significativa ($p \geq 0,05$); *= diferencia significativa ($p < 0,05$).

Los valores de a^* y b^* , a diferencia de la pasta cruda, fueron mayores ($p < 0,05$) en la pasta con guapo que en la pasta cruda. Esto evidencia que la cocción afecta notablemente el color de las pastas con guapo incrementando las tonalidades roja y amarilla. El incremento de pigmentos rojos y amarillos en la pasta con guapo también contribuyó a la disminución ($p < 0,05$) del índice de blancura (WI), en un 17,68 %, con respecto a la pasta control (figura 4.16). La diferencia de las pastas con respecto a la placa blanca aumentó por efecto de la cocción, lo cual era de esperarse por los valores obtenidos para L^* a^* y b^* . El valor de ΔE para la pasta 100% trigo fue de 30,06 y para la pasta con guapo fue de 38,54; como se observa al igual que en la pasta cruda, la pasta con guapo se diferencia más del control.

En la figura 4.18 se compara el color de la pasta 50% guapo/50% trigo crudas y cocidas. Se puede apreciar que al cocinarse se produce una disminución en la

luminosidad y un incremento en los pigmentos rojo y amarillo, por lo que la calidad es afectada debido al oscurecimiento, posiblemente por reacciones de Maillard [25].

En la evaluación de una pasta de sémola, Delgado (2001) obtuvo los siguientes parámetros de color: $L^* = 54,6$, $a^* = 3,94$ y $b^* = 24,6$; comparando estos resultados con la pasta estudiada en esta investigación se encontró que posee menor grado de luminosidad pero tiende a ser más amarilla. Sin embargo, este autor también observó un incremento en los pigmentos rojos y amarillos por efecto de la cocción. Granito, et al (2009) en la elaboración de pastas, una con harina de *Phaseolus vulgaris* y otra con *Cajanus cajan*, encontraron un valor para L^* de 54,1 y 48,2; un valor de a^* de 5,6 y 3,1 y b^* de 9,3 y 3,8, respectivamente. Si se compara con la pasta 50% guapo, la sustitución con harina de leguminosas disminuye la luminosidad, presentando valores semejantes de tonalidad roja, pero menores valores de tonalidad amarilla.



Figura 4.15 Parámetros de color en pastas alimenticias cocidas 100% HT y 50%HT/50%HG



Figura 4.16 Índice de blancura en pastas alimenticias cocidas 100% HT y 50%HT/50%HG



Figura 4.17 Diferencia de color (ΔE) en pastas alimenticias cocidas 100% HT y 50%HT



Figura 4.18 Comparación de color de las pastas alimenticias 50%HT/50%HG en crudo y cocido

4.2.2 Textura

La textura es un criterio de calidad muy importante que puede afectar el procesamiento, envasado, almacenamiento y manipulación; está relacionada principalmente a la suavidad, que es un atributo importante para la aceptación de alimentos; siendo la evaluación de características tales como dureza, adhesividad, masticabilidad, etc., una forma de garantizar la satisfacción del consumidor en cuanto a sus expectativas sensoriales.

4.2.2.1 Análisis de textura de las pastas crudas

En la tabla 4.5 y las figuras 4.19 y 4.20 se muestran los valores y las curvas obtenidas con el texturómetro para el análisis del perfil de textura (TPA) de las pastas. Como se observa en las gráficas, a las pastas crudas sólo pudo determinarse un parámetro, ya que inmediatamente que eran tocadas por el dispositivo del equipo se fracturaron. Al comparar los valores de fractura obtenidos en las diferentes pastas se observó que la fuerza necesaria para fracturar la pasta trigo-guapo fue de 1,49 Kgf

para un tiempo de 5,89 s; mientras que para la pasta control se necesitó una fuerza de 1,46 Kgf para un tiempo de 10,2 s. Como se puede notar la pasta trigo-guapo es más frágil, debido a que se empleó menos tiempo para romperla; esto puede ser debido a la sustitución con harina de guapo ya que al disminuir el contenido de proteínas, como la gliadina y la glutenina, disminuye en consecuencia la capacidad de la harina de formar una red más estructurada que le dé a su vez mayor dureza cuando está cruda.

Este factor es importante ya que a nivel industrial debe tomarse en cuenta para el diseño de los empaques y su transporte a los centros de distribución.

Tabla 4.5 Valores obtenidos mediante el análisis de TPA de las pastas alimenticias

Muestras	Parámetros	Pasta trigo	Pasta trigo-guapo
Aspecto crudo	Fractura (Kgf)	1,46	1,49
	Tiempo (s)	10,2	5,8
Aspecto cocido	Dureza (Kgf)	1,06	0,68
	Adhesividad (Kgf.mm)	0,09	0,08
	Cohesividad (adimensional)	0,16	0
	Masticabilidad (Kgf.mm)	0,018	0
	Elasticidad (mm)	0,10	0

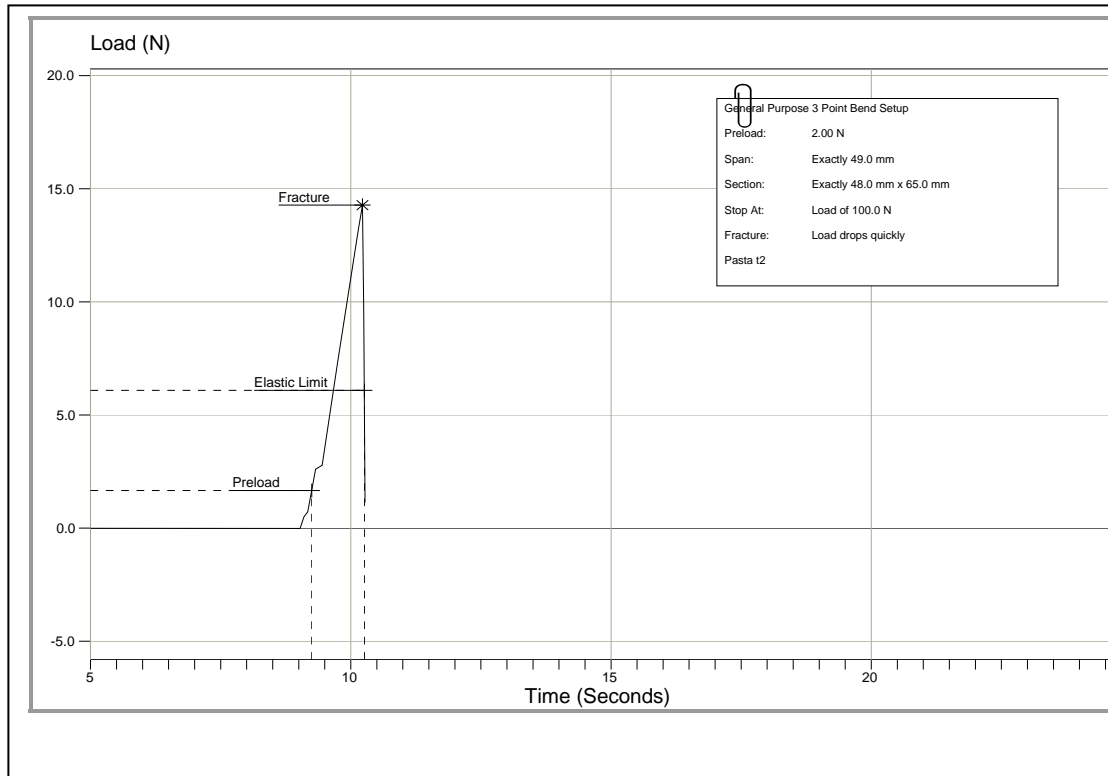


Figura 4.19 Perfil de textura de la pasta cruda trigo

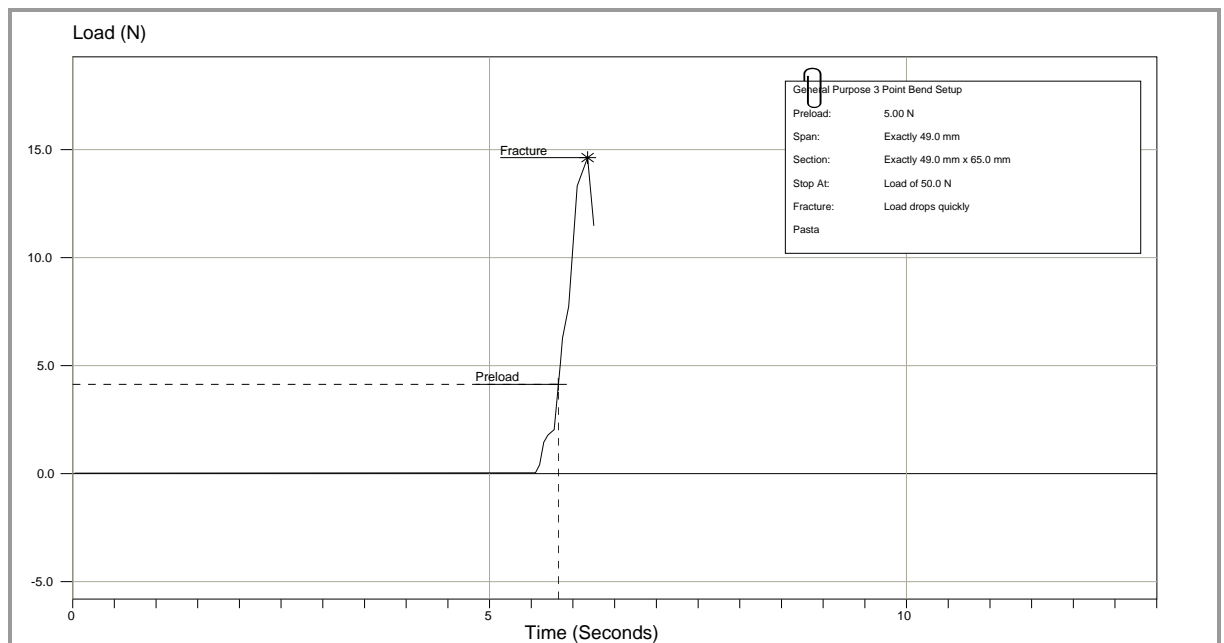


Figura 4.20 Perfil de textura de la pasta cruda trigo-guapo

4.2.2.2 Análisis de textura de las pastas cocidas

En la tabla 4.5 y las figuras 4.21 y 4.22 se muestran los valores y las curvas obtenidas con el texturómetro para el análisis de perfil de textura (TPA) de las pastas cocidas.

De acuerdo a los resultados obtenidos, la fuerza que debe aplicarse para realizar la primera mordida en la pasta de trigo y en la pasta trigo-guapo fue de 1,06 y 0,68 Kgf, respectivamente. Esto quiere decir que la pasta con guapo tiene menor dureza debido a su estructura más frágil atribuible a su menor contenido de las proteínas gliadina y glutenina. En consecuencia la pasta con guapo será más fácil de masticar que la pasta con trigo.

En cuanto a la adhesividad que es el trabajo requerido para retirar el alimento de la superficie, se obtuvieron valores de 0,09 Kgf para la pasta control y 0,08 Kgf para la pasta trigo-guapo; siendo menos adhesiva la pasta con guapo, lo cual puede ser debido a que forma menos redes internas por su menor contenido de gliadina y glutenina.

Con respecto a los parámetros de cohesividad, o lo que es lo mismo, la fuerza que los enlaces internos hacen sobre el alimento, se puede observar que se obtiene un valor de 0,16 para la pasta de trigo, mientras que es nula para la pasta con guapo. Esto puede deberse a que por ser menos fuertes los enlaces en la pasta con guapo, la misma se fractura a la primera mordida y en consecuencia no puede registrarse el valor a la segunda mordida.

En cuanto a masticabilidad, parámetro referido a la energía requerida para masticar un alimento hasta que esté listo para ser tragado, se tiene que para la pasta de trigo el valor fue de 0,018 Kgf.mm, mientras que resultó cero para la pasta con guapo, ya que la misma al fracturarse tiene un valor nulo de cohesividad.

La elasticidad, que es la extensión en que un alimento comprimido retorna a su tamaño original al retirar la fuerza que lo comprime, fue de 0,10 mm para el caso de la pasta de trigo, mientras que en la pasta con guapo su valor fue de cero debido a que no pudo registrarse el valor de la segunda mordida porque se fracturaba.

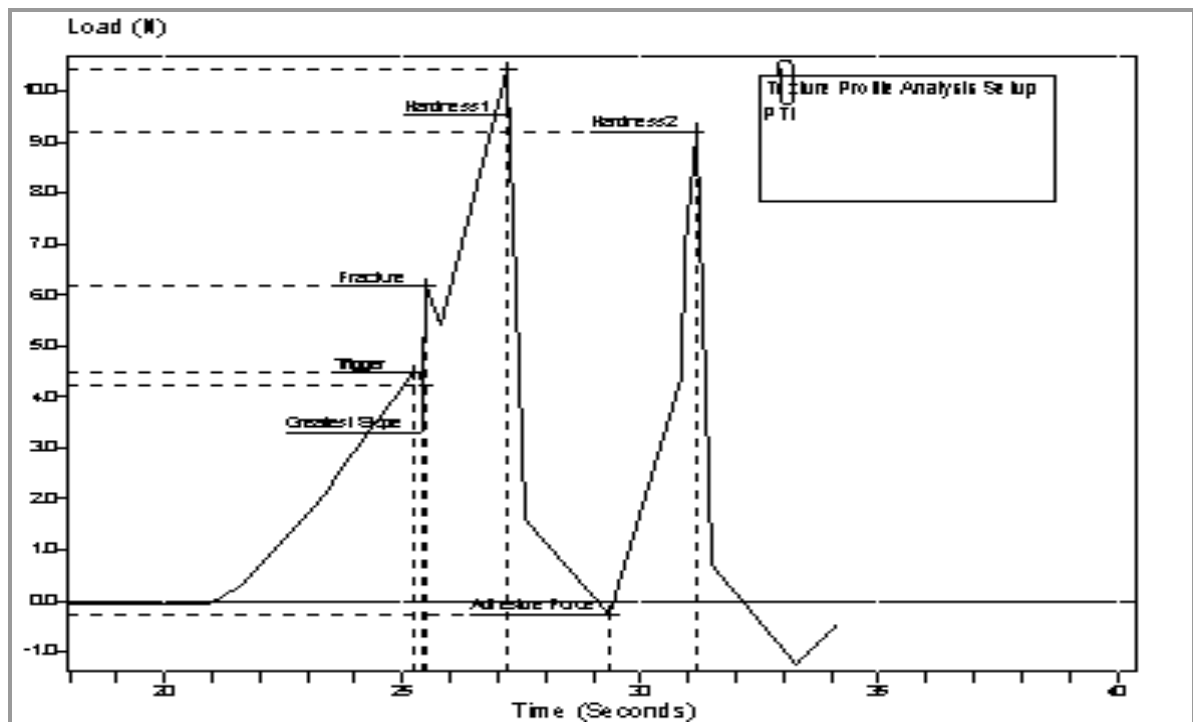


Figura 4.21 Perfil de textura de la pasta cocida trigo

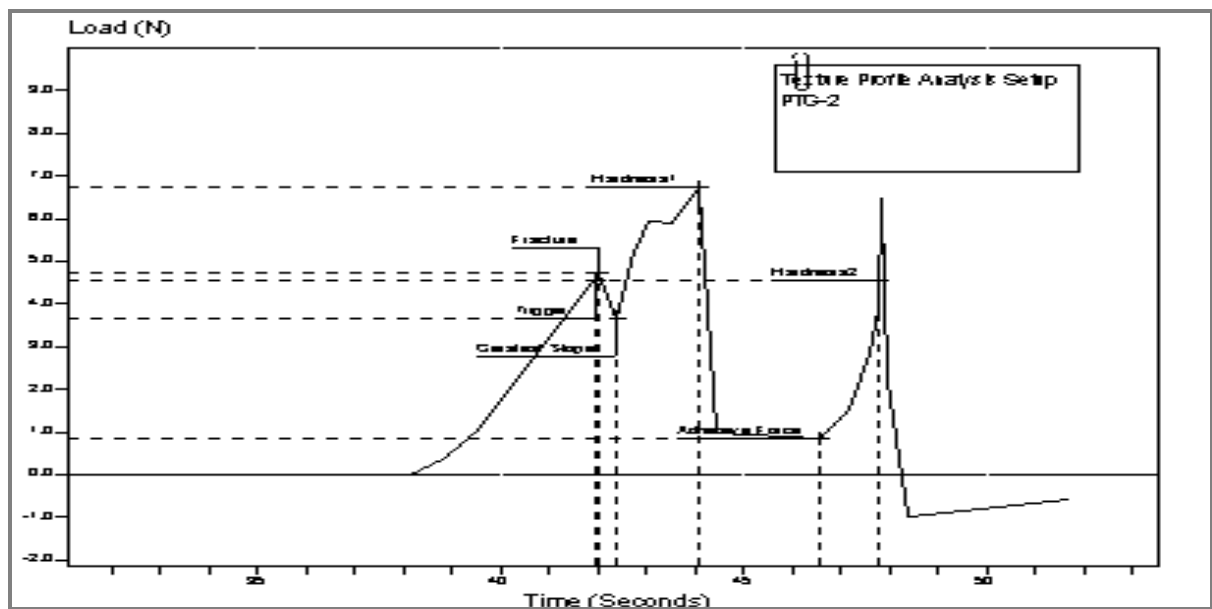


Figura 4.22 Perfil de textura de la pasta cocida trigo-guapo

4.2.3 Evaluación sensorial

Es muy importante la evaluación del producto final; ya que esto permite comparar y determinar qué tan diferente es este nuevo producto dentro de la industria de las pastas.

Los resultados de la prueba pareada de preferencia, para cada uno de los atributos evaluados (color, sabor y textura), aplicada a los panelistas, se muestran en la tabla 4.6 y la figura 4.23

Tabla 4.6 Resultados de la prueba sensorial

Atributos	Pasta 100% trigo	Pasta 50% trigo
Color	22 *	8 *
Sabor	8 *	22*
Textura	18 ^{ns}	12 ^{ns}

ns = diferencia no significativa ($p \geq 0,05$); *= diferencia significativa ($p < 0,05$)



Figura 4.23 Comparación de los atributos color, sabor y textura de las pastas cocidas 100 % harina de trigo y 50 % harina de guapo.

El análisis de los resultados obtenidos para el atributo color, en base a la tabla para comparación pareada de Roessler y et al [26], muestra que los panelistas prefieren ($p < 0,05$) el color de la pasta de trigo, ya que 22 de los 30 prefirieron la muestra de pasta 100% trigo sobre la que contiene harina de guapo. El color de la

pasta de trigo es más atractivo para el consumidor por razones de costumbre, ya que se corresponde con el color de la pasta comercial; sin embargo, el atributo color no es un limitante para la aceptación de la pasta en estudio ya que éste puede mejorarse agregando a la masa colorantes naturales tales como betacaroteno, onoto, etc., o vegetales (frescos, deshidratados o congelados) tales como: zanahorias, remolachas, espinacas, tomates. También puede enmascarse el color agregando salsa a la pasta ya cocida. Los resultados del estudio de los parámetros para el color (L^* , a^* y b^*) pueden servir entonces como una medida de calidad para determinar hasta que punto puede o no gustar al consumidor el color de la pasta.

Para el atributo sabor, se dio lo inverso que para el atributo color, es decir, 22 de los 30 panelistas prefirieron ($p < 0,05$) la muestra de pasta con guapo con respecto a la pasta control, lo que indica un alto grado de aceptación por parte de los consumidores; esto es favorable debido a que el sabor es uno de los atributos más importantes ya que determina la aceptación o rechazo final del producto.

En cuanto al atributo textura se observa que la pasta control obtuvo mayor preferencia (18 de los 30 panelistas), sin embargo la diferencia no fue significativa ($p \geq 0,05$), lo que indica que la aceptación está en igual proporción para los dos tipos de pastas, o sea que el nuevo producto puede entrar a competir en el mercado.

4.3 ESTUDIO ECONÓMICO DEL PROCESO

A través de la información generada en la ejecución de este proyecto fue posible efectuar una evaluación económica clase V del proceso. El alcance de esta evaluación gira en torno a dos ejes fundamentales: los costos de inversión y los costos de operación. El método de estimación empleado para la determinación de los costos de inversión fue por Costo de Equipos Entregados (CEE).

Tabla 4.7 Costo de los Equipos Entregados correspondientes a la planta piloto de producción de pastas alimenticias

Equipos	Cantidad	Sub-total (Bs)
Mezclador automático, laminador y cortador	1	158457,67
Pre-secador	1	9655,44
Secador	1	10772,61
Enfriador	1	17418,91
Silo estabilizado	1	26750,05
Empaquetadora automática	1	33451,05
Total	1	256505,73

El cálculo del Costo de Inversión Total de Capital (ITC) se efectuó siguiendo el procedimiento explicado en la sección 3.2.1. Los resultados de cada rubro involucrado en la estimación de la ITC se muestran en la tabla 4.8

Tabla 4.8 Inversión Total de Capital para la planta piloto de producción de pastas alimenticias.

Rubro	Porcentaje del CEE	Sub-total Bs
Costos directos		
Equipo adquirido y entregado	100	256.505,73
Instalación del equipo entregado	39	100.037,23
Instrumentación y control (instalado)	13	33.345,74
Cañerías y tuberías (instaladas)	31	79.516,78
Instalaciones eléctricas (colocadas)	10	25.650,57
Obras civiles (incluyendo servicios)	29	74.386,66
Mejoras terreno	10	25.650,57
Servicios industriales (instalado)	55	141.078,15
Terreno (si se requiere compra)	6	15.390,34
Total Costos Directos	293	751.561,77
Costos Indirectos		
Ingeniería y supervisión	32	82.081,83
Gastos de construcción	34	87.211,95
Total Costos Directos e Indirectos	359	920.855,55
Honorarios del contratista	18	46.171,03
Eventuales	36	277.026,19
Inversión de capital fijo (ICF)	413	1.244.052,77
Capital de trabajo	74	189.814,24
Inversión total de capital (ITC)	487	1.433.867,01

Como se observa, uno de los principales costos implicados en la inversión de capital para cualquier planta es el correspondiente a los equipos. En muchos casos estos costos pueden ser reducidos sustancialmente al emplear equipos de fabricación estándar o mediante la adquisición de equipos de segunda mano [27].

La tabla 4.9 presenta la estructura que conforma el Costo Total de Producción para la planta piloto de producción de pastas alimenticias.

Tabla 4.9 Estimación del Costo Total de Producción (CTP) en base anual

Rubro	Subtotal Bs
Costos directos	
Materias primas	5.580,00
Mano de obra (MO)	91.200,00
Supervisión	9.120,00
Servicios	24.489,17
Mantenimiento y reparación	24.881,06
Suministros	6.220,26
Gastos de laboratorio	9.120,00
Total de costos directos	170.610,49
Gastos fijos	
Depreciación (15 años)	11.970,27
Impuestos locales	12.440,52
Seguros	4.976,21
Total gastos fijos	29.387,00
Gastos Generales de Producción	45.600,00
Total Costos de Fabricación	245.597,49
Gastos generales	
Administración	13.680,00
Distribución	9.795,67
Investigación y desarrollo	4.897,83
Inversión y financiamiento	1.244,05
Total Gastos Generales	29.617,55
Costo Total de Producción	275.215,04

Los resultados obtenidos muestran que el Costo Total de Producción (CTP) representa el 22,12 % de la Inversión de Capital Fijo (ICF), por lo que se considera que el proyecto es factible.

4.4 CONCLUSIONES

1. La harina compuesta 50% harina de trigo y 50% de harina de guapo no presentó problemas para su amasado, laminado y corte en la elaboración de las pastas tipo *fettuccine*, a diferencia de las formulaciones con 60 y 100% de sustitución de harina de guapo por harina de trigo.
2. La harina de guapo mostró mayor contenido de carbohidratos, cenizas y fibra cruda que la harina de trigo, y menor contenido de proteínas y grasas.
3. La pasta trigo-guapo, en comparación con la pasta de harina de trigo, obtuvo mayor contenido de fibra cruda y ceniza y menor contenido de proteínas y grasa.
4. La pasta trigo-guapo presentó valores inferiores de luminosidad e índice de blancura (WI) en comparación con la pasta control.
5. La pasta trigo-guapo cruda presentó mayor fracturabilidad que la pasta de harina de trigo cruda.
6. La pasta trigo-guapo cocida presentó menor dureza y adhesividad que la pasta de harina de trigo.
7. El panel de evaluadores tuvo mayor preferencia por el color de la pasta de harina de trigo y por el sabor de la pasta trigo-guapo, mientras que hubo igual preferencia por la textura de ambos tipos de pastas.
8. El Costo Total de Producción (CTP) es de 22,12 % de la Inversión de Capital Fijo (ICF), por lo que se considera que el proyecto es factible.

4.5 RECOMENDACIONES

1. Añadir otros ingredientes a la pasta trigo-guapo, como huevos y colorantes, a fin de determinar si mejoran la textura, el color y el contenido proteico.
2. Estudiar el uso de la harina de guapo en otras aplicaciones y productos alimenticios como tortas, panes, atoles y espesantes para salsas, para fomentar el consumo de esta harina.
3. Incentivar la siembra de este rizoma.

BIBLIOGRAFÍA

1. Baptista, M. y Vásquez, Y., **“Evaluación de un proceso para la elaboración de pan a base de harina compuesta de (trigo-yuca)”**. Tesis de grado. Departamento de Ingeniería Química. Universidad de Oriente, Barcelona, Venezuela (2000).
2. Instituto Nacional de Nutrición. **“Valores de referencia de energía y nutrientes para la población venezolana”**. Ministerio de Salud y Desarrollo Social, Caracas, Venezuela, (2000).
3. Amundarain, M., **“Elaboración de galletas dulces con sustitución total y parcial de harina de trigo por harina de guapo (*Maranta arundinacea*)”**. Trabajo de Ascenso. Departamento de Ingeniería Química. Universidad de Oriente, Barcelona, Venezuela, (2005).
4. Sánchez, J., **“*Maranta arundinacea*”**. Disponible en: <http://www.arboles-ornamentales.com/marantas.htm>.
5. Granito, M., Torres, A. y Guerra, M., **”Desarrollo y evaluación de una pasta a base de trigo, maíz, yuca y frijol”**. Trabajo de Investigación. UCV, Caracas, Venezuela (2003).
6. Von, M. y Silva, P., **“Evaluación de la textura y color de almidones y harinas en preparaciones sin gluten”**. Sociedad Mexicana de Nutrición y Tecnología de Alimentos. Reynosa, México, (2005).
7. Jara, C., **“Estudio de las propiedades reológicas de la masa para pastas a base de harina de quinoa”**. Tesis de Grado. Departamento de Ciencias de los Alimentos y Tecnología Química. Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile (2006).
8. FAOSTAT-FAO. Dirección de estadística, (2007)
9. **“Características del trigo”**. Disponible en: <http://www.botanical-online.com>

10. Vásquez, F, **“Estudio de prefactibilidad técnico económica para la elaboración de pastas tipo laminada a partir de harina de trigo”**. Departamento de Ciencias de los Alimentos y Tecnología Química. Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile (2007).
11. Quaglia, G., **“Ciencia y tecnología de la panificación”** Editorial Acribia, España (1991).
12. El gastrónomo **“Harina”**. Disponible en: www.elgastronomo.mht
13. Norma Boliviana IBNORCA NB680-**Harina y derivados-Harina de trigo-Requisitos**.
14. Montaldo, A., **“Cultivo de raíces y tubérculos tropicales”**. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, Lima. Perú, (1992).
15. Ciarfella, A., **“Caracterización fisicoquímicas de rizomas de *Maranta arundinacea* y de *Canna edulis*”**. Trabajo de Ascenso la categoría de Asociado. UDO, Barcelona, Venezuela (2006).
16. Normas Venezolanas COVENIN 283:1994 – **Pastas Alimenticias**.
17. HOSENEY, C., **“Principios de Ciencia y Tecnología de los Cereales”**. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España (1991).
18. Sedano, M., **“Evaluación de la aceptación del producto pastas infantiles en la ciudad de Guatemala”**. Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Económicas. Universidad Francisco Marroquín, Guatemala (1998).
19. Unión de Pastificios Americanos (UPA), **“Industrias de Pastas Alimenticias”**. Puerto Vallarta, Jalisco (2004).
20. Asociación Venezolana de Pastas. **AVEPASTAS**, Venezuela (2006)
21. Boletín Oficial del Estado. **“Reglamento Técnico Sanitario para la Elaboración, Circulación y Comercio de Pastas Alimenticias”**, Decreto 2181/1975. Caracas, Venezuela (1975).
22. Charley, H., **“Tecnología de alimentos procesos químicos y físicos en la preparación de alimentos”**. Editorial Limusa, México (2005).

23. Rodríguez, M., **“Las pastas alimenticias”** Disponible en: <http://www.consumereroski.mht>
24. De Marcano, E., **“Manual de laboratorio de alimentos”**. UDO, Barcelona, Venezuela (2000).
25. Delgado, R., **“Estudio de la calidad de una pasta de sémola tipo vermicelli elaborada semi-industrialmente”**. Trabajo de Grado. Departamento de Tecnología de Alimentos. Universidad de Oriente, Boca de Río, Nueva Esparta, Venezuela (2001).
26. Pedrero, P. y Pangsborn, R., **“Evaluación sensorial de los alimentos. Métodos analíticos”**. Editorial Alhambra Mexicana, México, DF. (1996).
27. Timmerhaus, K y Petters, M., **“Ingeniería Económica y Diseño para Ingenieros Químicos”**. Primera edición en español, Editorial Mc Graw-Hill, México (1971).
28. **“Guías de Gerencia de Proyectos de Inversión de Capital (GGPIC)”**. PDVSA. (1999).
29. Instituto Nacional de Nutrición (INN). Ministerio de Salud y Desarrollo Social **“Tabla de composición de alimentos para uso práctico”**. Publicación N° 54. Serie cuadernos azules. Caracas, Venezuela (1999).
30. Roessler, E., Pangborn, R, Sidel, J y Stone, H., **“Expanded statistical tables for estimating significance in paired-preference, paired-difference, duo-trio and triangle test. Journal of Food Science”**, 42:940-943 (1978).
31. Dorta, A., **“Propiedades nutricionales, antinutricionales y texturales de galletas elaboradas con harina de guapo (*Maranta arundinacea*) y harina de tigo (*Tricicum ssp*)”**. Trabajo de Grado para optar el título de Magister Scientiarum en Ciencias de los alimentos. Universidad de Oriente, Barcelona, Venezuela (2010).
32. Maldonado, R y Pacheco, E., **“Elaboración de pastas alimenticias por sustitución de harina de trigo con harina de zanahoria (*Daucus carota L.*) y remolacha (*Beta vulgaris L.*) fuente de fibra dietética y carotenos”**. Revista de la Facultad de Agronomía. UCV (Maracay), 24:89-104 (1998).

33. Gutiérrez B. y Schulz E., **“Características físicas y químicas de harina blanca y almidón de yuca (*Manihot esculenta crantz*)”**. Revista de la Facultad de Agronomía. UCV (Maracay), 18: 95-102 (1992).
34. John, J., Baja K., Rani S., Moorthy S. y Eliasson A., **“Properties of arrowroot starch treated with aqueous HCl at ambient temperature”**. Journal of Food Science, 67 (1): 10-14 (2002).
35. Temple V., Ojote T. y Onobun Ch., **“Chemical composition of Livingstone potato tubers (*Plectranthus esculentus*)”**. Journal Science of Food Agriculture, 56: 215-217 (1991).

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y
ASCENSO:**

TÍTULO	“EVALUACIÓN DE LA COMPOSICIÓN FISICOQUIMICA Y SENSORIAL DE PASTAS TIPO “FETTUCINE” ELABORADAS CON HARINA COMPUESTA DE GUAPO Y DE TRIGO”
SUBTÍTULO	

AUTOR (ES):

APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO CULAC / E MAIL
González C., Rut de J.	CVLAC: 12980816 EMAIL: rutgonzalezc@hotmail.com
Ibáñez D., Maira M.	CVLAC: 12503215 E MAIL: mayraibanez@hotmail.es
	CVLAC:

	E MAIL:
	CVLAC:
	E MAIL:

PALÁBRAS O FRASES CLAVES:

Evaluación, Composición, Fisicoquímica, Sensorial, Fettuccine, Harina, Guapo

Trigo, Pasta

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ÁREA	SUBÁREA
<u>Ingeniería y Ciencias Aplicadas</u>	<u>Ingeniería Química</u>

RESUMEN (ABSTRACT):

Las pastas alimenticias son un producto de consumo masivo, considerado además un alimento funcional por su bajo aporte de grasa. Básicamente, se elaboran de sémolas de trigo y agua principalmente. El objetivo de este estudio fue la obtención de la harina del rizoma de guapo (*Maranta arundinacea*) y la elaboración de pastas alimenticias tipo “fettuccine” con

harina de trigo (*Triticum vulgare*) y harina compuesta (trigo-guapo). Se realizó un análisis proximal (humedad, proteínas, grasa, fibra cruda, cenizas y carbohidratos) tanto para las harinas como para las pastas elaboradas. Se evaluaron los atributos sensoriales de las pastas en cuanto a color, sabor y textura; también se realizó un estudio estadístico aplicando una prueba de comparación pareada por preferencia (prueba de dos colas), en la cual se contó con un panel de 30 panelistas. Los resultados de la composición proximal, muestran que al comparar harina de guapo con la harina de trigo, el contenido de carbohidratos, cenizas y fibra cruda fue superior en la harina de guapo en 6.61 %, 73.47 % y 43 %, respectivamente; la pasta trigo-guapo presentó mayor contenido de fibra cruda y ceniza y menor contenido de proteínas y grasa que la pasta elaborada con harina de trigo. En la evaluación sensorial la pasta trigo-guapo presentó diferencia significativa en cuanto al color y al sabor; mientras que en la textura la pasta control presentó mayor dureza y adhesividad. Finalmente se realizó un estudio económico donde se determinó que el proceso para la producción de pastas alimenticias con harina compuesta trigo-guapo es rentable.

. METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

CONTRIBUIDORES:

APELLIDOS Y NOMBRES	ROL / CÓDIGO CVLAC / E_MAIL				
Ciarfella P., Ana T.	ROL	CA	AS-X	TU	JU
	CVLAC:	8315404			
	E_MAIL	atciarfella@gmail.com			
	E_MAIL				
Álvarez, Lucas.	ROL	CA	AS	TU	JU-X
	CVLAC:	4077552			
	E_MAIL	lalvarezm57@gmail.com			
	E_MAIL				
Amundaraín, Milena.	ROL	CA	AS	TU	JU-X
	CVLAC:	3945689			
	E_MAIL	milena.amundarain@gmail.com			
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU

	CVLAC:	
	E_MAIL	
	E_MAIL	

FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:

2010	10	18
AÑO	MES	DÍA

LENGUAJE: SPA**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:****ARCHIVO (S):**

NOMBRE DE ARCHIVO	TIPO MIME
Tesis.PastadeTrigoyGuapo.doc	Application/msword

CARACTERES EN LOS NOMBRES DE LOS ARCHIVOS: A B C D E F G H I J K L
M N O P Q R S T U V W X Y Z . a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z . 0 1 2
3 4 5 6 7 8 9 .

ALCANCE

ESPACIAL: _____ (OPCIONAL)

TEMPORAL: 3 meses (OPCIONAL)

TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Ingeniero Químico

NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Pre-Grado

ÁREA DE ESTUDIO:

Departamento de Química

INSTITUCIÓN:

Universidad de Oriente, Núcleo Anzoátegui.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

DERECHOS

De acuerdo al artículo 41 del reglamento de trabajos de grado:

“Los Trabajos de Grado son de la exclusiva propiedad de la

Universidad de Oriente y sólo podrán ser utilizados para otros fines

con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien deberá

participarlo previamente al Consejo Universitario, para su autorización”.

<hr/> AUTOR 1 González C, Rut de J.	<hr/> AUTOR 2 Ibáñez D, Maira M.	<hr/> AUTOR
<hr/> TUTOR Dra. Ana Ciarfella	<hr/> JURADO 1 Msc. Milena Amundaraín	<hr/> JURADO 2 Ph.D. Lucas Álvarez

POR LA SUBCOMISION DE TESIS
