



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SONORA
Departamento de Biotecnología y Ciencias Alimentarias

**Elaboración de pasta enriquecida con
soya para mejorar sus propiedades
proteínicas**

**Titulación por tesis
que para obtener el título de**

**LICENCIADA EN TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS**

Presenta:

Luz María de los Angeles Gómez Cota

Cd. Obregón, Sonora

Junio de 2007



El presente trabajo de investigación se desarrolló en los Laboratorios 700 del Instituto Tecnológico de Sonora Unidad Nainari, durante el periodo comprendido de Agosto de 2006 a Junio de 2007 y fué asesorado por el M. C. Raúl Holguín Soto.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a:

A mis padres: **María de los Angeles Cota Esquer** y **Lorenzo Gómez Matuz**, por su apoyo incondicional, su gran amor y la confianza depositada en mí, por que sin ellos no hubiera podido llegar a este momento de mi vida y ser quien soy. ¡Los amo papas y muchas gracias por todo y por ser como son!

A mis hermanos: **Carmen** por estar siempre conmigo, por ser mi compañera de cuarto, comida y estudios, mi pareja de pleitos y mi gran amiga y confidente y a ti **Lenchito** por aguantarme en esos momentos difíciles durante mis estudios ¡Los quiero mucho hermanos!

A mi novio **Jorge** por apoyarme y aconsejarme cuando más lo necesité, por aguantar mi estancia en otra ciudad, por todo tu amor, cariño y por hacerme feliz ¡Gracias!

A mis amigas: **Luisa, Priscila, Gisela** y **Maribet**, por ser mis compañeras de estudios, exámenes y de esas platicaditas que nos hacían quedarnos horas y horas, por todos los momentos juntos...! Mil gracias amigas las quiero!

Y por que no? a esas compañeras de fiesta: **Carmen, lucero, Reyna, Erika, Yissel** y **Yoly**, que compartieron conmigo esos momentos de diversión ¡Gracias y que siga la fiesta, jeje!

¡Gracias por ser y estar!

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a:

A **Dios** por darme la vida y la oportunidad de cumplir esta meta en mi vida.

Al **Instituto Tecnológico de Sonora**, por brindarme sus instalaciones y oportunidad de estudio para mi formación profesional.

A mi maestro asesor, **M. C. Raúl Holguín Soto**, por el interés y paciencia demostrado en todos esos meses de trabajo ¡Muchas gracias maestro!

A mis revisores: **M.C. Rosa Patricia Soto Suárez, M.C. Blanca Lorenia Reyes Blanco** e **I.B. Andrés Chávez Almanza**, por el tiempo que dedicaron a la revisión de mi trabajo de tesis y esas correcciones que permitieron que la mejorara ¡Gracias!

¡Gracias!

INDICE GENERAL

	Pág
Dedicatoria.....	i
Agradecimientos.....	ii
Índice General.....	iii
Índice de tablas.....	vii
Resumen.....	viii
I. INTRODUCCIÓN	
1.1 JUSTIFICACIÓN.....	10
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	11
1.3 HIPÓTESIS.....	12
1.4 OBJETIVO GENERAL.....	12
1.4.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
1.5 LIMITACIONES DE ESTUDIO.....	13
II. MARCO DE LA INVESTIGACIÓN	
2.1 Las pastas alimenticias.....	14
2.2 La pasta en la actualidad.....	15
2.3 Tipos de pastas alimenticias.....	16
2.4 Valor nutritivo de las pastas.....	17
2.5 Principales ingredientes en la elaboración de pastas.....	19
2.5.1 Harina.....	19
2.5.1.1 Almidón (fécula).....	19
2.5.1.2 Proteínas.....	19
2.5.1.3 Azúcares.....	20

2.5.1.4 Grasa.....	20
2.5.1.5 Minerales.....	20
2.5.1.6 Vitaminas.....	21
2.5.2 Agua.....	21
2.5.3 Huevo.....	22
2.6 Proceso de fabricación de pastas a manera industrial.....	22
2.6.1 Amasado.....	22
2.6.2 Prensa.....	23
2.6.3 Tiempo de retención.....	25
2.6.4 Secado.....	25
2.6.5 Envasar.....	27
2.7 Métodos de control de calidad de las pastas.....	27
2.7.1 Evaluación sensorial.....	27
2.7.2 Métodos químicos.....	27
2.7.3 Métodos instrumentales.....	28
2.8 Caracteres y examen de pasta de buena calidad.....	28
2.9 Distintas calidades de las pastas.....	29
2.9.1 Calidad extra.....	29
2.9.2 Calidad fina o primera.....	29
2.9.3 Calidad segunda y tercera.....	30
2.10 Aseguramiento de la calidad (producto cocinado).....	31
2.11 Pruebas de caducidad.....	32
2.12 Pruebas afectivas al producto.....	33
2.13 Alteraciones de las pasta.....	33
2.14 La soya.....	34
2.15 Soya y nutrición.....	35
2.16 Valor nutritivo de la soya.....	35
2.16.1 Proteínas.....	35
2.16.2 Grasas.....	36
2.16.3 Carbohidratos.....	36
2.16.4 Minerales.....	37
2.16.5 Vitaminas.....	37
2.17 Propiedades funcionales en soya.....	38

2.18 Factores antifisiológicos de la soya.....	38
2.19 Técnicas para determinación de proteínas en alimentos.....	39
2.19.1 Método Biuret.....	39
2.19.2 Método de Lowry.....	40
2.19.3 Método Bradford.....	40
2.19.4 Método del ácido Bicínico.....	41
2.19.5 Método de absorción en el ultravioleta.....	42
2.19.6 Método Kjeldahl.....	42
2.19.7 Métodos inmunológicos.....	44

III. MÉTODO Y MATERIALES

3.1 Método.....	45
3.1.1 Descripción de la población en estudio.....	45
3.1.2 Localización de la zona donde se elaboró y analizó el producto....	46
3.1.3 Descripción de los métodos utilizados en la investigación.....	46
3.1.3.1 Método común de elaboración de pastas.....	46
3.1.3.2 Método “Kjeldahl” para análisis de proteína.....	49
3.1.3.3 Análisis de las propiedades sensoriales de las pastas.....	51
3.1.3.3.1 Evaluación de pasta cruda.....	52
3.1.3.3.2 Evaluación de pasta cocida.....	53
3.1.3.3.3 Prueba hedónica.....	54
3.2 Materiales.....	54
3.2.1 Materia prima y equipo para elaboración de la pasta.....	54
3.2.2 Material, equipo y reactivos para el análisis de proteínas.....	55

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Interpretación de resultados.....	56
4.1.1 Caracterización de la pasta por análisis sensorial (a 50%, 30%, 20% de soya y pasta normal) obtenida en el laboratorio.....	56
4.1.2 Resultados de los análisis de proteínas.....	58
4.1.3 Selección de la pasta.....	59
4.1.4 Propiedades sensoriales del producto cocido sin preparación.....	60
4.1.5 Aceptación del producto evaluando características sensoriales	

(degustación de platillo) mediante una escala hedónica.....	61
---	----

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones.....	65
-----------------------	----

5.2 Recomendaciones.....	65
--------------------------	----

Literatura citada.....	67
------------------------	----

Anexos	69
--------	----

INDICE DE TABLAS

No. Tabla	Descripción	Pág.
1	Características de la pasta normal.....	56
2	Características de la primera formulación (50% de harina de soya).....	57
3	Características de la segunda formulación (30% de harina de soya).....	57
4	Características de la tercera formulación (20% de harina de soya).....	57
5	Porcentajes obtenidos en los análisis de cada pasta.....	58
6	Evaluación de la pasta cocida.....	61
7	Resultados de la evaluación de la pasta preparada.....	63

RESUMEN

Los alimentos a base de soya son muy nutritivos. La proteína de soya es la única proteína vegetal que es equivalente a la proteína animal ya que contiene todos los aminoácidos esenciales. La soya es una fuente importante de nutrientes y uno de los productos alimenticios más versátiles, es una excelente fuente de proteínas de alta digestibilidad y con una calidad equivalente a las proteínas animales. Es adecuada para niños y adultos y proporciona una fuente alternativa de proteínas para quienes son alérgicos a ciertos alimentos como la leche de vaca y los huevos. Sin embargo, algunas personas pueden ser alérgicas a la soya.

Las pastas son un alimento importante ya que contienen carbohidratos para dar energía, fibra para tener regularidad en la digestión, vitaminas y minerales para muchas funciones importantes del cuerpo y proteínas para el crecimiento y restauración de las células. Una pasta enriquecida con soya es un alimento que aumentará estos nutrientes que son necesarios para el buen funcionamiento del organismo, ya que las personas necesitan comer más productos nutritivos y menos alimentos altos en grasa.

La parte experimental del presente estudio se realizó en el período comprendido de Agosto de 2006 a Junio de 2007, en los laboratorios 700 del Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON) Unidad Nainari, el cual consistió en elaborar pasta enriquecida con soya a diferentes concentraciones y una pasta normal, determinando de acuerdo a un análisis de proteínas por el método Kjeldahl y la evaluación sensorial de las pastas, que producto aumentó significativamente el valor proteínico y contó con las mejores características organolépticas.

Los diferentes análisis dieron por resultado una variedad de datos que indicaron las diferentes concentraciones de soya en cada pasta y mediante la

determinación de proteínas se mostró el nuevo valor proteico en cada distinta formulación del producto. Así mismo, se expusieron cada una de las características organolépticas presentadas y se realizó una comparación entre éstas para observar los cambios de color, olor y textura. Finalmente, se realizó una degustación a manera de platillo para determinar que pasta en sus distintas concentraciones es de mayor agrado al público.

Se demostró que a medida que la concentración de soya en el alimento es mayor, su contenido proteico también es mayor, sin embargo no solo se tomó en cuenta este hecho para seleccionar la mejor opción de pasta sino que se evaluaron los aspectos organolépticos, seleccionando de esta manera la pasta que contenía 20% de soya por ser un producto con un elevado valor nutritivo apetecible para el público.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Justificación

El presente trabajo de investigación es ofrecer a la sociedad una nueva alternativa de alimentación con mayor valor nutritivo que un producto normal de este tipo. Las ventajas de la elaboración de este producto son:

1. Producto novedoso para quienes deciden no ingerir productos derivados de animales.
2. Un producto más nutritivo (la proteína de soya es la única proteína vegetal que es equivalente a la proteína animal ya que contiene todos los aminoácidos esenciales).
3. Además de proteínas, la pasta enriquecida con soya proveerá fibra, vitaminas y minerales a quienes la consuman.
4. La pasta de soya es baja en calorías, puede ayudar a reducir el contenido total de grasa de la dieta cuando reemplaza las comidas ricas en grasa.
5. Una alternativa para aquellas personas que no consumen soya directamente como parte de su dieta.
6. Es adecuada para niños y adultos y una nueva opción para quienes son alérgicos a ciertos alimentos como la leche de vaca y los huevos.

1.2 Planteamiento del problema

Hasta hace poco tiempo, el hecho de que los hombres sufrieran enfermedades coronarias en mayor número que las mujeres, era relacionado con la tensión y las preocupaciones del mundo de los negocios. Pero ahora, ha surgido una explicación diferente debido a estudios microscópicos de las arterias coronarias, realizados en un gran número de personas de ambos sexos, fallecidas por diversas causas en edades que van desde algunas horas hasta los setenta años.

Si estos descubrimientos son confirmados con una mayor investigación, las tensiones de la lucha diaria tiene mucho menos que ver con las enfermedades coronarias, en los hombres, que la combinación de otros dos factores: la estructura de sus arterias y lo que comen.

El colesterol es un elemento esencial de la sangre. Es fabricado por el hígado y también se obtiene del colesterol contenido en ciertos alimentos, entre ellos grasas animales, la yema del huevo, la manteca, la crema y la leche, el alimento más valioso para bebés, niños y adultos desnutridos. Al colesterol no se lo encuentra ni en las frutas, ni en las verduras, los cereales o las nueces. Esto comprueba que las enfermedades coronarias son causadas por el colesterol que se encuentra en todas las grasas animales incluyendo la carne, los huevos y la leche, estos a su vez son alimentos con gran valor proteínico que el organismo requiere para su funcionamiento.

Debido a que el organismo necesita de proteínas para llevar a cabo sus funciones vitales, es necesario un alimento que aporte éstos nutrientes y que no cause daños a la salud, siendo el principal motivo de la presente investigación la elaboración de un producto nutritivo que sustituya a alimentos de origen animal aportando los mismos nutrientes.

¿Cuál será el contenido de proteínas de la pasta enriquecida con soya (50%, 30% y 20%), presentando al mismo tiempo las mejores características organolépticas de un producto de este tipo?

1.3 Hipótesis

o Demostrar que al enriquecer con soya una pasta de simple formulación, esta aumentará sus propiedades nutricionales, especialmente las proteínas.

Por tanto, se puede elaborar un producto de pasta de harina de trigo utilizando mezclas con diferentes concentraciones de harina de soya, de tal forma que pueda ser consumido por personas que requieren un producto de este tipo con mayor aporte nutricional y que mantenga las mejores características organolépticas hasta el momento de su consumo.

1.4 Objetivo General

Elaborar una pasta enriquecida mediante la formulación de harina de trigo, huevo y soya con el fin de mejorar sus propiedades proteínicas y obtener un producto rico en proteínas de origen vegetal apetecible al público en general.

1.4.1 Objetivos específicos

- Elaborar pasta normal y a diferentes concentraciones de soya (50%, 30% y 20%), siguiendo los pasos implicados para su correcto procesamiento.
- Realizar a cada pasta de diferente formulación un análisis de contenido de proteínas.
- Analizar las propiedades sensoriales del producto obtenido crudo y cocido.
- Aceptación del producto a través de análisis sensorial mediante degustación de un platillo.

1.5 Limitaciones del estudio

En cuanto a las limitaciones que se presentaron para llevar a cabo la presente investigación ninguna afectó significativamente la realización de ésta:

- ✓ Por el lugar y tiempo, en los LV 700 del ITSON Unidad Nainari hubo buena disposición para prestar sus instalaciones, pero en ocasiones debían ser ocupados, por ello teníamos que disponer de 8 horas al día aproximadamente, lo cual nos limitaba a terminar el producto en ese lapso de tiempo.
- ✓ Los análisis de proteínas se retrasaron un poco debido a que los laboratorios de análisis de agua, suelo, planta en la Unidad Centro no estaban disponibles en el tiempo requerido para dichos análisis por periodo de auditorias.
- ✓ En cuanto a los recursos monetarios, estos no fueron significativos ya que la materia prima necesaria para elaborar la pasta es de costo accesible y solo se requieren mínimas cantidades de cada material.
- ✓ El equipo técnico utilizado que fué poco, es con el que normalmente cuenta un laboratorio de alimentos, aunque al principio hubo algo de limitación en el préstamo de equipo por falta de un permiso para tesista.
- ✓ En la disponibilidad de información, se encontraron las suficientes fuentes bibliográficas en diversos medios aunque de manera muy repetitiva.

II. MARCO DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 Las pastas alimenticias

Según el Código Alimentario (DECRETO 2181/1975), de Septiembre, por el que se aprueba la Reglamentación Técnico Sanitaria para la Elaboración, Circulación y Comercio de pastas alimenticias (BOE de 13 de septiembre de 1975), “se designará el nombre de pastas alimenticias, los productos obtenidos por desecación de una masa no fermentada elaborada con sémolas, semolinas o harinas procedente de trigo duro, trigo semiduro o trigo blando o sus mezclas y agua potable”, con o sin la adición de otros ingredientes, como: huevo, glutina, azafrán para colorearlas y aromatizarlas, o los sustitutivos de estos permitidos por las disposiciones sanitarias (Callejo, 2002).

La palabra pasta es el término que se emplea en italiano para designar a la masa. Sin embargo, la mayor parte de la pasta de estilo italiano se elabora básicamente a partir de sémola de trigo duro y agua. Es, por tanto, un alimento muy simple. Especialmente cuando se hace en casa o en un restaurante y se sirve, una vez cocinada poco tiempo después de su elaboración.

Las técnicas industriales muy sofisticadas se aplican para obtener, en primer lugar, productos secos que tengan una larga vida útil. Es cierto que existe un mercado en expansión para la denominada pasta fresca, es decir la pasta que no se ha secado. Sin embargo, la comodidad, la calidad y el bajo precio de la pasta seca, tanto como para el comerciante minorista como para el consumidor, hacen que este sector del mercado sea, con diferencia, el de menor volumen (Kill y Turnbull, 2001).

2.2 La pasta en la actualidad

Hoy día la pasta es un alimento aceptado y empleado en todo el mundo, aunque con un grado de importancia variable. Es, además, una industria sofisticada, que actualmente utiliza tecnologías avanzadas para lograr la máxima eficiencia, producción y calidad. No se puede hablar de pasta sin hablar al mismo tiempo de trigo duro. ¿Por qué es tan importante el trigo duro para la pasta? Sus características esenciales son su dureza, la calidad y el color de su gluten. Se puede elaborar pasta a partir de otros trigos, especialmente de otros trigos duros. Además, empleando mezclas de trigos duros y blandos, que contengan hasta el 25% de trigo blando, se pueden obtener productos perfectamente válidos y legítimos. Sin embargo, el que se logra con el trigo duro tiene una textura y palatabilidad inigualable y ese ingrediente se ha convertido en sinónimo de pasta de mejor calidad (Kill y Turnbull, 2001).

Es un alimento simple con un número mínimo de ingredientes. Gracias a la diversidad de formas posibles con la pasta extruída existen innumerables productos, preparaciones y comidas que se pueden ofrecer con la pasta. Las formas disponibles abarcan desde los tradicionales espaguetis largos y las formas cortas como las plumas a las novedosas especialidades para pastas en conserva. Por ello la pasta se encuentra tanto en la cocina orientada hacia los adultos como en el mercado infantil (Kill y Turnbull, 2001).

Constituyen uno de los alimentos más completos y recomendables en el conjunto de una alimentación sana y equilibrada. Esto unido a la capacidad de conservación de la pasta, su fácil preparación culinaria y la enorme variedad de platos que se pueden preparar con ella, son razones más que suficientes para justificar su consumo. Quizá los avances más importantes registrados en la pasada década se hayan producido en el siguiente punto crítico de la moderna elaboración de pasta: el secado. Hace diez años era habitual que el secado de los espaguetis se prolongara durante 20 horas o más. En ese momento no se disponía de la tecnología necesaria para acelerar esta operación o para entender la razón, se debe apreciar la dificultad que conlleva el secado de este producto sin que se produzcan defectos como el agrietamiento. Hoy en día se puede secar

pasta corta en 3 horas, habiéndose logrado esto mediante el empleo de temperaturas elevadas, que llegan a 90° C o incluso valores superiores. Además de la ventaja obvia de requerir menos tiempo, parece que la calidad del producto también se ha beneficiado de las nuevas técnicas (Kill y Turnbull, 2001).

Anteriormente se ha hecho mención a los ingredientes mínimos empleados en la elaboración de pasta. De hecho, además de la presencia esencial de la sémola, la pasta se ha coloreado mediante muchos años mediante la adición de tomate o espinaca. Esto permite a los fabricantes producir una gran variedad de productos, en la que se incluyen los tricoloreados, con mezcla de rojo, verde y natural, casualmente evocadores de la bandera italiana. Tradicionalmente en la cocina se añade huevo de forma habitual a la pasta, siendo por ello también muy importante en la elaboración de pasta al huevo. La presencia de huevo y/o clara de huevo imparte fortaleza y color al producto. La pasta enriquecida, preparada por la adición de mezclas de vitaminas, es una variedad relativamente importante, sobretodo en el mercado norteamericano. La presencia de vitaminas no sólo mejora el valor nutritivo del producto, sino que en el caso de la riboflavina también mejora el color al darle una tonalidad amarillenta. Hay un pequeño mercado para la pasta de trigo integral. La pasta elaborada con trigo integral es muy diferente en aspecto y textura, naturalmente tiene un mayor contenido de fibra. Hay muchos aspectos de interés cuando se considera la calidad de la pasta en todas las etapas de su producción, entre los que se incluyen tanto los referentes a la calidad como a su seguridad. Como por ejemplo se pueden citar los defectos de secado, la carga microbiana y la infestación (Kill y Turnbull, 2001).

2.3 Tipos de pastas alimenticias

1. *Pastas alimenticias simples*.- Serán las elaboradas con sémolas, semolinas o harinas procedentes de trigo duro, semiduro, blando o sus mezclas. Cuando sean elaboradas exclusivamente con sémola o semolina de trigo duro (*Triticum durum*) podrán calificarse como de calidad superior.

2. *Pastas alimenticias compuestas*.- Aquellas a las que se 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. Podrán incorporarse otras sustancias alimenticias que, en su momento, sean autorizadas por la Dirección General de Sanidad.

3. *Pastas alimenticias rellenas*.- Se denominan pastas alimenticias rellenas los preparados constituidos por pastas alimenticias, simples o compuestas, que en formas diversas (empanadillas, cilindros, sándwich,...) contengan en su interior un preparado necesariamente elaborado con todas o algunas de las siguientes sustancias: carne de animales de abasto, grasas, animales y vegetales, productos de la pesca, pan rallado, verduras hortalizas, huevos y agentes aromáticos autorizados. Podrán incorporarse otras sustancias alimenticias que, en su momento, sean autorizadas por la Dirección General de Sanidad.

4. *Pastas alimenticias frescas*.- Se denominan pastas alimenticias frescas cualquiera de las elaboradas de acuerdo con lo establecido en los epígrafes anteriores, pero que no han sufrido proceso de desecación.

Existe una larga lucha por denominar “pasta” a la elaborada con trigos blandos (*Triticum aestivum*) o mezclas de harinas, práctica muy habitual en los países del norte de Europa. En los países de la antigua Europa del Este la pasta es producida, exclusivamente, con sémola de trigo blando. En el sur, no existe un acuerdo unánime (Callejo, 2002).

2.4 Valor nutritivo de las pastas

Se denominan pastas a los macarrones, espaguetis, fideos, etc. Las pastas, como se compran en el mercado, aportan unas 350 Kcal /100 g. Se podría pensar que son alimentos de elevada densidad calórica; pero no es así, ya que al cocinar las pastas se hidratan y por tanto de 70 g de pasta seca se elabora un plato de 250 g de pasta que aportan 250 Kcal es decir, que el proceso de cocinado rebaja la

densidad calórica de la pasta. El contenido calórico de la pasta cocida se incrementa mediante salsas y complementos con los que se acompaña (grasas, carne, queso, salsas). La pasta ha recorrido un largo camino desde aquellos tiempos en que los consumidores la consideraban erróneamente como un alimento que engorda. Hoy se percibe como una de las opciones saludables.

El bajo contenido en agua de la pasta permite una mejor conservación durante largo tiempo, especialmente si se mantiene en condiciones óptimas de empaquetado y almacenamiento (en lugares secos), impidiendo así que se alteren sus propiedades nutritivas y organolépticas. La pasta es una excelente fuente de hidratos de carbono no sólo por la cantidad que aporta a la dieta sino porque se trata de hidratos de carbono complejos, como el almidón, que le otorgan una lenta absorción proporcionando niveles estables de glucosa en sangre.

La proteína más importante de la pasta es el gluten que le confiere su característica elasticidad. La pasta se puede considerar como una fuente adecuada de proteína, aunque ésta sea deficiente en un aminoácido esencial, la lisina. Su calidad proteica mejora considerablemente cuando la pasta se cocina acompañada de otros alimentos como huevo, leche y queso. En lo que respecta a su contenido mineral y vitamínico, éste es escaso, apenas un poco de magnesio, calcio y fósforo y pequeñas cantidades de vitaminas del grupo B y ácido fólico, y depende del tipo de harina empleada.

La pasta no contiene grasa, 100 gramos de pasta contienen menos de 1 gramo de grasa, de tal forma que se puede comer diariamente hasta 100 gramos de cualquier variedad de pasta, sin temor a engordar. Las pastas son buena fuente de muchos nutrientes esenciales. Sin embargo, como cualquier fuente de alimento única, el producto de pasta no significa todos los nutrientes necesarios para una dieta humana completa (Kill y Turnbull, 2001).

2.5 Principales ingredientes en la elaboración de pastas

La calidad de la pasta está determinada esencialmente por tres influyentes factores: las materias primas, la fórmula de producto y el proceso de producción. Las principales materias primas, sémola y partículas intermedias o medianas de trigo duro o blando, respectivamente, debe tener una distribución de tamaño de partícula consistente y una elevada calidad y/o cantidad de proteína. El pigmento debe ser estable, con poca tendencia a la decoloración hacia el amarillo-pardo.

2.5.1 Harina

2.5.1.1 Almidón (*Fécula*)

El almidón de una masa de harina se puede extraer fácilmente de la misma amasándola debajo de un grifo. El almidón es insoluble en el agua y al secarse queda en polvo brillante blanco.

Durante la fabricación de pastas alimenticias, se puede provocar el dañado del almidón por el efecto de cizalla ejercido en el curso de la extrusión; durante el curso del secado, se produce igualmente una hidrólisis enzimática parcial del almidón. Ya que tras la cocción de las pastas alimenticias, el almidón se modifica, su gelatinización influye sobre la calidad culinaria de los productos cocidos, fundamentalmente sobre su viscoelasticidad.

2.5.1.2 Proteínas

Las harinas contienen dos proteínas de mayor importancia, son la glutenina y la gliadina. Cuando se mezclan juntas en el agua forman la sustancia llamada gluten. La glutenina da fuerza y estabilidad; la gliadina es la sustancia suave y pegajosa a la que se adhieren las demás materias. El gluten húmedo extraído de una porción de masa pesa tres veces más que la proteína presente en la harina.

Cociendo el gluten húmedo se descubren algunas propiedades de la harina. El gluten de una buena harina se hincha y alcanza una forma consistente y esférica. Las masas hechas de harina blanda o débil producen un gluten que tiende a desbordarse y a aplastarse durante la cocción. Las proteínas funcionales son las proteínas de reserva y constituyen el 80-85% de las proteínas totales de la sémola. El desarrollo de la red de gluten durante la pastificación, no solamente va contribuir, a través de las propiedades viscoelásticas del gluten, a una adecuada textura de la pasta cocida, sino que dicha red retiene los almidones tras la cocción, evitando que se liberen al agua de cocción.

2.5.1.3 Azúcares

Los azúcares principales que se encuentran en la harina son la dextrosa (glucosa), la sacarosa y la maltosa. También hay dextrinas, intermediarios entre la glucosa y el almidón. Los azúcares de la harina son necesarios para el crecimiento de la levadura durante el proceso de fermentación, y su presencia determina las propiedades gaseosas de la harina. Las pastas alimenticias contienen, aproximadamente, un 2% de azúcares reductores (glucosa, sacarosa, maltosa), presentes naturalmente en las sémolas o provenientes de una hidrólisis parcial del almidón en el curso de la fabricación de pastas.

2.5.1.4 Grasa

La grasa contenida en el grano de trigo se encuentra principalmente en el germen. Cuanta mayor cantidad de germen hay en la harina mayor cantidad de grasa contiene. Esta grasa tiende a enranciar durante el almacenamiento.

2.5.1.5 Minerales

El trigo contiene pequeñas cantidades de fosfato y potasio con trazas de magnesio, calcio y sal de hierro, principalmente en el salvado y en el germen. Por

tanto, la cantidad de minerales aumenta con el grado de extracción, y puede determinarse quemando una muestra de harina hasta convertirla en ceniza.

2.5.1.6 Vitaminas

El trigo y la harina contienen el complejo vitamínico B, en cantidades que varían de acuerdo al tipo de trigo y al grado de extracción de la harina. Los trigos duros, las harinas integrales y el salvado, son los mas ricos en tiamina, riboflavina, acido nicotínico y piridoxina. Las harinas blancas solo contienen pequeñas cantidades pero en la mayoría de los países se enriquecen añadiéndoles tiamina y acido nicotínico.

2.5.2 Agua

¿Influye la calidad del agua en la de la pasta seca producida? Esta pregunta ha interesado a muchos fabricantes de pasta desde que se inició la producción mecanizada de este producto. Muchas fábricas en Italia toman el agua de sus propias perforaciones e insisten en que la calidad de la pasta mejora por la presencia o ausencia de algunos minerales clave. Lógicamente, el agua empleada en la elaboración de la pasta está con la sémola durante un corto periodo de tiempo. La sémola contiene normalmente un 15% de humedad. Esta cifra aumenta al 30% durante la mezcla y a continuación disminuye de nuevo hasta aproximadamente 12% en el producto final. Teniendo en cuenta esto se puede argumentar que en la calidad de la pasta tendrá un efecto más pronunciado el agua empleada para acondicionar el trigo durante la molienda que la utilizada para facilitar la extrusión.

El agua que se utiliza para lo productos de pasta debe ser pura, no debe tener ningún sabor extraño y debe ser potable. Como la pasta se procesa por debajo de temperaturas de pasterización la cuenta bacteriana del agua esta directamente relacionada a la cuenta bacteriana del producto terminado. En consecuencia, sólo debe utilizarse agua pura de cuenta bacteriana total baja.

2.5.3 Huevo

La adición del huevo a la pasta se diferencia de la de los anteriores ingredientes en que contribuye más que con un simple cambio de color haciendo que la pasta sea más amarilla, la textura de la pasta al huevo es más fuerte que la de la pasta normal y la sensación que de ella se percibe en la boca es diferente. También hay un cambio más significativo en el valor nutritivo del producto. El producto terminado tiene una calidad superior y se vende a mayor precio que la pasta normal.

Los huevos pueden agregarse en forma de huevos frescos, congelados, secos, yemas de huevo o sólidos de huevo en polvo. Uno de los principales problemas en el uso e incorporación de huevos en el producto de pastas es la contaminación bacteriana. Como los huevos proporcionan un excelente medio para el crecimiento de bacterias, deben tomarse cuidados y precauciones especiales en el almacenamiento y manejo de los huevos y sus productos. Con el huevo deshidratado hay muchos menos problemas y por esta razón también se emplea en numerosas ocasiones. Esta materia prima tiene una vida útil de almacenamiento mucho mas prolongada y hay menos riesgos asociados con ella (Kill y Turnbull, 2001).

2.6 Proceso de fabricación de pastas a manera industrial

2.6.1 Amasado

La fabricación de las pastas comienza con el amasado, cuyo papel es repartir progresivamente y de forma homogénea el agua de hidratación de las sémolas en el seno de las partículas de trigo duro. En el caso de las verduras de la pasta de colores cumplen una función básicamente estética, porque en la proporción en que están difícilmente pueden aportar valor nutricional, aunque éste no es el caso ya que el único ingrediente adicional es la soya. El nivel de hidratación de las

sémolas es próximo al 48% de la materia seca y duración de mezclado es próxima a 10 minutos.

Esta etapa conduce a la formación de un producto granular (homogenización, desarrollo del gluten y formación de la estructura proteica). Justo aquí, alimenta a un extrusor mediante un conducto en cuyo interior se hace vacío para evitar la formación de burbujas de aire y limitar las reacciones de oxidación. La fase de extrusión, que dura alrededor de 2 minutos, conduce a la formación de un producto pastoso puesto en un molde específico de la forma deseada en las pastas alimenticias. Así, formadas, se secan, para disminuir la humedad final de producto. A nivel industrial, el conjunto formado por mezclador y extrusor constituye una prensa, cuya producción media es del orden de 2000 kg de pastas por hora.

2.6.2 Prensa

La prensa está constituida por:

- o *Mezcladora*.- Provista de un dosificador de sémola y agua. La mezcla se lleva a cabo por medio de uno o varios ejes de paletas, que realizan, a la vez, una tarea de transporte de la mercancía a la cámara de extrusión.
- o *Cámara de extrusión*.- Cámara cilíndrica con un sinfín donde se somete la mezcla a una presión continua, empujándola hacia el molde. Por la parte exterior, circula un circuito de refrigeración, para evitar daños en la masa por exceso de temperatura ($<50^{\circ}\text{C}$).
- o *Cabezal*.- Pieza que soporta el molde formador de pasta. Debe quedar hermético para evitar pérdida de presión de la masa. El molde, de forma circular o rectangular, presenta unas aberturas con la forma de la pasta que deseamos obtener. Esta fabricado de metal de aleación muy resistente a la presión y a la temperatura. Cuando la masa ya tratada sale por las boquillas del cabezal, tiene lugar una expansión. Para las pastas cortas, en la parte inferior del molde, se adaptan varios cuchillos sobre un eje. Estas van girando en constante roce con el molde y cortan la pasta a la longitud deseada. Existen en el mercado hasta

Al salir del cabezal, algunos formatos son sometidos a una cortina de aire para secar la superficie. Conservándose así la forma y previniendo contracciones. En la mezcladora, el producto rota, por un lado, en forma de ochos alrededor de los ejes y, al mismo tiempo rota sobre sí mismo. Esto es debido a la existencia de 2 ejes roscados girando en la misma dirección. De esto resulta un óptimo entremezclado, amasado y la formación de la estructura proteínica. El modo de trabajo de los ejes rotando en la misma dirección tiene la ventaja de prevenir flujos calandrados entre los bordes y la base de los ejes.

En la segunda etapa sigue la homogenización, desarrollo del gluten y formación de la estructura proteica. Los tiempos de mezclado y amasado se reducen notablemente, en comparación con los mezcladores tradicionales. El producto fluye a consecuencia del transporte forzado. El control de la temperatura del mezclador/amasador es de gran importancia en la preparación de la masa (ideal: 35-40° C).

En el proceso de preparación de la masa, la prensa puede formar la estructura proteínica tradicional durante un corto tiempo si:

- Se utilizan materias primas con granulometrías reducidas
- Se utiliza un sistema cerrado, con acción de transporte positivo en los elementos de mezcla y amasado.

La temperatura de la masa se monitoriza, para evitar excesos de temperatura. El proceso de prensado se lleva a cabo bajo vacío y utilizando el tradicional eje roscado simple. Este vacío también influencia el proceso de amasado, por lo menos durante el último tercio. Tanto los cortos periodos de mezclado como el vacío, tienen otro efecto positivo, ya que reduce las reacciones de descomposición enzimática y de oxidación (mayores valores de pigmentación).

2.6.3 Tiempo de retención

Contrariamente a las amasadoras actuales, los tiempos de retención y procesamiento en la zona de preparación de la masa de la nueva prensa, están claramente definidos, como resultado de una acción de desplazamiento positivo. Por lo tanto, todas las partículas reciben el mismo tratamiento durante el mismo periodo de tiempo.

2.6.4 Secado

Es el aspecto más delicado de la elaboración. El agua debe ser eliminada a velocidad uniforme para evitar gradientes de humedad en el interior de la masa, que podrían causar agrietamientos. También, hay que evitar el acortezamiento en la superficie del producto, que puede obstaculizar la salida del agua de las zonas mas internas de forma que queda encerrada al final del proceso.

Los métodos de secado varían dependiendo del trigo de pasta (larga o corta). En la práctica, las instalaciones más modernas solo utilizan el secado a alta temperatura, por encima de los 70° C, o bien a muy alta temperatura. El sistema tradicional, a 40-60° C, se ha abandonado, al ser muy poco rentable.

Objetivos:

- Se reducen los tiempos de secado, al aumentar las temperaturas.
- Disminución del tamaño de instalación.
- Desde el punto de vista microbiológico, se elimina la mayor parte de los microorganismos contaminantes.
- Desde el punto de vista estructural, se ha constatado que la red proteínica se refuerza. La pegajosidad de la pasta cocida disminuye y se puede utilizar mezclas con trigos blandos (en enmascara su menos contenido de gluten).

En cuanto proceso mecánico del secado, hay que atender también al tipo de pasta. Las pastas cortas, son extraídas a través de un molde circular y cortadas a

la salida del mismo mediante un presecador a sacudidas que realiza un somero secado superficial que evita que se peguen entre sí. El producto final, dependiendo de la forma, puede ser almacenado en silos con celdas o bien en silos de cintas.

Para pastas largas, estas son extraídas a través de un molde rectangular; las hebras de pasta se cuelgan automáticamente sobre varillas y se cortan a la misma longitud; las varillas con producto se desplazan a lo largo de diferentes secadoras, en zona de enfriamiento, y se almacenan en un depósito; para el envasado, el producto debe ser primeramente descolgado y luego cortados en la longitud deseada (Callejo, 2002).

Hoy en día entre los productores de pasta hay dos grandes corrientes. Los partidarios de la temperatura baja (35 – 50° C) dicen que así la pasta conserva mejor el sabor, y tiene una textura más agradable, porque la temperatura alta le da la consistencia de un chicle. Según el formato es lo que tarda en secar una determinada pasta. Por otro lado, los defensores de la temperatura alta (70 – 90° C) o muy alta (90 – 120° C) ven la ventaja de que así se eliminan los microbios, con lo que la pasta se puede conservar mucho más tiempo. La pasta larga se seca en seis horas, y la corta en dos. También hay fabricantes que usan una temperatura media (50 – 70° C).

Lo cierto es que la temperatura alta favorece que se produzca una reacción química (la reacción Maillard) que hace perder valor nutricional a la pasta (algunos aminoácidos no se pueden asimilar, y en el caso de la pasta integral las vitaminas se estropean). Los grandes fabricantes trabajan con sémola cada vez más fina, para que el amasado y la extrusión puedan ser más rápidos, y esto incrementa el riesgo de que se produzca la reacción Maillard. Por otro lado, la temperatura alta permite conseguir pasta con una buena apariencia utilizando sémola de menor calidad proteínica, porque la temperatura ayuda a dar consistencia a la pasta. Una primera fase de secado a 70° C es aconsejable para eliminar microbios perjudiciales.

2.6.5 Envasar

La pasta se suele envasar en bolsas de polipropileno. Si las tiramos en los contenedores amarillos, irán a una planta de reciclaje y se podrá recuperar al menos una parte (las plantas de selección están obligadas a recuperar al menos un 85% de los residuos que les llegan). Las cajas de cartón tienen la ventaja de que son más fácilmente reciclables y se almacenan mejor en las cajas y estanterías.

La pasta fresca se pasteuriza y se envasa en una atmósfera modificada: primero se hace el vacío en el envase y después se pone CO₂ y nitrógeno. Así aguanta unas cinco semanas sin conservantes. Las tecnologías más modernas permiten conservar la pasta fresca más de dos meses. Suben mucho la temperatura de la pasta y después la bajan de golpe, lo que le hace perder sabor (Castella, 2002).

2.7 Métodos de control de calidad de las pastas

2.7.1 Evaluación sensorial

Es la prueba más fiable por que permite evaluar la totalidad de las características de textura de la pasta cocinada.

Es la referencia principal donde deberán compararse los resultados obtenidos por métodos químicos o instrumentales. Un método standard de análisis sensorial ha sido elaborado por la Organización Internacional de Estandarización (ISO) para elaboración de la calidad culinaria de pastas.

2.7.2 Métodos químicos

- Pérdida de la cocción.- Se determina pesando el residuo del agua de cocción después de la evaporación o después de la liofilización.
- Ensayo de Materia Orgánica.- Se basa en la determinación del material liberado no en el agua de cocción sino en el agua de lavado de la pasta después de la

cocción. Cuanto más material existe en la superficie de la pasta, más alto es el valor de materia orgánica. Los resultados se expresan como g de almidón, que es el componente principal del material en suspensión del agua de lavado.

2.7.3 Métodos instrumentales

Se han desarrollado diversos. Algunos específicos para pastas cocidas. Otros, difundidos para la textura de alimentos.

- Texturómetro

- Viscoelastógrafo.- Desarrollado para apreciar las propiedades viscoelásticas de los cereales. La muestra se comprime entre 2 platos con una compresión constante aplicada perpendicularmente y luego retirada; registrando los cambios de espesor durante y después de la carga así como también la deformación y la capacidad para volver a la forma original (Callejo, 2002).

2.8 Caracteres y examen de pasta de buena calidad

Actualmente en la industria alimentaria la palabra calidad tiene muchas interpretaciones distintas, dependiendo del área de aplicación. Mientras que hace veinte años la calidad de la pasta se refería a aspectos tales como el aspecto visual y las características de cocción, hoy día el termino también tiene que englobar la seguridad y los aspectos legales del producto, incluyendo el ambiente de la fabrica e incluso el envase empleado para contener el producto (Kill y Turnbull, 2001).

La pasta de buena calidad debe tener un tono blanco pajizo, o amarillo verdoso, si es coloreada, seca y no húmeda; además, ser semitransparente y frágil, con rotura vítrea; debe tener olor y sabor grato y no ácido. No debe presentarse carcomida, enmohecida o con cualquier otra de las alteraciones que ya hemos indicado. Examinando las cenizas se pueden descubrir las falsificaciones por adición de sustancias minerales, si éstas se hallarán en cantidad anormal. El almidón se examinará al microscopio para asegurarse de la ausencia de harina de

cereales extraños o de leguminosas; a tal fin bastará raspar la pasta o pulverizarla en un mortero, luego poner el polvo en un manguito y estrujarlo bajo un chorro de agua, recogiendo el almidón que así viene transportado (Callejo, 2002).

2.9 Distintas calidades de las pastas

Puede dividirse las pastas en las siguientes calidades: calidad extra, calidad fina o primera, calidad comercial o segunda, y calidad tercera. Puede, aunque raramente, definirse otra calidad, la extra superior o sublime. Las distintas calidades difieren entre sí por la calidad de las harinas y la cantidad porcentual de sémolas que entran en la composición de la masa. Normalmente las mezclas son las siguientes:

2.9.1 Calidad extra

Se emplea exclusivamente sémola de grano duro al 55-60 por 100. Esta calidad de pasta, al ser más rica en gluten, resulta más nutritiva y saludable. Resiste mucho tiempo sin alterarse. Hay otras sémolas de grano duro que dan un producto muy opaco u oscuro, y entonces, para darles apariencia clara o transparente, se introduce en la masa un porcentaje de harinado grano blando. Normalmente se utiliza del 70 al 80 por ciento de sémola de grano duro y del 50 al 60 por ciento de grano blando.

2.9.2 Calidad fina o primera

Esta es la calidad de mayor consumo. Resiste bien la cocción, tiene bonita apariencia y, además, es más dulce al paladar, a causa del mayor porcentaje de sémola de grano blando. Las proporciones de la masa son: de 40 al 50 por ciento de sémola de grano duro y del 50 al 60 por ciento del grano blando.

2.9.3 Calidad segunda y tercera

Estas calidades son mas bastas y en su composición entran importantes porcentajes de harinas secundarias. No hay que decir que el aspecto y el sabor difieren sensiblemente de las calidades anteriores.

La legislación española denomina pasta de “calidad superior” a la elaborada exclusivamente con trigo duro. Sin embargo, Italia, Francia y Grecia no admiten ningún grado de mezcla y elaboran pastas exclusivamente con sémolas o semolinas de trigo duro. Existen dos razones objetivas en defensa de la fabricación de pasta son sémola de trigo duro:

- 1.La calidad de la pasta de trigo duro es mejor desde el punto de vista gastronómico y culinario (sabor, textura después de la cocción).
- 2.El análisis de los compuestos químicos muestra una ligera superioridad en cuanto al valor nutricional de la pasta de trigo duro (mayor % de proteína).

Diversos autores han demostrado que las diferencias en la calidad de sémolas y semolinas de diferentes variedades de trigo duro son debidas a las distintas capacidades de sus proteínas para formar, durante el amasado y la extrusión, una red capaz de retener los otros componentes de las partículas de semolina, especialmente los almidones, así si la red proteica no forma un buen entramado dejará escapar los gránulos de almidón durante la cocción culinaria.

Los modernos procedimientos para la producción de pasta han perseguido la reducción de los tiempos de pastificación; sin embargo, en estos momentos, el objetivo prioritario de esta industria es la continua evolución y expansión de los tipos comerciales de pastas elaboradas con componentes diferentes de los tradicionales (harina de trigo blando, soya, germen de trigo, arroz, maíz) o con presentaciones finales especiales (pastas frescas precocidas).

El tipo de pasta más convencional se elabora con sémolas o, mejor dicho, semolinas. La tendencia actual es a reducir el tamaño de las sémolas. Objetivos:

primero, reducir los tiempos de mezcla y segundo, obtener una pasta sin los denominados “puntos blancos”.

En la determinación y evaluación de la calidad del trigo, la tendencia actual es vincular las variables tecnológicas y químicas de la materia prima, con la calidad culinaria de la pasta, en una ecuación válida para predecir dicha calidad culinaria y que incluye parámetros como: cantidad de proteína, índices alveográficos para granos, sémolas y semolinas (Callejo, 2002).

2.10 Aseguramiento de la calidad (producto cocinado)

Probablemente una de las áreas más difíciles en el aseguramiento de la calidad para la pasta cocinada sea la definición de buena calidad. Es esencial que toda la pasta se evalúe frente a un tiempo de cocción especificado, idealmente comparable al que se empleará en el mercado previsto. La belleza depende del ojo del observador y probablemente lo mejor para el encargado del aseguramiento de la calidad sea fiarse sobre todo de los gustos del cliente, más que considerar en primer lugar su propia opinión del producto.

Como la mayor parte de las evaluaciones organolépticas de un producto, el aseguramiento de la calidad en el producto cocinado es, a menudo, subjetivo y lo realizan varios miembros del departamento de calidad.

Es un concepto difícil de definir. Algunas características que permitirían clasificar este concepto son:

- Hinchamiento debido a la absorción de agua
- Firmeza y viscoelasticidad de la pasta después de la cocción
- Pegajosidad de la superficie de la pasta cocida
- Desintegración del producto cocido
- Aroma y gusto

Las propiedades reológicas parecen depender de la cantidad de proteína y de la viscoelasticidad del gluten, característica esta última asociada al contenido alto en

gluteninas. La capacidad que tienen las pastas de conservar su integridad después de la cocción está en función de la posibilidad que tienen las proteínas de formar una red insoluble que sea impermeable a la salida de los almidones; parece que esto está asociado a ciertas proteínas de bajo peso molecular ricas en azufre. La clasificación de las características de las pastas es:

Aspecto de la pasta

- Ausencia de grietas
- Ausencia de manchas (puntos negros, blancos, marrones)
- Textura lisa de superficie
- Coloración amarilla

Calidad culinaria de la pasta cocida

- Coloración
- Firmeza
- Ausencia de pegajosidad
- Débil pérdida de materia en la cocción (Callejo, 2002).

2.11 Pruebas de caducidad

Si la pasta se seca a temperatura baja, o si contiene germen de trigo, caduca antes. Sin embargo, los períodos de caducidad que constan en los paquetes suelen ser los mismos para cualquier tipo de pasta. A no ser que una tienda no renueve con cierta frecuencia la mercancía, es extraño encontrarse con pasta caducada; de hecho, que se estropee o no depende mucho de las condiciones de conservación. Podemos detectar si una pasta está caducada porque aparecen pequeñas mariposas.

Las pruebas de caducidad pueden ser específicas para cada producto y pueden incluir alguno o todos los elementos siguientes:

- Análisis microbiológicos, incluyendo análisis de pruebas
- Análisis químicos

- Análisis físicos como pruebas reológicas, examen microscópico, pruebas de vibración.
- Evaluación sensorial: teniendo la certeza de la seguridad del producto, la evaluación sensoria es sin duda la prueba más apropiada para evaluar los cambios durante las pruebas de almacenamiento (Man, 2002).

2.12 Pruebas afectivas al producto

También denominada prueba de los consumidores o ensayo hedónico se utiliza para evaluar la respuesta personal (preferencia y/o aceptación) por los consumidores reales o potenciales. A los consumidores seleccionados que aceptan se les proporcionan muestras, junto con una tarjeta de evaluación en la que se les pide sus preferencias y las razones de las mismas. Los resultados se calculan en forma de escala de preferencia global.

Las pruebas más efectivas se basan en protocolos realizados entre individuos de una población específica que se sabe que contienen consumidores de productos típicos. Los individuos o jueces se seleccionan cuidadosamente para que sean representativos de una población numerosa acerca de la cual el investigador espera obtener alguna conclusión. Las pruebas de consumidores tienen dos formas: si se busca la elección de un producto frente a otro, la prueba se denomina prueba de preferencia. Este ensayo realmente no indica si cualquiera de los productos nos gusta o disgusta, sólo cuál es el preferido; el investigador tiene que tener para realizar este juicio un conocimiento previo del producto actual o del competitivo frente al que se ensaya (Fisher y Scott, 1997).

2.13 Alteraciones de las pastas

Las alteraciones de las pastas alimenticias pueden provenir en la elaboración, de haber empleado harinas averiadas o corrompidas (entonces el gluten se disgrega fácilmente) o del agua impura o no esterilizada. Otras causas pueden citarse tales como; la imperfecta desecación de las pastas, que deberá tener lugar en

departamentos bien acondicionados o en ambiente seco o bien aireado: la mala conservación, por ejemplo, en locales cerrados, húmedos; o también la negligente exposición de la pasta a la acción de polvillo atmosférico, de insectos que pueden dejarle encima sus huevos o sus deposiciones. Por envejecimiento pueden experimentar la fermentación ácida; por último, pueden enmohecerse, lo que acontece a menudo con las pastas poco cocidas.

Las pastas alimenticias pueden conservarse largo tiempo, pero existen extremos cuidados. En primer lugar, no han de embalsarse húmedas; luego, se han de guardar en almacenes secos, bien ventilados y aireados, pero lo más alejadas que sea posible del contacto del polvillo atmosférico, del polvo, de los insectos y de otros animales que de alguna manera puedan dañarlas.

Aunque estos productos son ricos en proteínas, y carbohidratos, su baja A_w es tal como para limitar el crecimiento de todos los microorganismos si se conservan apropiadamente. La flora microbiana en estos productos es relativamente escasa, ya que algunos de los procesos a que son sometidos reducen la carga microbiana. Cuando las condiciones de A_w favorecen el crecimiento, bacterias del género *Bacillus* y mohos de varios géneros habitualmente son los únicos que se desarrollan. Algunos organismos esporógenos son capaces de producir amilasa, que permite utilizar la harina y los productos afines como fuentes de energía, con tal de que exista humedad suficiente para que tenga lugar el crecimiento. Con menos humedad, se produce crecimiento que se puede observar como crecimiento típico de los micelios y formación de esporas (Jay, 2000).

2.14 La soya

La soya, o frijol de soya (*Glycyne max*) pertenece a las leguminosas, aunque por su elevado contenido de aceite se incluye también, junto con la canola, el algodón, el girasol, la aceituna y el cacahuete, en las oleaginosas. Debido a sus propiedades nutritivas, principalmente por sus proteínas, en las últimas décadas ha habido un gran desarrollo científico y tecnológico para su aprovechamiento integral.

Como sucede con la mayoría de los alimentos provenientes del campo, su composición química depende de muchos factores, tales como la variedad de la semilla, el tipo de suelo, la irrigación, la fertilización, la temperatura ambiental, etc. En los últimos años y mediante manejos genéticos, se ha mejorado su producción y también se ha modificado su composición química.

2.15 Soya y nutrición

Tradicionalmente, en las culturas orientales no se observan las enfermedades crónicas (corazón, cáncer, etc.) que están permanentemente presentes en los países occidentales. Se supone que una razón de esto es la dieta basada en soya de países como Japón y China. En los últimos años se han publicado una enorme cantidad de trabajos que muestran las relaciones benéficas del consumo de la proteína de soya con la prevención de las enfermedades cardiovasculares (principal causa de muerte en México), del cáncer, de la osteoporosis y de los síntomas de la post menopausia. En muchos casos el mecanismo de acción es desconocido, aún cuando se proponen diversas teorías. Por el cúmulo de esta información, en 1999 la *Food and Drug Administration* (FDA) de los Estados Unidos señaló que el consumo de 25 gramos de proteína de soya al día, integrados a una dieta balanceada, reduce el riesgo de enfermedades del corazón. Cabe indicar que la dieta oriental incluye pocas grasas saturadas y colesterol, agentes que definitivamente aceleran la hipercolesterolemia y en consecuencia, los trastornos cardiovasculares. Sin embargo, la influencia de la proteína de soya se ha comprobado en diversos estudios (Badui, 2006).

2.16 Valor nutritivo de la soya

2.16.1 Proteínas

A la soya se le conoce en especial por su alto contenido proteico. El rendimiento de proteína, a igualdad de peso es aproximadamente el doble que el de la carne,

cuatro veces mas que el del huevo, el trigo y otros cereales, cinco o seis veces mas que el pan, el doble que el de la chauchas y las habas, nueces, avellanas y la mayoría de las otras frutas secas, y doce veces el de la leche.

A diferencia de los cereales (maíz, arroz, trigo, etc.) que son abundantes en glutelinas y prolaminas, las proteínas de la soya y de otras oleaginosas son una mezcla heterogénea de globulinas (60 a 75% del total) y de albúminas, con pesos moleculares muy variados, solubles en disoluciones salinas y en agua. En general, las proteínas de las leguminosas son ricas en los aminoácidos indispensables, tales como lisina, treonina, isoleucina, leucina, fenilalanina y valina; sin embargo, son deficientes en metionina y cisterna.

2.16.2 Grasas

La fracción *lipídica* esta integrada por triacilglicéridos, llamados comúnmente triglicéridos, que contienen aproximadamente un 12% de ácidos grasos saturados, 20% de ácido oleico, 60% de ácido linoleico y 4% de ácido linolénico, con un punto de fusión de -16°C y un índice de yodo de 130. También se encuentran fosfolípidos, esteroides y tocoferoles; cabe indicar que de la refinación de aceite se obtiene la lecitina, ampliamente utilizada por sus propiedades funcionales. La acumulación de lípidos en las oleaginosas va acompañada de un decremento de los hidratos de carbono, lo que significa que es muy probable que estos sean los precursores de las síntesis del aceite.

2.16.3 Carbohidratos

Por su parte, el contenido de *hidratos de carbono* se divide casi en partes iguales en compuestos insolubles y solubles en agua y se pueden clasificar como:

- a) Polisacáridos insolubles en agua y en etanol (tales como arabinogalactanas, arabinanas, xilanas, galactomananas, celulosa y un polímero ácido muy

parecido a las sustancias pécticas), que representan aproximadamente el 50% de los hidratos de carbono totales.

- b) Oligosacáridos hidrosolubles, tales como verbascosa (en muy baja concentración), estaquita (3.8%), rafinosa (1.1%) y sacarosa (4.5%), que son los responsables de la flatulencia que provoca el consumo de oleaginosas.
- c) Monosacáridos en menor cantidad, principalmente glucosa y arabinosa.

Al igual que sucede con otros tejidos vegetales, la soya contiene en su estado natural diversos factores antifisiológicos, como son los inhibidores de tripsina y las hemaglutininas, que no representan un riesgo, debido a que se destruyen durante los distintos procesos industriales, sobre todo los térmicos, a los que se somete el grano.

2.16.4 Minerales

La soya contiene cerca del 4,6% de ceniza mineral, la cual es especialmente rica en potasio y tiene también un alto contenido total de minerales (calcio, fósforo y hierro) en comparación con otros cereales y legumbres. La soya no solo contiene un mayor porcentaje de hierro que los granos y otras legumbres, sino que se encuentra en una forma más aprovechable para el animal.

2.16.5 Vitaminas

Numerosos experimentos realizados para determinar el valor vitamínico de la soya, demostraron sin excepción que contiene todas las vitaminas conocidas sobre todo las solubles en agua, estos experimentos realizados en años recientes, indicaron que los porotos de soya frescos son una excelente fuente de vitamina A, también son una fuente de vitamina B1, B2 y C, la cual es especialmente abundante en los brotes de soya. Los porotos secos son casi iguales que los frescos excepto en que son menos potentes en vitamina A (Badui, 2006).

2.17 Propiedades funcionales en soya

Por problemas de disponibilidad de alimentos de origen animal y por razones de salud, en los últimos años han surgido diversas tecnologías que permiten la incorporación de proteínas vegetales, hasta llegar a la total substitución de las de la carne, huevo y leche. Las propiedades funcionales de las distintas formas comerciales de la soya (harinas con o sin grasa, concentrados, aislados, texturizados, extraídos, etcétera) varían de acuerdo con su composición química y método de obtención, y en consecuencia, su empleo se limita a ciertos productos alimenticios en donde se desarrollan y se aprovechan verdaderamente dichas propiedades.

2.18 Factores antifisiológicos de la soya

La soya, la igual que otros tejidos, produce algunos metabolitos que pueden ser dañinos. La alimentación de animales de laboratorio con soya cruda causa muchos problemas debido a sus factores antifisiológicos; sin embargo, un calentamiento controlado los elimina, por lo que en la actualidad ya no representa un riesgo para la salud de hombre. Desde hace varias décadas, la industria productora de harina de soya y pastas ha optimizado los tratamientos térmicos para garantizar que los productos sean seguros sean seguros al destruir factores antifisiológicos, que tengan funcionalidad y que mantengan su valor nutricional. Sus efectos dañinos: inhibición del crecimiento, reducción de la digestibilidad de la proteína, requerimiento mayor de aminoácidos azufrados, crecimiento del páncreas, aumento de secreción de enzimas pancreáticas y de la actividad de la vesícula biliar y reducción de la energía metabolizable.

En la soya y en las crucíferas (rábano, col, mostaza) se han identificado tioglucósidos que inducen al bocio, al evitar la fijación del yodo en la glándula tiroides; en el caso de las leguminosas, la estructura de estos agentes es de oligopéptido o glucopéptido, de poca actividad y que se destruyen con tratamientos térmicos tradicionales (Badui, 2006).

2.19 Técnicas para determinación de proteínas en alimentos

2.19.1 Método Biuret

El nombre de la reacción procede del compuesto coloreado formado por la condensación de dos moléculas de urea con eliminación de amoníaco. Si una solución fuertemente alcalina de sulfato cúprico (CuSO_4) se añade a una solución de proteína se forma un complejo entre el ión cúprico y los enlaces peptídicos, con aparición de una coloración violeta-púrpura, que presenta un máximo de absorción a 540 nm. Las características más importantes de la reacción son:

- La reacción del Biuret se aplica, a partir de los tetrapéptidos, a todos los péptidos y proteínas.
- Su rango de determinación es de 1 a 6 mg/mL.
- No depende de la composición de aminoácidos.

Ventajas del método:

- Menos caro que el Método de Kjeldahl
- Rápido (se puede completar en menos de 30 minutos)
- Es el método más simple de análisis de proteínas
- No es frecuente encontrar derivaciones de color
- Pocas sustancias no proteicas interfieren con la reacción de biuret

Desventajas del método:

- No es muy sensible comparado con el Método de Lowry
- Requiere de al menos 2 a 4 mg de proteína por prueba
- Las concentraciones altas de sales de amonio interfieren con la reacción
- Puede ocurrir opalescencia en la solución final si están presentes altas concentraciones de lípidos o carbohidratos
- Debe estandarizarse el color mediante cantidades de proteína conocidas.

2.19.2 Método de Lowry

Para aumentar la sensibilidad de la reacción del Biuret, el complejo proteína- Cu^{2+} se hace reaccionar con el reactivo de Folin-Ciocalteus, dando una coloración azul.

Las características del método son:

- La intensidad de la coloración varía con la composición de aminoácidos de la proteína.
- Es más sensible que el ensayo del Biuret. El rango es de 0,1-1 mg/mL.
- Presenta muchas interferencias.

Ventajas del método:

- Muy sensible
- Menos afectado por la turbidez de la muestra
- Más específico que la mayoría de los otros métodos
- Relativamente simple
- Se puede completar en 1 a 1,5 horas

Desventajas del método:

- El color varía con diferentes proteínas (más que el método de Biuret)
- El color no es estrictamente proporcional a la concentración de proteínas
- La sacarosa, lípidos, buffers fosfato, monosacáridos y hexoaminas interfieren con la reacción
- Las altas concentraciones de azúcares reductores, sulfato de amonio y compuestos con sulfhidrilo interfieren con la reacción

2.19.3 Método Bradford

- Consiste en la formación de un compuesto de adsorción de coloración azul entre los residuos de aminoácidos básicos de las proteínas y el colorante azul coomassie.
- El rango de determinación de proteína es de 1-10 mg/mL (ensayo micro) y de 0,5 -1,4 mg/mL (ensayo estándar).

- La intensidad de absorción depende del contenido de aminoácidos básicos y aromáticos.

Ventajas del método:

- Método rápido (la reacción se puede completar en 2 minutos)
- Sensible (mucho más que el Método de Lowry)
- Mide proteína o péptidos con una masa molecular aproximadamente igual o mayor de 4 000 daltons

Desventajas del método:

- El complejo proteína-colorante formado puede unirse a las celdas de cuarzo
- El color varía con diferentes tipos de proteínas.
- La proteína estándar debe seleccionarse con mucho cuidado
- Interferencia con detergentes.

2.19.4 Método del ácido Bicincónico

Está basado en la reducción en medio alcalino de Cu(II) a Cu(I) en medio alcalino y la formación de un complejo ácido bicincónico:Cu(I), con un máximo de absorbancia a 562 nm. El rango de concentración de proteína es de 0,5-30 mg/mL.

Ventajas del método:

- Sensibilidad comparable a la del método de Lowry (0,5 mg a 10 mg)
- La mezcla en un paso es más fácil que en el Método de Lowry
- El reactivo es más estable que el reactivo de Lowry
- Las sales de buffer y detergente no iónico no interfieren con la reacción

Desventajas del método:

- El color no es estable con el tiempo. se necesita controlar cuidadosamente el tiempo entre el análisis y la lectura en absorbancia.
- Los azúcares reductores interfieren con la reacción.
- Altas concentraciones de sulfato de amonio interfieren con la reacción.

- La respuesta en la absorbancia no es lineal

2.19.5 Método de absorción en el ultravioleta

- Las proteínas poseen una banda de absorción a 280 nm como consecuencia de la absorción de los residuos de tirosilo y triptofanilo en esta región del espectro.
- Es un método no destructivo.
- El rango de concentración que se puede determinar depende del contenido de los aminoácidos Tyr y Trp, y oscila entre 0,05 y 2 mg/mL.
- La presencia de sustancias absorbentes a 280 nm conduce a interferencias.

Ventajas del método:

- Método rápido y relativamente sensible (varias veces más sensible que el Método de Biuret)
- No existe interferencia del sulfato de amonio y otras sales buffer
- Método no destructivo

Desventajas del método:

- Los ácidos nucleicos también absorben en la región de 280 nm
- El contenido de aminoácidos aromáticos difiere considerablemente en varias proteínas.
- La solución debe ser clara e incolora. la turbidez puede producir resultados erráticos
- Se requiere un sistema relativamente puro para utilizar este método

2.19.6 Método Kjeldahl

Determinar la concentración de nitrógeno presente en la muestra para luego ser transformado a través de un factor en proteína. El método es aplicable a alimentos en general.

Usualmente se calcula el contenido de proteínas cuantificando en nitrógeno de la muestra por el método de Kjeldahl o alguna de sus modificaciones, convirtiendo en nitrógeno a proteína al multiplicarlo por un factor específico. Este método consiste básicamente en la oxidación de los compuestos orgánicos por calentamiento con ácido sulfúrico. El carbono e hidrógeno del material es oxidado a CO_2 y H_2O ; una parte de ácido sulfúrico se reduce a dióxido de azufre, el cual a su vez reduce el material nitrogenado a amoníaco, sustancia de alto punto de ebullición por lo que se queda atrapado.

El amoníaco formado en la digestión es liberado por la adicción de grandes cantidades de álcali, destilado y atrapado en una cantidad conocida de ácido estandarizado. El ácido es entonces titulado a su punto original para determinar cuanto amoníaco se destiló. Se debe reconocer que el método Kjeldahl tiene varias limitaciones para determinación de proteínas, dos de las más importantes son:

- 1) El método determina casi todo el nitrógeno de la muestra, en los alimentos existen algunos compuestos nitrogenados no proteicos tales como los aminoácidos libres, ácidos nucleicos, sales nitrogenadas, etc. Esta dificultad puede ser superada precipitando las proteínas con ácido tricloroacético, lavando bien el precipitado con éste ácido y determinando luego el contenido de nitrógeno en el precipitado. Los aminoácidos, ácidos nucleicos, aminas, etc. Son solubles en el ácido tricloroacético por lo que no interfieren en la determinación de las proteínas. Sin en el análisis de proteínas no se hace corrección para otros compuestos nitrogenados, el valor obtenido se reporta como proteína cruda.

- 2) Para convertir el contenido de nitrógeno a proteína se usa generalmente un factor promedio de 6,25, considerando que las proteínas contienen un valor promedio de 16% de nitrógeno; sin embargo, el contenido de nitrógeno de las diferentes proteínas varía entre 13 y 19%. Para las proteínas vegetales cuyo contenido de nitrógeno oscila entre 16,4 y 18,7%, se aplica el factor general de conversión de 5,7, pudiéndose aplicar otros factores particulares para cada vegetal. Para las proteínas animales se aplica el factor de 6,25. En el caso

particular de la leche que contiene el 15,5% se aplica el factor de 6,38. De manera que se puede hacer un error considerable para el uso del factor 6,25.

El sistema de digestión Kjeldahl no modificado no convierte en sulfato de amonio todo el nitrógeno de los nitratos. Como es variable e incierta la proporción de nitrógenos de nitratos que se convierten en sales amónicas, debemos subrayar que los valores obtenidos no pueden tomarse como determinaciones del nitrógeno no procedente de nitratos en las muestras que contengan esta sal.

Ventajas del método:

- Aplicable a todo tipo de alimentos
- Relativamente simple
- Barato
- Preciso
- Es el método oficial para medir el contenido de proteína cruda

Desventajas del método:

- Mide el nitrógeno orgánico total, no sólo el nitrógeno proteico
- Consume mucho tiempo (al menos 2 horas para completarse)
- Precisión más pobre que el método de Biuret
- Usa reactivos corrosivos

2.19.7 Métodos inmunológicos

- Son métodos altamente específicos, basados en la reacción antígeno-anticuerpo.
- Pueden ser de difusión radial, electrodifusión, precipitación y radioinmunológicos.
- Pueden alcanzar sensibilidades del orden de ng/mL (NMX-F-608-NORMEX-2002).

III. MÉTODO Y MATERIALES

3.1 Método

3.1.1 Descripción de la población en estudio

El objetivo de estudio de la presente investigación fué la elaboración de una pasta de harina de trigo enriquecida con soya, la cual fué elaborada personalmente y preparada para sus posteriores análisis. El producto se elaboró tomando en cuenta los procesos sencillos en la elaboración de pastas y sólo con los mínimos ingredientes requeridos en una pasta normal (harina de trigo, huevo, agua y como ingrediente funcional harina de soya que enriqueció al producto).

Para la elaboración del producto se tomaron como base 100 gramos por cada una de las pastas a diferentes porcentajes de soya (50%, 30% y 20%) y se utilizaron los demás ingredientes en pequeñas cantidades. La materia prima que se empleó en la elaboración del producto fué encontrada fácilmente, la harina de trigo y huevos color amarillo intenso fueron adquiridos en un centro comercial, la harina de soya se adquirió en un centro naturista y el agua en el mismo laboratorio de alimentos.

Cada pasta fué elaborada en 8 horas aproximadamente, se consiguió la máquina para elaborar pastas (que fué proporcionada por el maestro asesor), se preparó la mezcla y se le dió forma a la masa tomando en cuenta un proceso sencillo de elaboración. Por último se procedió al secado de la pasta a una temperatura de a 80°C por aproximadamente 6 horas (según bibliografía consultada), monitoreando el producto hasta que hubiera secado completamente.

Durante la elaboración de la pasta enriquecida con soya, se cuidó que al momento de elaborar la pasta se realizara en condiciones asépticas para no contaminar el producto y no se dañara al momento de la evaluación final, que la temperatura a la cual se estuviera secando no excediera de 80°C ya que una temperatura muy elevada podría dañar la estructura de la pasta haciendo un producto de un sabor no agradable o con características indeseables. Se tuvo especial cuidado durante la realización de los análisis de proteínas, debido a que algunos errores en mediciones o cálculos podían alterar los resultados finales.

3.1.2 Localización de la zona donde se elaboró y analizó el producto

El producto fué elaborado en los LV 700 (de alimentos) del ITSON Unidad Nainari, lugar en el que se trabajó desde el momento en que se adquirió la materia prima para elaborar la pasta, hasta que se obtuvo el producto final ya seco. Para la determinación de proteínas, se optó por realizarse en los laboratorios de análisis de agua, suelo, planta del ITSON Unidad Centro, ya que dicho laboratorio cuenta con las instalaciones y equipo necesario para llevar a cabo este tipo de análisis, un mayor tiempo de disponibilidad de áreas de investigación y personal capacitado para este tipo de pruebas que puedan ayudar a resolver cualquier duda presentada durante la investigación.

3.1.3 Descripción de los métodos utilizados en la investigación

3.1.3.1 Método común de elaboración de pastas

Formulación para cada pasta:

La fórmula que se seleccionó fué consultada en bibliografía aplicada a 100 gramos de harina, la variación que habría entre una pasta y otra sería la concentración de harina de soya empleada.

Pasta normal

1. 1 huevo amarillo intenso
2. Agua
3. Harina de trigo

Primera formulación (50% de harina de soya):

1. 1 huevo amarillo intenso
2. Agua
3. Harina de soya 50 g
4. Harina de trigo 50 g

Segunda formulación (30% de harina de soya):

1. 1 huevo amarillo intenso
2. Agua
3. Harina de soya 30 g
4. Harina de trigo 70 g

Tercera formulación (20% de harina de soya):

1. 1 huevo amarillo intenso
2. Agua
3. Harina de soya 20 g
4. Harina de trigo 80 g

Para formar la pasta se utilizó una pequeña máquina manual elaboradora de pastas.

Proceso de pastificación utilizado:

Este fué un proceso típico de elaboración de pastas que es compuesto por los siguientes pasos:

- o Pesado de los ingredientes
- o Amasado
- o Extrusión de la masa
- o Secado

- *Pesado de ingredientes*

La materia prima que se utilizó fué pesada de manera proporcional en una balanza analítica digital y utilizando como medida los gramos.

- *Amasado*

Para formar la masa, se mezcló harina de trigo, huevo, agua y en el caso de este tipo de pasta que es llamada pasta compuesta se añadió el ingrediente adicional requerido, que es harina de soya. Se amasó durante 10 minutos aproximadamente hasta obtener una pasta espesa.

- *Extrusión de la masa*

Una vez hecha la masa, se extrusionó, es decir, se empujó hacia la máquina moldeadora para darle una forma determinada a la pasta (espiral, tallarines), y después se cortó. Antiguamente los moldes eran de bronce, pero ahora suelen estar recubiertos de teflón, un derivado del petróleo muy utilizado en recubrimientos de utensilios de cocina como ollas y sartenes, y en aplicaciones industriales y médicas o bien pueden ser de acero inoxidable. La pasta hecha con moldes de bronce se distingue fácilmente porque tiene una textura rugosa.

- *Secado*

La pasta fresca no se seca, sino que se envasa directamente después de la extrusión. La pasta seca ha de pasar de un 25% de humedad a un 12%, aproximadamente. El secado es el paso más delicado en la elaboración de la pasta. Si se hace demasiado deprisa, la parte exterior encoge antes que la interior, y la pasta puede resquebrajarse. Si se hace demasiado lentamente, se puede deformar, y los microbios pueden enmohecerla. La velocidad del secado depende de la temperatura. El secado de la pasta se realizó a una temperatura de 80° C durante un tiempo de 6 horas hasta que la masa cambió de color y pudo ser manejada con facilidad (Callejo, 2002).



Imagen 1. Proceso de elaboración de las pastas

3.1.3.2 Método “Kjeldahl (955.04 A.O.A.C 16 th. Ed)” para análisis de proteínas

Preparación de los reactivos:

- o Solución de hidróxido de sodio al 45%: Disolver 450 g de NaOH en lentejas en 800 mL de agua destilada recién hervida y fría, ponerlo a disolver en una parrilla con agitación magnética, una vez fría la solución aforar a 1000 mL con esta misma agua.
- o Solución de ácido bórico al 4%: Disolver 40 g de H_3BO_3 en 600 mL de agua destilada y ponerlo a disolver en una parrilla con agitación magnética, una vez disuelto aforar a 1000 mL con agua destilada.
- o Solución de H_2SO_4 0.1N: Disolver en 700 mL de agua destilada, 2,8 mL de H_2SO_4 concentrado, después aforar a 1000 mL con agua destilada; para obtener la normalidad adecuada habrá que valorar dicho ácido con NaOH, usando indicador mixto.
- o Solución del indicador mixto: Disolver 200 mg de rojo de metilo en 100 mL de etanol; disolver 100 mg de azul de metileno en 50 mL de etanol; mezclar las dos soluciones agitándolas fuertemente. Esta solución debe prepararse por lo menos cada 30 días.

Procedimiento para cada muestra:

- 1) Pesar aproximadamente 1 gramo de muestra sobre una porción de papel filtro o cualquier otro tipo de papel, agregarle 0,2 gramos de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ y 10 gramos de K_2SO_4 , meterla en el fondo del matraz Kjeldahl de 800 mL, evitando que se adhiera a las paredes del matraz.
- 2) Agregar 25 mL de H_2SO_4 concentrado por las paredes tratando de arrastrar los residuos de muestras o de reactivos que hallan quedado en las paredes.
- 3) Ajuste el reostato del digestor a temperatura media, colocar el matraz con su contenido en las parrillas de digestión teniendo la precaución de encender el extractor de donde se efectúa el análisis, cuando la solución deje de formar espuma, ajuste el reostato de tal manera que el contenido del matraz siga en ebullición, procurando dar vuelta al matraz cada 15 minutos, para evitar deformación del mismo debido al calentamiento y facilitar la remoción del carbón.
- 4) Digerir la muestra hasta obtener una solución de color azul verdosa transparente, entonces la muestra se debe digerir 30 minutos más.
- 5) Después de transcurrido el tiempo de digestión, apagar la fuente de calor dejando encendido el extractor de gases hasta que la solución deje de despedir vapores blancos.
- 6) En un matraz Kjeldahl poner aproximadamente 500 mL de agua destilada y lavar el condensador con agua destilada hasta colectar aproximadamente de 150 a 200 mL de agua en el matraz receptor.
- 7) Coloque en el extremo inferior del condensador un matraz Erlenmeyer de 500 mL que contenga 50 mL de solución de ácido bórico al 4% de tal manera que el extremo por donde sale el destilado quede inmerso dentro de la solución.
- 8) Una vez fría la muestra, agregarle 100 mL de agua destilada y disolver su contenido por medio de agitación del matraz.

9) Cuando el contenido del matraz se halla disuelto ponerlo a enfriar en un baño María o enfriarlo con agua corriente.

10) Agregar aproximadamente 0.5g de zinc metálico malla 20, poner el matraz en posición ligeramente inclinada y agregar inmediatamente por escurrimiento lento en las paredes del matraz y sin mezclar 100 mL de NaOH al 45%.

11) Conectar inmediatamente el matraz al bulbo del aparato de destilación, procurando que el agua de enfriamiento esté circulando y la temperatura del condensador no exceda de 29°C.

12) La destilación se suspende cuando se haya recolectado aproximadamente 200 mL de destilado, incluyendo los 50 mL de la solución de ácido bórico al 4%.

13) Terminada la destilación no apague la fuente de calor sin antes sacar el tubo del condensador de la solución; de lo contrario el destilado será succionado hacia el matraz Kjeldahl.

14) Retirar el matraz colector, agregarle unas gotas del indicador mixto y valorar con solución de ácido sulfúrico 0.1N hasta que la solución vire de un color verde esmeralda a un color morado.

15) Correr un blanco siguiendo todos los pasos excepto que no tendrá muestra, sino solo reactivos.

16) Calcular el contenido de proteínas (NMX-F-608-NORMEX-2002).

3.1.3.3 Análisis de las propiedades sensoriales de las pastas

Las evaluaciones sensoriales, fueron realizadas a la pasta normal y a las tres diferentes formulaciones de pasta enriquecida antes y después de ser cocinadas,

de esta manera se determinó la concentración de proteínas entre una pasta y otra y sus características visuales. Estos análisis fueron:

3.1.3.3.1 Evaluación de pasta cruda

- ✓ Color
 - ✓ Aspecto
 - ✓ Características de textura
-
- Color: Aspecto de apelación estética que fue realizado a la pasta de manera visual, en su mayor parte, depende de las características del trigo usado. Proviene de un componente amarillo deseable y de un componente marrón indeseable. En ciertas condiciones de secado, puede desarrollar un componente rojo.
 - Aspecto: También fué realizado de manera visual. El agrietamiento, la superficie lisa y los defectos, como las manchas y rayas, también afectan la apariencia de la pasta y la aceptación del consumidor.
-
- Agrietamiento.- Defecto de producción caracterizado por ruptura en la pasta seca. La causa más frecuente son las condiciones de secado inadecuadas. Si la humedad superficial se evapora demasiado rápidamente, la superficie de la pasta se endurece; cuando el centro se va secando, la hebra es incapaz de ofrecer resistencia a la tensión y aparecen las grietas. El almacenaje con una humedad relativa inestable puede inducir grietas justo después de empaquetar.
 - Decoloración de la pasta con resultado de manchas y rayas.- Si son blancas, es probable que sea consecuencia de una hidratación no homogénea, debido a una insuficiencia de agua o a condiciones inadecuadas de mezclado y expulsión. Si son marrones, ocasionadas por las partículas de salvado no eliminado en la molienda. Si son negras, debido a que el trigo estaba atacado por tizón, que deja el pericarpio decolorado, o debido a los cuerpos del cornezuelo, que permanecen en el trigo después de la limpia.

- Características de textura: Es una característica de primordial importancia. Es la capacidad del producto para retener una buena textura al ser cocinado, esta característica se realizó tocando el producto manualmente.



Imagen 2. Pasta cruda

3.1.3.3.2 Evaluación de pasta cocida

Estos aspectos fueron evaluados personalmente al producto en condiciones normales de cocimiento sin preparación y posteriormente se evaluó por personas ajenas al proyecto a manera de platillo (degustación). Se tomaron en cuenta aspectos como:

- Firmeza: Representa el grado de resistencia a la primera mordedura y es sensorialmente definido como la fuerza necesaria para penetrar la pasta con los dientes.
- Cohesividad: Es la fuerza de las uniones internas que mantienen la estructura de la pasta.
- Elasticidad: Representa la capacidad de la pasta deformada para recuperar la forma inicial cuando se retira la fuerza deformante.

- Pegajosidad (o adhesividad): Es la fuerza con la que la superficie de la pasta cocinada se adhiere a otros materiales, por ejemplo lengua, dientes, paladar, dedos (Callejo, 2002).



Imagen 3. Pasta cocida

3.1.3.3.3 Prueba hedónica

Las pruebas hedónicas estuvieron destinadas a medir cuanto agrada o desagrada un producto. Para estas pruebas se utilizan escalas que tienen diferente número de categorías y que comúnmente van desde “me gusta muchísimo” hasta “me disgusta muchísimo”.

La población elegida para la evaluación debió corresponder a los consumidores potenciales o habituales del producto en estudio. Estas personas entendieron el procedimiento de la prueba y respondieron a ella. Fué una prueba sencilla de aplicar y no requirió de entrenamiento o experiencia por parte de los jueces.

3.2 Materiales

3.2.1 Materia prima y equipo para elaboración de la pasta

La materia prima fué adquirida en un centro comercial y un centro naturista, mientras que el equipo requerido para elaborar la pasta fué proporcionado en los LV 700 del ITSON Unidad Nainari. Estos incluyeron:

- Harina de trigo
- Huevos color amarillo intenso
- Agua purificada
- Harina de soya
- Espátula, bandeja chica de plástico, vaso de precipitado de 250 mL, charola de aluminio grande
- Balanza analítica digital marca OHAUS sin número de modelo a la vista
- Máquina formadora de pastas IMPERIA PASTA MACHINE
- Horno marca FELISA

3.2.2 Material, equipo y reactivos para el análisis de proteínas

Los materiales, equipo y reactivos para realizar los análisis de proteínas del producto final, fueron proporcionados por el laboratorio de análisis de agua, suelo, planta del ITSON Unidad Centro. Incluyeron:

- Matraces Kjeldahl de 800 mL
- Matraces Erlenmeyer de 500 mL
- Bureta de 25 mL
- Balanza analítica digital marca OHAUS, Modelo AP210
- Horno marca EQUATERM, Modelo 107801
- Equipo de digestión y destilación Kjeldahl, marca LABCONCO, Modelo 21232-c2
- Material usual de laboratorio
- Reactivos:
 - ✓ Acido sulfúrico concentrado (93-95%)
 - ✓ Sulfato de potasio
 - ✓ Sulfato cúprico en cristales
 - ✓ Solución de hidróxido de sodio al 45%
 - ✓ Solución de ácido bórico al 4%
 - ✓ Solución de H_2SO_4 0,1N
 - ✓ Solución del indicador mixto
 - ✓ Zinc malla 20

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Interpretación de resultados

Para la realización del presente estudio fué necesario elaborar el producto normal y a diferentes concentraciones de soya realizando varias corridas, evaluando posteriormente el contenido de proteínas y características sensoriales, para de esta manera realizar comparaciones entre las diferentes pastas elaboradas y seleccionar el producto más conveniente.

4.1.1 Caracterización de la pasta por análisis sensorial (a 50%, 30%, 20% de soya y pasta normal) obtenida en el laboratorio

Las condiciones óptimas del proceso de elaboración de pasta fueron una temperatura de 80° C y un tiempo de 6 horas. Los resultados darían pastas con diferentes características evaluando por ello cada una de éstas para tomar una decisión. La variación del producto depende de la cantidad de soya agregada a cada mezcla, es decir, que influyó directamente en el valor nutricional que adquiriera cada pasta y las características sensoriales finales. Como resultado en la elaboración del producto normal y con diferentes porcentajes de harina de soya se obtuvo una pasta seca con las siguientes características sensoriales:

Tabla 1. Pasta normal:

Característica	Descripción
Color	Amarillo
Olor	Casi sin olor, un poco a harina

Sabor	Ligeramente a harina
Textura	Firme y lisa

Tabla 2. Primera formulación (50% de harina de soya):

Característica	Descripción
Color	Café medio
Olor	Olor característico a soya
Sabor	Sabor a soya con harina
Textura	Dura y rugosa

Tabla 3. Segunda formulación (30% de harina de soya):

Característica	Descripción
Color	Café claro
Olor	Olor característico a soya y harina ligeramente
Sabor	Sabor a harina y soya seca
Textura	Firme y muy poco rugosa

Tabla 4. Tercera formulación (20% de harina de soya):

Característica	Descripción
Color	Amarilla
Olor	Olor característico a harina y poco olor a soya
Sabor	Sabor a harina
Textura	Firme y casi lisa

Los anteriores resultados indicaron que para cada pasta de diferente formulación había variaciones en las características sensoriales, sin embargo, no solo con estas características fué posible seleccionar el mejor producto ya que se tomó en

cuenta el aumento proteínico de cada pasta y de esta manera se realizó una comparación entre ambos factores para posteriormente se tomar una decisión.

4.1.2 Resultados de los análisis de proteínas

Después de evaluar las características sensoriales (pasta seca) anteriores, se procedió a realizar los análisis para determinación de proteína en cada pasta. En cuanto a los resultados de dichos análisis proteicos usando el método *Kjeldahl* (955.04 A.O.A.C 16 th. Ed), se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 5. Porcentajes obtenidos en los análisis de cada pasta

Formulación de la pasta	% de proteína pasta de soya	% de proteína pasta normal
Primera formulación (50% de harina de soya)	33, 96 %	13 %
Segunda formulación (30% de harina de soya)	25, 40 %	
Tercera formulación (20% de harina de soya)	23,19 %	

Los valores obtenidos (Tabla 5) indicaron que a mayor concentración de harina de soya mayor es el porcentaje de proteínas que contiene el producto. La primera formulación (50% soya) mostró un aumento elevado en el contenido proteico a diferencia de la segunda (30% soya) y tercera (20% soya) formulación, las dos últimas mezclas cuentan con una diferencia mínima entre ambas en comparación con la primera. Se compararon los resultados de pasta enriquecida con pasta normal, y se observó que el contenido de proteínas aún en el porcentaje más bajo de soya, aumentó casi el doble.

4.1.3 Selección de la pasta

Tomando en cuenta las características sensoriales de las pastas elaboradas (Tabla 1-4) y los resultados en los análisis de proteínas (Tabla 5), se realizó una comparación entre ambos parámetros y se procedió a tomar una decisión en cuanto al producto considerado como el mejor.

La harina de soya logró aumentar la concentración de proteínas. Las cantidades de soya establecidas tenían la finalidad de que la pasta enriquecida no cambiara significativamente sus características organolépticas y a la vez que la cantidad de proteínas que aportara a la dieta cubriera un porcentaje significativo que los requerimientos promedio.

El elaborar una pasta normal permitió comparar características y valores proteínicos con la pasta enriquecida, de esta forma seleccionar con mayor facilidad el producto requerido. Esta pasta presentó un color amarillo deseable, un olor y sabor a harina ligeramente, una textura firme y lisa y mostró un porcentaje de proteínas de 13% correspondiente a una pasta normal.

- ✓ La incorporación de harina de soya al 50% en 100 g de masa mostró el porcentaje de proteínas más elevado con un 33,96%, sin embargo, a pesar de ser la mas elevada en cuanto a proteínas sus características visuales no son muy aptas para este tipo de productos. Muestra un color café medio indeseable para pastas, el olor y sabor se inclinan más hacia la soya y su textura es dura y rugosa, lo cual indicó que al momento de cocinar el producto éste no presentó las mejores características para hacerlo apetecible a las personas.
- ✓ En la segunda formulación de 30% de harina de soya en 100 g de masa se presentó un porcentaje de 25,40 de proteínas en la pasta, menor porcentaje que la primera formulación pero con mejores características sensoriales. Es decir, que aunque su porcentaje de proteínas no es el más elevado su aspecto visual es mejor, mostrando un color café claro, un olor y sabor a harina con soya y una textura firme y con poca rugosidad.

- ✓ Por último, la tercera formulación mostró 23,19 de porcentaje en proteínas, no tan elevado como la primera formulación pero si muy semejante a la segunda formulación y con mejores características visuales que esta, su color es amarillo deseable, el olor y sabor se inclinó más hacia la harina y su textura es lisa y firme, lo cual indicó que al momento de cocinar la pasta su aspecto puede disimular el enriquecimiento con soya y presentar características apetecibles.

Por las comparaciones anteriores de cada pasta, se puede decir que la diferencia en contenido de proteínas entre la primer formulación y las dos formulaciones posteriores van de 8,56% y 10,77% respectivamente, son altas, sin embargo, la diferencia entre la segunda y tercera formulación es muy poca solo 2,21%. Este valor y el aspecto visual se inclinaron a seleccionar como mejor opción la tercera formulación, ya que es la que contó con las mejores características sensoriales y su diferencia de proteínas entre la anterior formulación es mínima. La primera formulación quedó descartada casi inmediatamente por las características sensoriales que presenta ya que éstas fueron indeseables, y se puede decir que no solo por el hecho de poseer el mayor contenido proteico será la mejor opción. Por lo tanto, la pasta seleccionada fué la *tercera formulación (20% soya)*.

4.1.4 Propiedades sensoriales del producto cocido sin preparación

Una vez ya seleccionada la tercera formulación (20% soya) considerando que fué la que contaba con las mas convenientes características sensoriales y aumento en el contenido proteico, se procede a cocer el producto aún sin preparación con otros ingredientes, posteriormente se evaluaron aspectos como firmeza, cohesividad, elasticidad y pegajosidad. Evaluaciones que nos permitieron comparar parámetros establecidos para pastas con los obtenidos en el producto.

Tabla 6. Evaluación de la pasta cocida

Pasta	Aspecto a evaluar	Descripción
<i>Tercera formulación (20% soya)</i>	Firmeza	Pasta blanda
	Cohesividad	Alta cohesividad de la pasta
	Elasticidad	Poca elasticidad
	Pegajosidad	No hay pegajosidad

En la tabla 6 se presenta la evaluación de la pasta cocida sin ingredientes, se observó que la firmeza de la pasta es buena por ser blanda al momento de morderla, su cohesividad fué alta ya que hay uniones internas de la pasta que mantienen su estructura y no permitieron que ésta se desmorone, la elasticidad fue escasa debido a que la soya no permitió que sea una pasta con capacidad de recuperar fácilmente su forma original al aplicarle fuerza, y finalmente no mostró pegajosidad en la boca o dientes al ser consumida. En general, los aspectos evaluados mostraron datos que hacen que la pasta fuera aceptable.

4.1.5 Aceptación del producto evaluando características sensoriales (degustación de platillo) mediante una escala hedónica

Para determinar el nivel de agrado de la pasta, se sometió a una prueba de aceptabilidad mediante una degustación a manera de platillo preparado, y posteriormente se evaluó el producto por cada participante. Para la evaluación se contó con el apoyo de 15 jueces no entrenados pertenecientes a diferentes sexos y edades (desde niños, adolescentes, adultos y ancianos).

Las personas que participaron en la prueba fueron seleccionadas al azar. Cada persona recibió una hoja con 10 preguntas (anexo 3) y dos posibles respuestas. Al momento de la prueba se les explicó a las personas lo que deberían hacer y se les entregó el platillo a degustar. El platillo que degustaron fue preparado de la siguiente manera:

Ingredientes:

- Pasta enriquecida con soya
- 1 lata de media crema
- 1 lata de elotes
- 4 chiles verdes
- Pimienta molida al gusto

Preparación:

1. Hacer la pasta siguiendo las instrucciones normales de cocimiento
2. Tatemar los chiles verdes y limpiarlos
3. Mezclar en la licuadora la media crema y los chiles tatemados (previamente limpios de semillas) con un poco de pimienta molida
4. En un recipiente hondo agregar la pasta cocida y la mezcla anterior
5. Agregarle la lata de elotes
6. Servir al gusto



Imagen 5. Presentación final del platillo

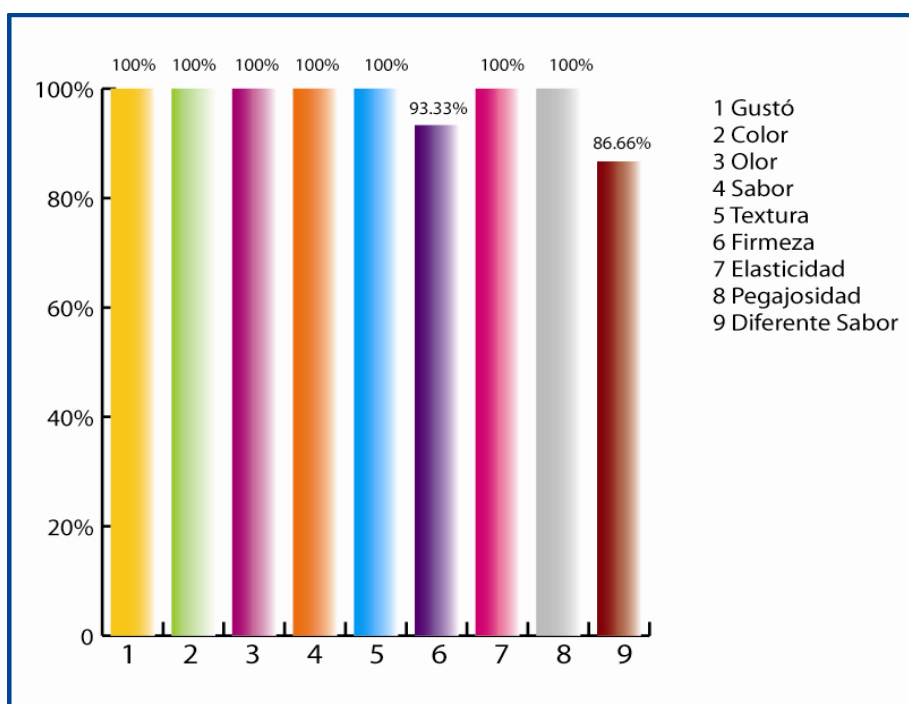
Los datos obtenidos de la prueba de aceptabilidad fueron analizados y se presentan en la tabla 7 mostrando los resultados de la evaluación sensorial aplicada al platillo preparado, la mayoría de los jueces calificaron las propiedades de la pasta con la mayor puntuación a pesar de que ésta bajó en solo dos características sensoriales.

Tabla 7. Resultados de la evaluación de la pasta preparada

Propiedades	Aspecto positivo (Característico) (%)	Aspecto negativo (No característico) (%)
Gustó la pasta	100	0
Color	100	0
Olor	100	0
Sabor	100	0
Textura	100	0
<i>Firmeza</i>	93.33	6.67
Elasticidad	100	0
Pegajosidad	100	0
<i>Diferente sabor</i>	86.66	13.34
Promedio	97.77	2.22

Si representamos los resultados anteriores de la evaluación de la pasta preparada de manera de gráfica, tenemos:

Gráfica 1. Preferencia del producto alimenticio



En la grafica 1 se muestran los resultados en cuanto al agrado del producto para los jueces. Las pastas presentaron un puntaje alto de aceptación entre los consumidores, es decir, la incorporación de harina de soya en la fórmula para elaborar pasta normal de harina de trigo fué una buena alternativa para proporcionar proteínas en este tipo de alimentos variando mínimamente las características sensoriales.

Por lo anterior, la pasta enriquecida con soya tuvo una buena aceptabilidad a pesar de que algunos parámetros a evaluar no aportaron datos positivos, el gusto por el producto no mostró diferencias significativas entre los jueces de diferentes sexos y edades.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Una vez finalizada la parte experimental y la evaluación final del producto, se concluye lo siguiente:

- ✓ Es posible fortificar pasta de harina de trigo con soya (20%) sin alterar significativamente las características organolépticas del producto final comparadas con un producto normal.
- ✓ Aumentó el contenido de proteínas de la pasta enriquecida con soya de 13% a 23,19%, es decir, hubo un aumento de casi el doble del contenido proteico entre de una pasta normal y ésta pasta.
- ✓ La pasta enriquecida con soya tuvo buena aceptabilidad para todo tipo de población evaluada sin importar edad y sexo.
- ✓ La pasta enriquecida podría ser una de las alternativas para las personas que no consumen soya directamente como una gran fuente de proteínas de origen vegetal y para aquellas personas que son alérgicas a alimentos ricos en proteínas como leche y huevos.

5.2 Recomendaciones

- ✓ Realizar encuestas a la población sobre el gusto por la soya y su consumo como parte de su dieta diaria.

- ✓ Orientar a las personas sobre el consumo de alimentos ricos en proteínas de origen vegetal.
- ✓ Dar a conocer el producto a la mayor parte de la población que sea posible.

LITERATURA CITADA

- Badui, D. S. 2006. Química de los Alimentos. 4 Edición. PEARSON. México, DF. pp 633-648
- Callejo, M. 2002. Industrias de cereales y derivados. MUNDI-PRENSA. Madrid, España. pp 299-312
- Fisher, C y Scott, T. 1997. Flavores de los alimentos, biología y química. ACRIBIA. Zaragoza, España. pp. 139-140.
- Jay, J. M. 2000. Microbiología moderna de los alimentos. 4 Edición. ACRIBIA. Zaragoza, España. pp. 157-158.
- Kill, R. C. y Turnbull, K. 2001. Tecnología de la elaboración de pasta y sémola. ACRIBIA. Zaragoza, España. pp. 3-11, 228-234.
- Man, D. 2002. Caducidad de los alimentos. ACRIBIA. Zaragoza, España. pp.32.
- Castella, (2002). La pasta. (<http://www.opcions.org/pdf/op1cast-pasta.pdf>)
- Fundación Eroski, 1999, Pasta seca: spaghettis normales y con huevo los baratos, la mejor elección, **Revista Consumer Eroski**, No. 22. (<http://revista.consumer.es/discapitados/es/19990501/actualidad/analisis> 1/)
- Merino, C. 2003. El efecto de la temperatura sobre factores antinutricionales presentes en la pasta de soya. Tesis de Ingeniero Biotecnólogo. Instituto Tecnológico de Sonora, Cd. Obregón, Sonora, México. pp 23

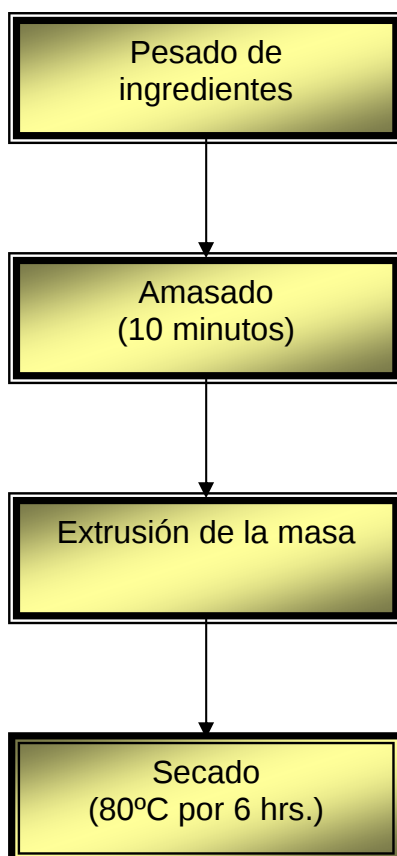
Piscoya, M. C. 2002. Formulación, elaboración y prueba de aceptabilidad de pan francés fortificado con calcio en dos concentraciones diferentes. Tesis de Licenciada en Nutrición. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. pp 22

NMX-F-608-NORMEX-2002.ALIMENTOS -DETERMINACION DE PROTEINAS EN ALIMENTOS - METODO DE PRUEBA (CANCELA A LA NMX-F-068-1980). Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 03/05/02 (http://www.mexicocalidadsuprema.com/docs/pliegos/PC_019_2004_Mole.pdf)

<http://www.usc.es/caa/MetAnalisisStgo1/cereales%20y%20derivados.pdf>

ANEXOS

Anexo 1. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE PASTA UTILIZADO



Anexo 2. Fotografías tomadas durante la parte experimenta y la degustación final:

Figura 1



Figura 2



Figura 1 y 2. Proceso de elaboración de la pasta enriquecida con soya.

Figura 3



Figura 4



Figura 3 y 4. Pastas en diferente presentación (tallarines y espiral)

Figura 5



Figura 6



Figura 5 y 6. Pasta lista para secar y pastas en sus diferentes porcentajes ya seca

Figura 7



Figura 8



Figura 7 y 8. Pasta cocida

Figura 9



Figura 10



Figura 9 y 10. Platillo a degustar

Figura 11



Figura 11. Degustación del platillo

Anexo 3. Encuesta: EVALUACION SENSORIAL DE LA PASTA**1. ¿Le gustó la pasta evaluada?**

- ☐ Si me gusta
☐ No me gusta

2. ¿Cómo observó el color de la pasta?

- ☐ Buen color como de pasta común
☐ Mal color o diferente a la pasta común

3. ¿Cómo evalúa el olor de la pasta?

- ☐ Agradable y ligero olor
☐ Desagradable o fuerte olor

4. ¿Cómo define el sabor de la pasta?

- ☐ Buen sabor
☐ Mal sabor

5. ¿Cómo observó la textura de la pasta?

- ☐ Igual a pasta normal
☐ Diferente a pasta normal

6. ¿Cómo observó la firmeza (resistencia a la primera mordedura) de la pasta?

- ☐ Blanda
☐ Dura

7. ¿Cómo notó la elasticidad (capacidad de la pasta deformada para recuperar la forma inicial) de la pasta?

- ☐ Con elasticidad
☐ Sin elasticidad

8. ¿Cómo le pareció la pegajosidad (fuerza con la que pasta cocinada se adhiere a lengua, dientes, paladar, dedos) de la pasta?

- ☐ Pegajosa
☐ No pegajosa

9. ¿Notaste algún sabor diferente en pasta?

- ☐ Si
☐ No

10. En caso de que la respuesta anterior sea sí, ¿Cuál es?_____