

ÍNDICE

	Pag.
Índice general	i
Indice de figuras	v
Índice de cuadros	vi
1. Introducción	1
2. Antecedentes	4
2.1 Pastas para sopa	5
2.2 Definición de pasta	6
2.3 Pastas Alimenticias	6
2.3.1 Clasificación por su composición.	6
2.3.2 Clasificación por su forma	7
2.4 Tecnología existente para pastas alimenticias	9
2.4.1 Prensas o Extrusores	10
2.4.2 Esparcidores	11
2.4.3 Pre Secadores	12
2.4.4 Secadores	13
2.4.5 Humidificador	14
2.4.6 Enfriador	15
2.4.7 Reposo	16
2.4.8 Sierra separadora	17
2.5 Proceso de elaboración de pasta	18
2.6 Pruebas de calidad de pastas	19
2.7 Materias Primas	20
2.7.1 Amaranto	22
2.7.1.1 Origen	22
2.7.1.2. Aspectos históricos	23
2.7.1.3. Características generales del amaranto	24
2.7.1.4 La semilla de amaranto	27
2.7.1.5. Composición química	27
2.7.1.6 Harina de Amaranto	34

2.7.1.7	Comparación de la semilla de amaranto con los cereales	35
2.7.1.8	Características botánicas	36
2.7.2	Germinado de amaranto	37
2.7.2.1	Historia del Germinado	37
2.7.2.2	El proceso de la germinación	37
2.7.3	Garbanzo	40
2.7.3.1	Origen	40
2.7.3.2	Clasificación científica	40
2.7.3.3	Características botánicas	40
2.7.3.4	Valor nutricional	41
2.7.3.5.	Harina de garbanzo.	43
2.7.4	Trigo	44
2.7.4.1	Origen	44
2.7.4.2	Botánica	44
2.7.4.3	Valor nutricional	45
2.7.5	Zanahoria	47
2.7.5.1	Origen	47
2.7.5.2	Morfología y Taxonomía	47
2.7.5.3	Valor nutricional	48
2.8	Aspectos relacionados con la alimentación y nutrición.	49
2.8.1	Calidad de la proteína	49
2.8.2	Disponibilidad de los aminoácidos	51
2.8.3	Métodos químicos	52
2.8.4	Función biológica de los aminoácidos limitantes	53
2.8.5	Factores antinutricionales del amaranto	54
2.8.6	Tratamientos térmicos en el amaranto	56
2.8.6.1	Reventado	56
2.8.6.2	Extrusión	57
	Objetivos	58
3.	Metodología	61
3.1	Características de la materia prima	66

3.2	Acondicionamiento de las materias primas para la pasta	66
3.2.1	Obtención de germinado de amaranto	67
3.2.1	Obtención de harina de amaranto	67
3.2.2	Obtención de harina de garbanzo	68
3.2.3	Obtención de pulpa de hoja de amaranto	68
3.2.4	Obtención de la zanahoria deshidratada	68
3.2.5	Obtención de la harina de trigo	69
3.3	Diseño de las formulaciones o mezclas teóricas	69
3.4	Evaluación de las formulaciones teóricas	70
3.5	Selección de formulaciones teóricas	70
3.6	Preparación de formulaciones teóricas	70
3.6.1	Pruebas de precocimiento de la pasta base	71
3.6.2	Secado	72
3.6.3	Pruebas de rehidratación	72
3.7	Evaluación sensorial de las formulaciones	73
3.8	Selección de la formulación final	73
3.9	Estandarización del proceso	74
3.10	Análisis bromatológicos y microbiológicos	74
3.11	Listado general de equipos y reactivos utilizados	75
4.	Resultados	76
4.1	Pastas para sopa	77
4.2	Acondicionamiento de materias primas	78
4.2.1	Obtención de germinado de amaranto	78
4.2.2	Obtención de harina de amaranto	85
4.2.3	Obtención de harina de garbanzo	87
4.2.4	Obtención de pulpa de hoja de amaranto	90
4.2.5	Obtención de la zanahoria deshidratada	93
4.3	Evaluación de las formulaciones teóricas	96
4.4	Selección de formulaciones teóricas	97
4.5	Preparación de formulaciones teóricas	99
4.6.1	Pruebas de precocimiento de la pasta base	103

4.6.2	Pruebas de rehidratación	104
4.7	Evaluación sensorial de las formulaciones	105
4.8	Selección de la formulación final	106
4.9	Estandarización del proceso	108
4.10	Análisis bromatológicos y microbiológicos	109
	Conclusiones	111
	Bibliografía	113
	Anexos	117

ÍNDICE DE FIGURAS

Pag.

Antecedentes y Generalidades

Figura 2.1	Compilación de diferentes años de la producción anual de Pastas Alimenticias en México	5
Figura 2.2	Clasificación de las pastas según su forma	8
Figura 2.3	Esquema de una línea continua para la producción de pasta alimenticias	9
Figura 2.4	Diferentes tipos de prensas o extrusores para la producción de pastas	10
Figura 2.5	Separador de pasta después de haber sido extruida	11
Figura 2.6	Pre- secadores de pastas alimenticias	12
Figura 2.7	Secador de Pastas en la línea de producción	13
Figura. 2.8	a) Sistema Humidificador y b) sección de humidificación	14
Figura 2.9	Área de acondicionamiento de la pasta	15
Figura 2.10	Área de reposo de la pasta	16
Figura 2.11	Cortadora de pastas anterior a su empaque	17
Figura 2.12	Esquema general para la elaboración de pastas	18
Figura 2.13	Características botánicas del amaranto	26
Figura 2.14	Morfología de la semilla de Amaranto	28
Figura 2.15	Grafica comparativa del contenido de aminoácidos esenciales de Soya y Amaranto	29
Figura 2.16	Contenido de lisina en Amaranto en relación a otros granos	55

Materiales y Métodos

Figura 3.1	Esquema general del procedimiento empleado en la Investigación preliminar para el desarrollo de pastas para sopa.	61
------------	---	----

Figura 3.2	Aspectos considerados en el procedimiento resultante para el proyecto de la obtención de pasta precocida	63
Figura 3.3	Diagrama del proceso usado en la investigación para la obtención de la pasta precocida enriquecida	65
Resultados y Discusión de Resultados		
Figura 4.1	Porcentaje de proteína en el germinado de amaranto	80
Figura 4.2.	Contenido de lisina en germinado de amaranto	81
Figura 4.3	Proceso para la obtención de germinado de amaranto deshidratado	8
Figura 4.4	Proceso para la obtención de harina de amaranto	85
Figura 4.5	Proceso para la obtención de harina de garbanzo	87
Figura 4.6	Proceso para la elaboración de hoja de amaranto deshidratada y “fresca”	90
Figura 4.7	Proceso para la obtención de zanahoria deshidratada en trozos	93
Figura 4.8	Porcentaje de proteína contenido en las formulaciones	97
Figura 4.9	Computo químico de lisina de cada una de las formulaciones propuestas	98
Figura 4.10	Procedimiento final para la obtención de pasta base.	100
Figura 4.11	Nivel de agrado de las formulaciones evaluadas por jueces no entrenados	106
Figura 4.12	Porcentaje de proteína en FT-2 y FT-3	106
Figura 4.13	Esquema de estandarización del proceso final para la obtención de pasta precocida enriquecida	108
Figura 4.14	Porcentaje de proteína en la formulación FT- 3 y pastas comerciales	110

	ÍNDICE DE CUADROS	Pag.
Antecedentes y Generalidades		
Cuadro 2.1	Origen y usos del amaranto	22
Cuadro 2.2.	Composición química proximal del amaranto en comparación con otros cereales	29
Cuadro 2.3	Aminograma completo de la harina y semilla de <i>Amaranthus</i>	30
Cuadro 2.4.	Composición de aminoácidos esenciales de varias especies de semilla de amaranto. (gramos de aminoácido / 100 g de proteína)	31
Cuadro 2.5	Contenido de ácidos grasos en el aceite de amaranto. (por ciento de peso de aceite crudo hidrolizado)	32
Cuadro 2.6	Propiedades fisicoquímicas del almidón de trigo comparado con el almidón de <i>A. Hypochondriacus</i>	33
Cuadro 2.7	Contenido de minerales en la semilla de amaranto	34
Cuadro 2.8	Contenido de vitaminas en la semilla de amaranto. (mg de vitaminas/ 100 g de harina seca)	34
Cuadro 2.9	Análisis proximal de la harina integral de algunas semillas	35
Cuadro 2.10	Computo químico y valor calórico de algunos cereales y del amaranto	36
Cuadro 2.11	Valor nutricional de algunos germinados	38
Cuadro 2.12	Información de producción de germinados.	39
Cuadro 2.13.	Composición proximal del garbanzo	41
Cuadro 2.14	Comparación de aminoácidos esenciales del Garbanzo con el patrón FAO	42
Cuadro 2.15	Contenido en hidratos de carbono, en g /100 g de alimento comestible	42
Cuadro 2.16	Ácidos grasos en el garbanzo	43

Cuadro 2.17	Vitaminas y minerales contenido en 100 gr. de garbanzo	43
Cuadro 2.18.	Composición proximal del trigo	45
Cuadro 2.19.	Contenido de aminoácidos en el germen de trigo	46
Cuadro 2.20.	Valor nutritivo de la zanahoria en 100 g de sustancia comestible	48
Cuadro 2.21.	Contenido en aminoácidos esenciales y valor nutritivo de algunas proteínas alimentarias y patrón FAO 1973	50
Cuadro 2.22.	Función biológica de algunos aminoácidos esenciales.	54

Materiales y Métodos

Cuadro 3.1	Recetas diferentes para la preparación de pastas caseras	62
Cuadro 3.2	Diseño experimental para la germinación de semilla de amaranto	67
Cuadro 3.3	Formulaciones teóricas hechas para la elaboración de la pasta	69
Cuadro 3.4	Diseño experimental de precocimiento de las formulaciones de pasta	71
Cuadro 3.5	Diseño experimental para las pruebas de rehidratación de las formulaciones de pasta para sopa	72
Cuadro 3.6	Diseño experimental para la prueba de nivel de agrado de las formulaciones evaluadas	73
Cuadro 3.7.	Determinaciones químicas hechas a las pasta precocida con su respectivo método de prueba	74
Cuadro 3.8	Determinaciones microbiológicas hechas a la pasta precocida con su respectivo método de prueba	74

Resultados y discusión de resultados

Cuadro 4.1	Características de los productos obtenidos en 4 recetas de pastas caseras	77
Cuadro 4.2	Crecimiento en cm del germinado de amaranto incubado a diferentes tiempos y temperaturas.	79

Cuadro 4.3	Datos obtenidos de la evaluación de las formulaciones en “Mixteco”	96
Cuadro 4.4	Formulaciones seleccionadas preliminarmente	99
Cuadro 4.5	Cantidad de ingredientes en cada una de las formulaciones para obtener la pasta base.	99
Cuadro 4.6	Observaciones de la preparación de las formulaciones seleccionadas	101
Cuadro 4.7.	Diseño experimental de precocimiento de las formulaciones de pasta	103
Cuadro 4.8	Datos de las pruebas de rehidratación de las formulaciones de pasta	104
Cuadro 4.9	Datos de la prueba de nivel de agrado delas formulaciones evaluadas	105
Cuadro 4.10	Composición de la formulación FT- 3	107
Cuadro 4.11	Análisis proximal de la pasta precocida enriquecida	109
Cuadro 4.12	Análisis microbiológico de la pasta precocida enriquecida	109

INTRODUCCION

1. Introducción.

En el estado de Oaxaca la región Mixteca representa aproximadamente el 17 % del territorio estatal. De manera general, la Mixteca presenta grandes extensiones de zonas áridas y semiáridas, lluvias irregulares y un clima cálido semiseco. En el terreno social, la Mixteca se caracteriza porque un 65% de la población vive en el área rural en donde se manifiesta escasez de agua potable, prevalencia de enfermedades infecciosas y parasitarias, distribución inadecuada de alimentos y un elevado porcentaje de migración de sexo masculino. Esta población ocupa el segundo lugar a nivel nacional con mayores niveles de marginación y pobreza. [INEGI, 2000]

Debido a lo anterior uno de los principales problemas de la región Mixteca es la desnutrición severa. Diversos estudios indican que la población rural y urbana marginal en México, debido a su escaso poder adquisitivo, por lo general no ingiere productos cárnicos y lácteos (proteínas de origen animal) [SEDESOL, 2001], siendo la opción como fuente proteica los alimentos vegetales.

De los numerosos documentos que hacen referencia al amaranto se desprende que una nota distintiva de esta semilla es la cantidad y la calidad de la fracción proteica que la compone. [22,51]

En la Mixteca Oaxaqueña desde 1996 un grupo interdisciplinario de profesionistas conforman el Centro de Apoyo Comunitario Trabajando Unidos A. C., CACTUS A. C. (Organización No Gubernamental, ONG, no lucrativa, ajena a instituciones políticas y religiosas) inicio la promoción del cultivo de amaranto por las ventajas agronómicas que posee y por el potencial de alimentación que representa si los campesinos lo cultivan y lo utilizan para consumo propio. Dicho grupo indica que hasta junio de 2002 su actividad abarca a 45 comunidades de la Mixteca donde se practica el cultivo de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*), con una producción anual promedio de una tonelada de semilla por comunidad. [18] Desafortunadamente, toda la producción se destina para la venta y prácticamente no se tiene el habito de autoconsumo del amaranto.

Al considerar los antecedentes mencionados, en la Universidad Tecnológica de la Mixteca en el año 2001 se inicio el proyecto SIBEJ 20000501028 con el objeto de desarrollar productos con mayor aporte nutricio y menor costo.

En la etapa inicial de este proyecto se realizó un estudio de hábitos de alimentación en algunas comunidades de la Mixteca, de los resultados obtenidos se reporta un elevado consumo de pasta para sopa además en forma sorprendente un gran consumo de pastas precocidas de preparación rápida (instantáneas). Aunado a estos resultados se sabe que las pastas alimenticias se encuentran difundidas en diversos países y regiones del mundo y gozan de gran aceptación lo cual puede ser explicable por algunas características como: que pueden ser producidas en gran número de formas diferentes; se adaptan a diversos gustos, gracias a la facilidad de prepararlas con gran variedad de condimentos; tienen una prolongada vida de anaquel; tienen un tiempo de preparación corto, comprendido entre un intervalo de 15 y 30 minutos, dependiendo de la forma de la pasta además de un alto contenido calórico.

Es de sentido común comprender que debe adecuarse el consumo de alimentos conforme a la situación geográfica y social, para garantizar que la población de más bajos ingresos tenga acceso a una dieta variada, equilibrada nutritiva y barata.

Así mismo la aplicación de la Ingeniería de Alimentos proporciona una alternativa para desarrollar productos que en su momento mejoren la dieta de la población, faciliten y ayuden en la transportación y la conservación de los alimentos, además de otros beneficios.

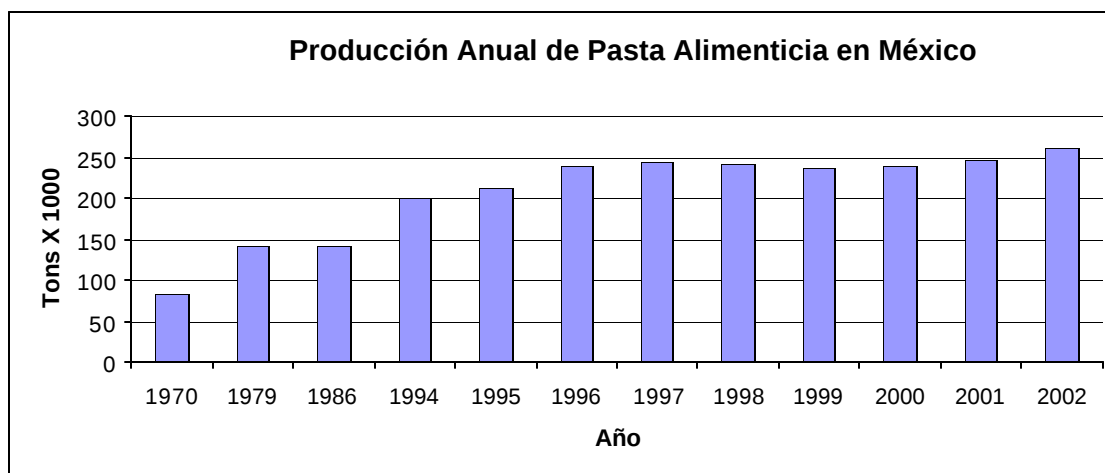
Tomando en cuenta lo anterior se decidió participar en el desarrollo de un producto de características similares a los que acostumbran consumir solo que con un mayor aporte nutricio. Así es como nace este proyecto del Desarrollo Tecnológico de un Producto Alimenticio de Preparación Rápida a base Pasta, Verdura y Germinado de Amaranto, orientado a la población de las comunidades productoras de Amaranto de la Mixteca.

2.

ANTECEDENTES.

2.1 Pastas para sopa.

Las pastas para sopa son un componente importante de la dieta de la población urbana y rural en nuestro país, principalmente la de bajos recursos y en especial de los niños. [9] La Unión Industrial de la Pasta Italiana (UNIPPI) aporta datos que corroboran su auge. La producción mundial anual de pasta supera ya los 10 millones de toneladas, según el Instituto de Estadística de Italia (INSTAT). La producción nacional de pastas alimenticias entre los años 1970 y 1986 se comportó de la siguiente manera: se incrementó de 84,900 toneladas en 1970 a 142,800 toneladas en 1979, en esos años el ritmo de crecimiento promedio anual alcanzó una tasa del 5.7 %. De 1979 a 1986 se ha mantenido una producción promedio anual de 144,000 toneladas. En la década de los 90's la producción se mantiene en aproximadamente en 158,000 toneladas, en el año 2000 la producción fue de 239,418 toneladas, en el 2001 de 247,897 toneladas, y para el año 2002 de 261,896 toneladas (Figura 2.1), en estos tres últimos años la tasa de crecimiento promedio anual fue de 4.3 %. [27] Aún a pesar de la crisis económica, este producto tiene una gran aceptación dadas sus características de bajo costo y larga vida de anaquel, además de su facilidad de preparación y gran variedad de presentaciones (formas y tamaños).



México.

2.2 Definición de pasta alimenticia.

De acuerdo con la Norma Mexicana MNX-F-023-NORMEX-2002 [43] se entiende por pasta alimenticia “al producto obtenido por el amasado mecánico de sémola, semolina o harinas, cualquiera de estas procedente en su totalidad de trigos duros con agua y otros ingredientes opcionales permitidos, moldeado, laminado o extruído y sometido o no a un proceso térmico de desecación”.

Las pastas adecuadas para el consumo, poseen un tono uniforme, son semitransparentes, duras, frágiles, con fractura casi vítrea; el olor y el sabor son especiales de pasta no fermentada.

2.3 Pastas Alimenticias

Clasificación

Las pastas alimenticias se pueden clasificar con base en su composición y en su forma.

2.3.1 Clasificación por su composición.

TIPO I. Pasta amarilla o blanca de harina de trigo y/o semolina para sopa.

Se entiende por este producto al elaborado por la desecación de las figuras obtenidas del amasado de semolina y/o harina de trigo, agua potable, ingredientes opcionales y aditivos permitidos.

TIPO II. Pasta de harina de trigo y/o semolina con huevo y *lo* ingredientes adicionales para sopa.

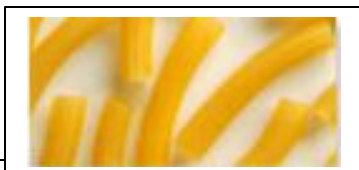
Se entiende por este producto al que cumple con lo señalado para el Tipo I y en su composición, debe tener no menos de 4.2% de sólidos de huevo entero o yema de huevo, o bien, 16.8 % de huevo entero líquido o yema de huevo líquida y los aditivos permitidos, exceptuando los colorantes artificiales y naturales.

TIPO III. Pasta de harina de trigo y/o semolina con vegetales (indicando cuales) para sopa.

Se entiende por este producto al que cumple con lo señalado para el Tipo I y contiene vegetales tales como: zanahoria, tomate, espinacas o betabel; en una cantidad no menor del 3% del vegetal deshidratado en el producto terminado, ingredientes opcionales y aditivos permitidos, exceptuando colorantes artificiales. [40,43]

2.3.2 Clasificación por su forma.

En la Figura 2.2 se muestra la clasificación de las Pastas Alimenticias de acuerdo a su forma.

LARGAS	HUECAS	* Macarrón		
	COMPACTAS	* Fideo	* Espagueti	
		* Tallarin	* Lasagna	
CORTAS	HUECAS	* Codo	* Plumilla	* Concha
	COMPACTAS	* Estrella	* Semilla de melón	Alfabeto
FANTASIA		* Hongo	* Almeja	* Corbata
				

Fuente: [40, 43]

Fuente: [40,43]

Figura 2.2 Clasificación de las pastas según su forma.

2.4 Tecnología existente para pastas alimenticias.

La pasta es un alimento pionero del proceso de globalización alimentaria. Hoy ocupa un lugar de liderazgo mundial distinguido por su alta calidad, sabor, valor nutritivo y bajo precio. Actualmente hay Tecnología para pasta de lo mas avanzado, existen plantas totalmente automatizadas, se han madurado experiencias en centros de investigación de compañías productoras de maquinaria y pasta, basados en métodos Italianos tradicionales de pastificación, donde el producto era sometido de una manera empírica a fases alternas de secado y estabilización, estos métodos se han comprendido totalmente, de tal forma que se puede producir pasta de manera continua, estabilizando las condiciones rigurosamente controladas, se puede modificar los tratamientos térmicos como se deseen, lo que permite que se obtengan características organolépticas deseadas, una amplia gama de formas y una reducción en tiempos de procesamiento.[40] Un ejemplo de este tipo de líneas es la mostrada en la Figura 2.3, que tiene algunas ventajas como: Mejoras en la función de cocimiento; mejora el color de las pastas; se puede obtener una alta gama de formas del producto; mejora la energía de salida; tiempos de transformación reducidos; facilita el mantenimiento de la planta; mayor confiabilidad de la planta. Reduce los requerimientos de espacio.

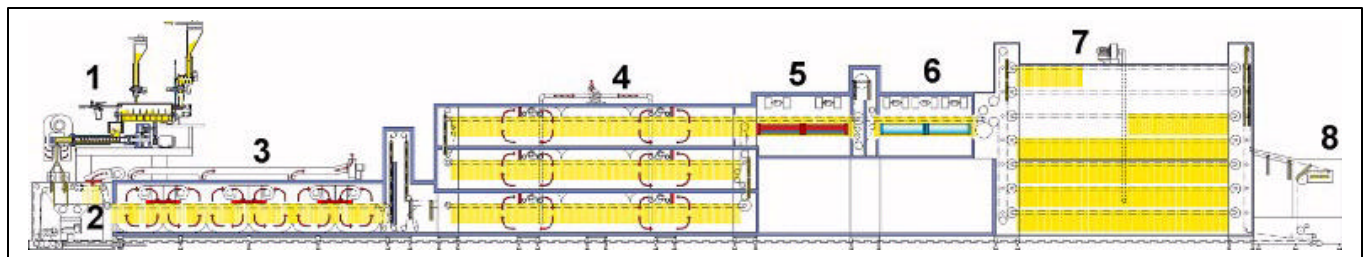


Figura 2.3. Esquema de una línea continua para la producción de pasta alimenticias.

- | | | |
|----------------------|----------------------|------------------|
| 1. Prensa o Extrusor | 2. Esparcidor | 3. Pre-secador |
| 4. Secador | 5. Humectador | 6. Refrigerador. |
| 7. Almacenaje. | 8. Unidad separadora | |

2.4.1 Prensas o Extrusores.

Antes de pasar al extrusor las materias primas son premezcladas en una centrífuga. La alta velocidad y los tiempos cortos de proceso garantizan una perfecta homogenización. Los extrusores son las maquinas que permiten darle a la masa la forma de la pasta deseada. La dimensión principal del extrusor permite una velocidad de la protuberancia y temperatura tales que evitan la tensión mecánica y térmica en el gluten, la ergonomía de la máquina favorece todas las operaciones de uso y de mantenimiento. Por lo que es importante el diseño del extrusor de acuerdo a la forma de pasta necesitada.

Existe una diversidad de extrusores, en cuanto a tamaños y capacidad de producción, algunos de estos se muestran en la Figura 2.4.

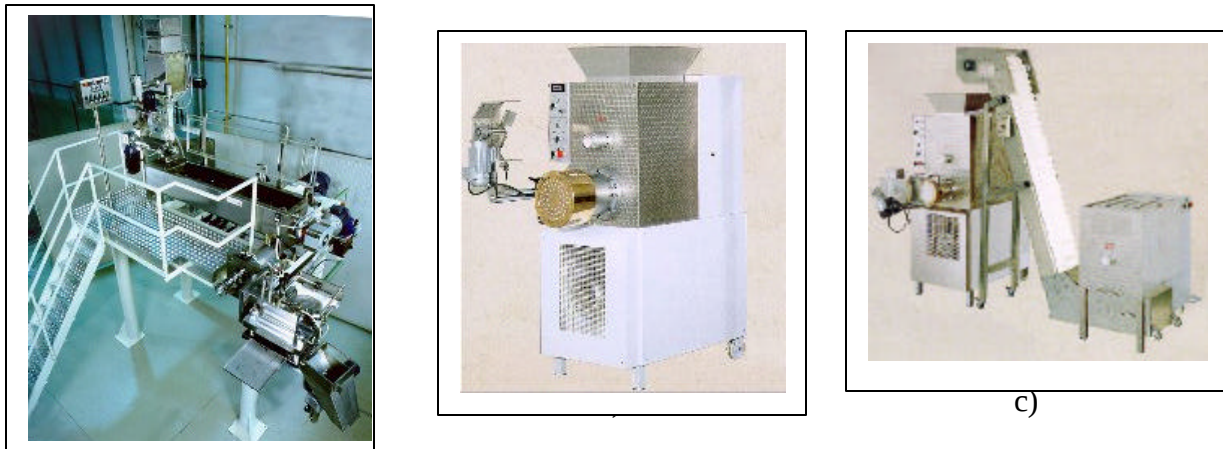


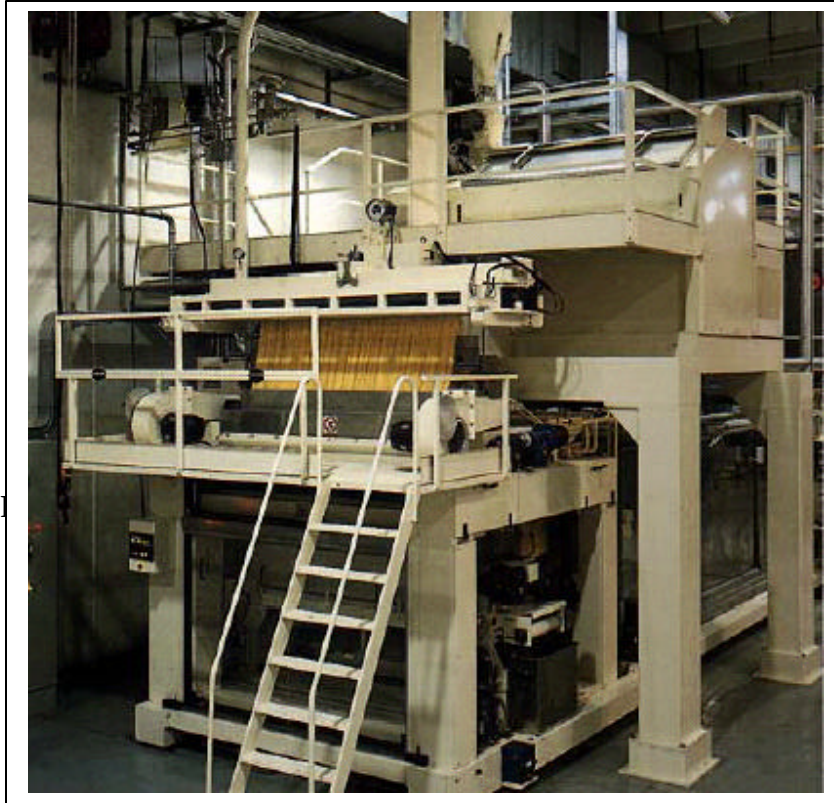
Figura 2.4 Diferentes tipos de prensas o extrusores para la producción de pastas.

A continuación se menciona la capacidad de producción de los extrusores continuos para la producción de pastas alimenticias mostrados anteriormente.

- a) Rango de producción: 140 - 2200 kg/h
- b) Producción : hasta 250 kg/h
- c) Producción: hasta 150 kg/h

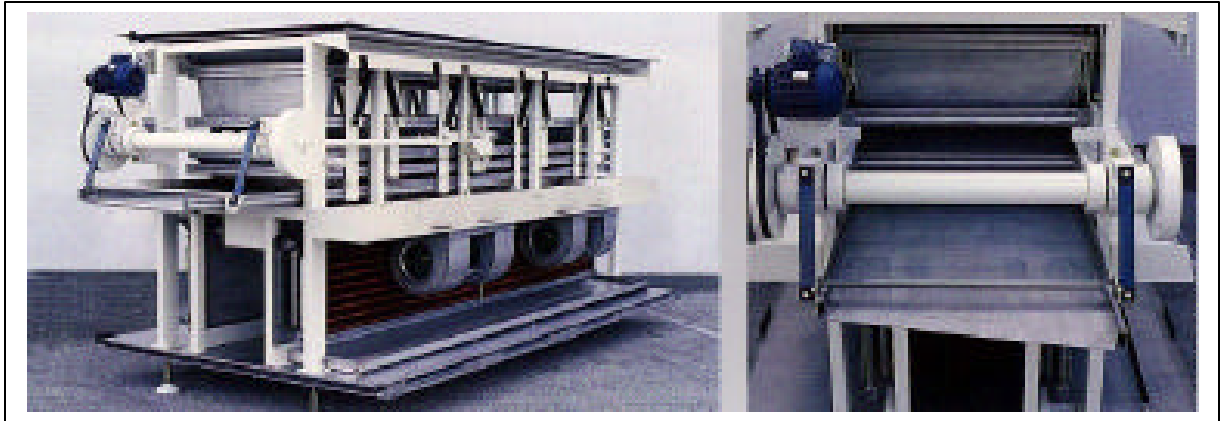
2.4.2 Esparcidores.

Los esparcidores son maquinas que distribuyen los hilos (hilos se entiende por pasta larga como el espagueti), con el fin de que no se apelmacen y tener la superficie de estos disponible a los tratamientos. En modelos de esparcidores simples y múltiples, se han adoptado características particulares que consienten: la distribución correcta de los hilos de las pastas (y por lo tanto de una uniformidad importante en el tratamiento); ausencia de estiramiento del producto; y reducción considerable de desechos.



2.4.3 Pre Secadores

La nueva tecnología de pre secadores proporciona la elevación de temperatura en muy corto tiempo, asegurando la obstrucción de la actividad enzimática y el desarrollo de la flora bacteriana. Se obtiene la mejora en el color y cocimiento. El pasar por encima el umbral de 84 °C cuando la humedad del producto está debajo del 20% se evita cualquier peligro de gelatinización del almidón.



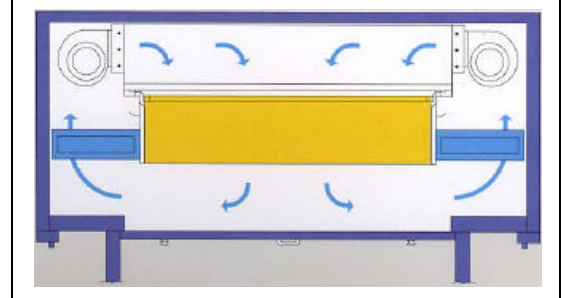
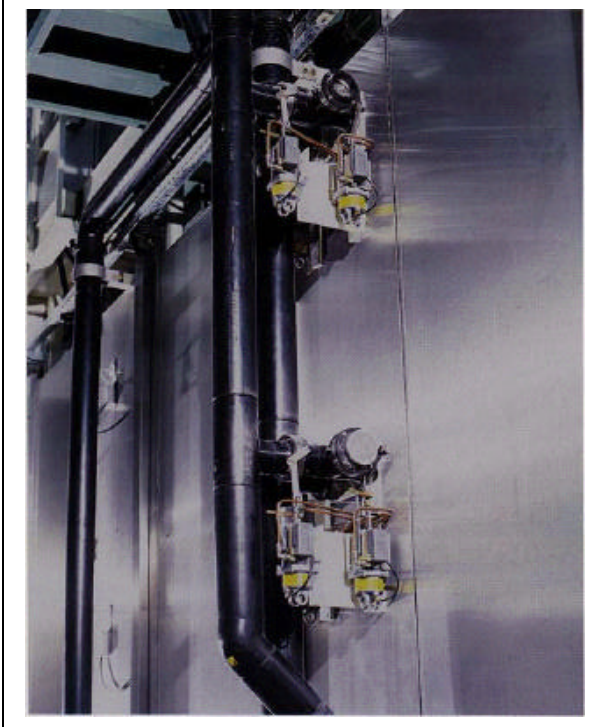
2.4.4 Secadores.

La pasta se somete a un secado con duración de 8 a 62 horas dependiendo del producto, procurando mantener una humedad relativa dentro del secador de 60%. En la Figura 2.7 se muestra una maquina que es integrada por tres gradas claramente separadas; cada grada se compone de zonas de condiciones termohigrometricas rigurosamente controladas. Las condiciones de secado preestablecidas se obtienen sin inyecciones de vapor. Los materiales de construcción son de acero inoxidable AISI 304, que garantiza el saneamiento absoluto que evita cualquier contaminación causada por “sarro” u otra causa.



2.4.5 Humidificador.

El humidificador favorece una redistribución de la humedad residual dentro de las pastas, eliminando tensiones residuales. Esto nos sirve para mantener una óptima humedad relativa dentro del secador.



cción de humidificación.

2.4.6 Enfriador.

El uso de radiadores en el enfriador permite un control termohigrometrico óptimo, y un producto estable, refrescado de manera homogénea listo para un empaquetado inmediato.



Figura 2.9 Área de acondicionamiento de la pasta.

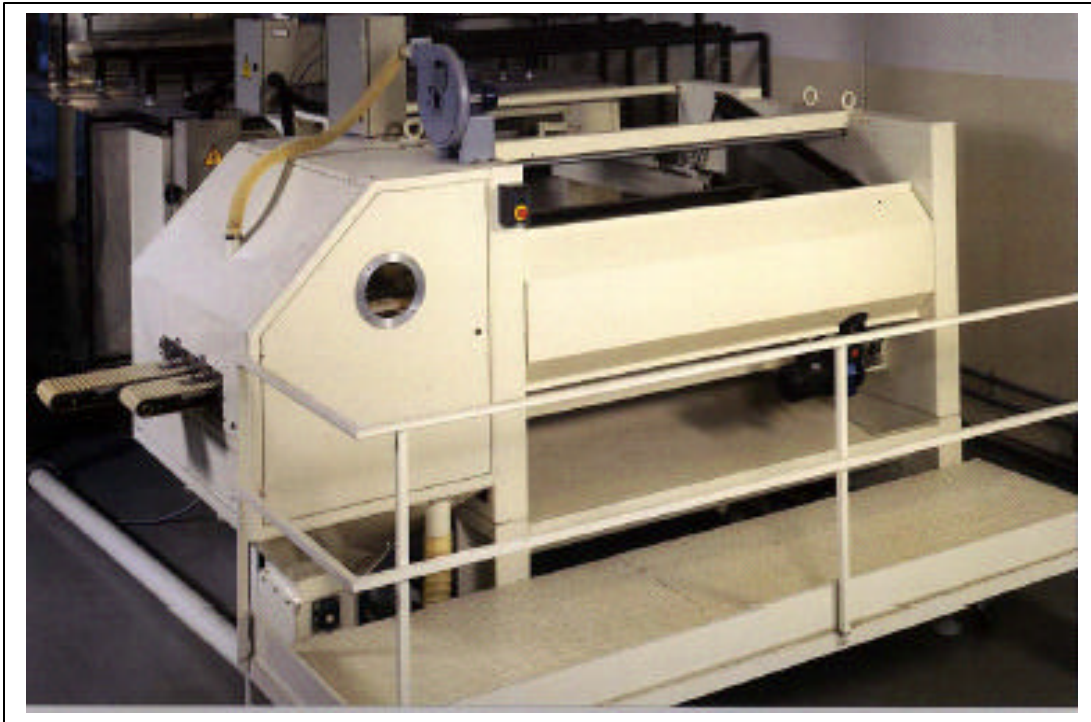
2.4.7 Reposo.

Considerando la estabilidad final del producto fuera del enfriador, la sección de reposo no requiere el condicionamiento y realiza la simple función del almacenaje temporal. Las fases de carga y descarga son reguladas por las secuencias automáticas basadas en la lógica programable preestablecida por el usuario.



2.3.8 Sierra separadora.

Las pastas en forma de hilos, se cortan y están listas para empaquetarse. La cortadora tiene velocidad ajustable, esto tomando en cuenta el tratamiento de las diferentes formas de pasta. Se recuperan los desechos, y se regresan al inicio del proceso.



2.5 Proceso de elaboración de pasta.

A continuación se muestra un esquema general de elaboración de pasta. [42]

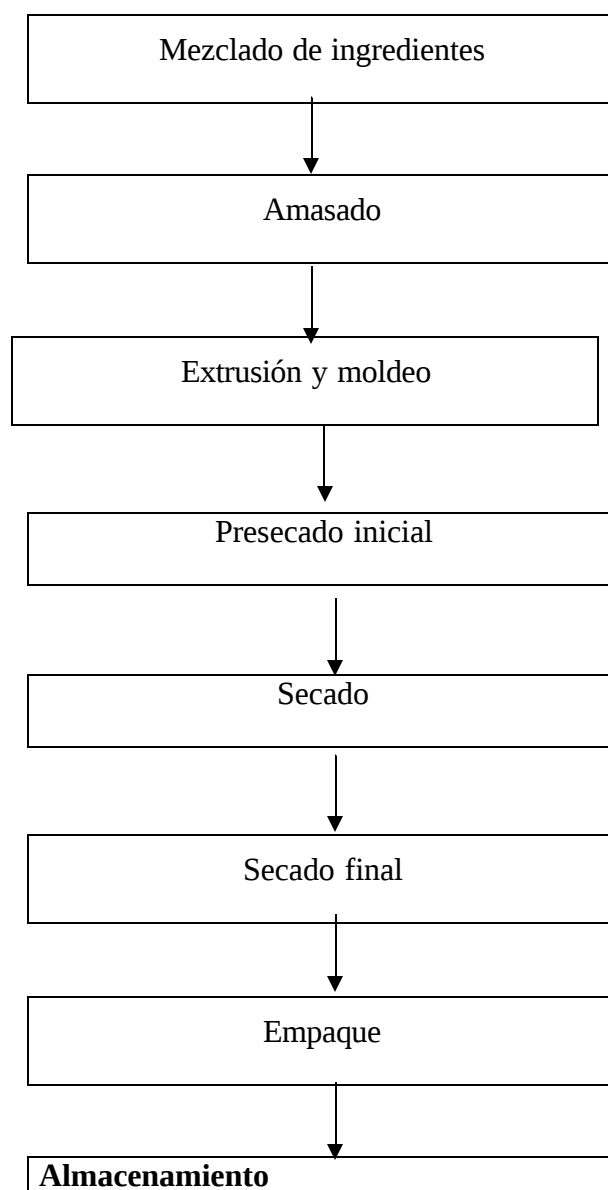


Figura 2.12. Esquema general para la elaboración de pastas.

En el mundo, también se consume pasta fresca, que es la pasta cocinada sin haber sido secada, de tal manera que los procesos de secado son opcionales.

Los pasos del proceso pueden tener variaciones dependiendo de la industria y de la tecnología que se disponga.

2.6 Pruebas de calidad de pastas.

Los parámetros evaluados para determinar la calidad de los productos de pasta son: a) color, b) resistencia de las pastas a la ruptura, c) calidad de cocimiento de las pastas.

a) Color.

Los productos de pasta deben tener aspecto transparente, suave y libre de burbujas, el color varía de amarillo intenso a café oscuro o a un blanco grisáceo, dependiendo de la calidad de la harina o semolina. [54]

Una pasta de color amarillo intenso se obtiene de semolina con un elevado contenido de carotenos y una baja actividad lipoxidasa, que ha sido molida a un grado de extracción relativamente bajo (60-65%). Conforme se utilizan grados de extracción de harina o semolina mayores, el color se vuelve cada vez más pardo.

Una pasta de color blanco grisáceo se obtiene con una semolina de bajo contenido de carotenos y elevada actividad lipoxidasa que se ha sometido a una molienda de alto o medio grado de extracción. Harinas o semolinas con estas características generales se obtienen a partir de algunos trigos duros y de la mayoría de los trigos panaderos.

b) Resistencia de las pastas a la ruptura.

La prueba de resistencia de las pastas a la ruptura, se realiza generalmente en forma manual siendo por lo tanto una prueba subjetiva. [54]

Diversos reportes describen la aplicación de maquinaria especial para registrar la resistencia a la ruptura sin embargo, dada la pobreza en cuanto a la reproducibilidad de los resultados de este tipo de prueba, su uso se limita en establecer una relación entre los

resultados de la prueba de resistencia a la ruptura y otros factores, secado, daño al gluten durante el amasado y formado y granulometría.

Una pasta elástica y fuerte, indica por lo general que el producto fue bien procesado y de relativamente alto contenido de proteínas.

c) Calidad de cocimiento de las pastas

La prueba para evaluar la calidad de cocimiento de las pastas, generalmente se realiza utilizando, una cantidad determinada de pasta seca y agua, manteniéndose una temperatura constante.

La prueba implica la medición del porcentaje de hinchamiento, de sedimento y del tiempo de cocimiento. Este último parámetro se determina examinando muestras del producto tomadas a diversos tiempos presionándolos entre dos vidrios de reloj hasta la desaparición de la veta opaca central o hidratación total del almidón. A este tiempo se determina el porciento de hinchamiento y sedimento. Posteriormente se determina el sobrecocimiento o el tiempo de desintegración de la pasta. [54]

Las pastas elaboradas con trigos cristalinos de diversos orígenes presentan pequeñas diferencias en cuanto a los parámetros de calidad de cocimiento siendo éstas más acusadas cuando los productos son elaborados con trigos suaves panaderos. [31]

2.7 Materias Primas.

Las materias primas utilizadas para elaborar las pastas alimenticias son: harina de trigo y semolina, siendo éstas diferentes grados de molienda del trigo. Al mezclarse con los demás ingredientes y el agua, deben prestarse a un amasado fácil y a un procesamiento en las prensas y en los secadores eficiente, para rendir un producto suave y mecánicamente fuerte, de color uniforme. Cuando el producto se cuece en agua hirviendo, debe conservar su forma sin romperse o resquebrajarse. El agua de cocimiento debe quedar relativamente libre de almidón y el producto debe ser resistente a la desintegración debida al sobrecalentamiento. [40]

Con la harina de trigo se logra una pasta seca, mecánicamente resistente al rompimiento, suave y de un color amarillo claro. La pasta seca elaborada de semolina no es tan fuerte mecánicamente y no tiene un color uniforme. El producto de la semolina toma más tiempo para el cocimiento y es más resistente al sobrecocimiento que el producto elaborado con harina, y produce menos turbidez en el agua de cocimiento. Las pastas elaboradas con mezclas de semolina y harina tienen propiedades intermedias a las elaboradas solamente con harina o semolina. La absorción de agua de la harina es mayor que la de semolina, de tal manera que los productos elaborados con harina requieren de un mayor tiempo de secado que los productos elaborados con semolina. Hay mayor pérdida de velocidad de extrusión de la prensa continua cuando se usa harina, por lo que disminuye la producción con el empleo de ésta. El agua que se usa en la elaboración de pastas alimenticias tiene que ser potable, y deben descartarse las aguas duras que contengan tierra, cal y silicatos porque producen en la pasta oscurecimiento, desagradable sabor y las tornan deficientes y frágiles. [40]

Hay que eliminar también las aguas salobres y que contengan cloruros de magnesio, porque, siendo higroscópicos, impiden la completa desecación de las pastas. Además, las pastas hechas con esas aguas, si bien llegan a secarse en un periodo de tiempo más largo, se corre el riesgo de que se favorezca el desarrollo de mohos. [26]

Los aditivos que se le pueden agregar a las pastas para sopas son los permitidos por la Secretaría de Salud, dentro de los límites que señale y de acuerdo con el tipo de producto que se trate. Podemos mencionar entre los mas empleados a:

Colorantes naturales o artificiales: El empleo de los colorantes, ya sea naturales o artificiales, se permite únicamente en las pastas que no presentan huevo en su formulación.

Fosfato Disódico: Utilizado para inhibir el enranciamiento en cantidad no mayor de 1% en el producto terminado.

Monoestearato de glicerilo: Se le utiliza como surfactante, así como para mejorar la textura del producto. Evita la formación de grumos y confiere una apariencia muy agradable al producto terminado. La cantidad máxima el producto terminado es de 2% en peso. [42]

2.7.1 Amaranto.

2.7.1.1 Origen

Existen evidencias arqueológicas que indican que la semilla del amaranto es originaria de América y que fue uno de los alimentos más importantes en el México prehispánico. Sin embargo otros datos acercan de su origen dan pauta para aseverar que algunas especies son nativas de Europa, Asia Africa y Australia. (Cuadro 2.1)

Cuadro 2.1 Origen y usos del amaranto.

Especies	Origen	Como se encuentra	Usos
<i>A. blitum</i>	Asia	Cultivado	Vegetal, ornamental
<i>A. caudatus</i>	Sudamérica (los andes)	Cultivado	Grano, Vegetal, Ornamental
<i>A. cruentus</i>	Guatemala	Cultivado	Grano, Vegetal
<i>A. dubius</i>	Sudamérica	Maleza, cultivado	Vegetal
<i>A. hybridus</i>	Sudamérica	Maleza	Vegetal
<i>A. hyphocondriacus</i>	México	Cultivado	Grano, Vegetal
<i>A. retroflexus</i>	Norteamérica	Maleza	Vegetal
<i>A. spinosus</i>	Asia	Maleza	Vegetal
<i>A. tricolor</i>	Asia	Cultivado	Vegetal, Ornamental
<i>A. viridis</i>	Africa	Maleza	Vegetal

Fuente: [71]

La evidencia arqueológica mas antigua de las semillas de amaranto se refiere al *A. cruentus* y fue encontrada en Tehuacán, Puebla en México y data de mil años a. C. Se tiene noticias posteriores de su cultivo en Alemania (siglo XVI), en la India y Ceilán (siglo XVIII), en el interior de China y Siberia Oriental afines del siglo XIX. [72]

Cualquiera que sea el origen de esta planta, debe reconocerse que *A. Hypocondriacus* ha crecido en México en tiempos precolombinos y que las formas de cultivo y uso, son asombrosamente similares entre el viejo y el nuevo mundo; en ambas áreas, el cultivo se práctica en las regiones altas; muchas especies para grano son muy

cultivadas como ornamentales hasta el nivel del mar; en las dos regiones las plantas generalmente se cultivan en pequeña escala, mezcladas con plantíos de maíz o de otros cultivos; el grano es para autoconsumo en muchas partes. [72]

2.7.1.2. Aspectos históricos.

El amaranto es uno de los cultivos más antiguos de América, siendo cultivado por nuestros antepasados, el amaranto se relacionó con leyendas y ritos.

Ha tenido importancia en la alimentación desde la época prehispánica, tal como se manifiesta en diversos códices, entre ellos el Florentino [60]

El huauhtli como lo llamaban los aztecas llegó a ser uno de los cuatro cultivos más importantes junto con el maíz, el frijol y la chía. El huauhtli se encontraba íntimamente vinculado a los ritos religiosos, pues se sembraba para protegerse contra los espíritus malignos; las mujeres usaban la semilla para elaborar el zoale, alimento religioso que se ofrecía al dios del fuego en el mes de enero y para celebrar el rito Teoqualo (comer al Dios), trituraban la semilla y la mezclaban con miel o sangre humana, a esta masa teñida de rojo le daban forma de serpientes, aves, montañas, perros y dioses, que comían en los templos durante la ceremonia de ofrendas humanas. [28]

En la alimentación de los aztecas no acostumbraban el “desayuno”; más bien, después de varias horas de trabajo y alrededor de las diez de la mañana, tomaban el primer alimento del día, que consistía en un tazón de atollí, pasta de maíz o de huauhtli más o menos espesa, azucarada con miel o condimentada con chile.[83] En esta zona del país las semillas de amaranto se consumían en especial en forma de atoles y tamales. Los productos comunes eran unas esferas de masa de amaranto llamadas tzoalli o zoale. Para preparar las semillas de amaranto las molían y mezclaban con miel de maguey. Para convertir la semilla en dulce sólo se condimentaba del primero de diciembre al primero de junio, ya que la estación de aguas no permitía la conservación de los panecillos. [72]

La planta tierna llamada huauhquilitl o quintonilli, servía como verdura; los tallos y hojas verdes ya maduros, se comían cocidos con sal o tequexquite.

Sin embargo fue hasta 1979 que atrajo el interés de la Academia de Ciencias de Estados Unidos para ser estudiado en el ámbito Internacional para que esta planta, tan tradicional para tantos pueblos del mundo, reviviera como objeto de estudio.

A partir de esto, se han hecho una serie de investigaciones en lo referente al amaranto, las investigaciones realizadas buscan la incorporación del amaranto a la dieta de las nuevas civilizaciones en donde es cada vez más necesario obtener alternativas de alimentación, el Colegio de Postgraduados de la SAGAR, la Universidad Autónoma de Chapingo, el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (Unidad Querétaro), así como otras instituciones de investigación están interesadas en la incorporación del amaranto a la alimentación humana y animal, y a la adaptabilidad de variedades mejoradas de dicho cultivo. [71]

El futuro del amaranto en nuestra dieta es muy prometedor ya que se puede aprovechar de diversas formas al igual que se hizo en el pasado.

2.7.1.3 Características generales del Amaranto

Clasificación taxonómica:

Reino: Vegetal

División: *Embryophyta Siphonograma*

Subdivisión: Angiospermas

Clase: Dicotelidóneas

Subclase: Archiclomidae

Serie: Centrospermae

Familia: Amaranthaceae

Género : *Amaranthus*

Especie: *hypochondriacus*

La familia de las Amaranthaceas, constituye un interesante grupo de plantas que comprende el género *Amaranthus L* con más de 60 géneros y alrededor de 800 especies. Estas plantas en general están matizadas con un pigmento rojizo llamado amarantina; algunas formas cultivadas son muy coloridas. Las flores presentan diversos olores y por

ello se utilizan como plantas de ornato, mientras que el color de las semillas puede ser blanco, beige, rojo y negro. [60]

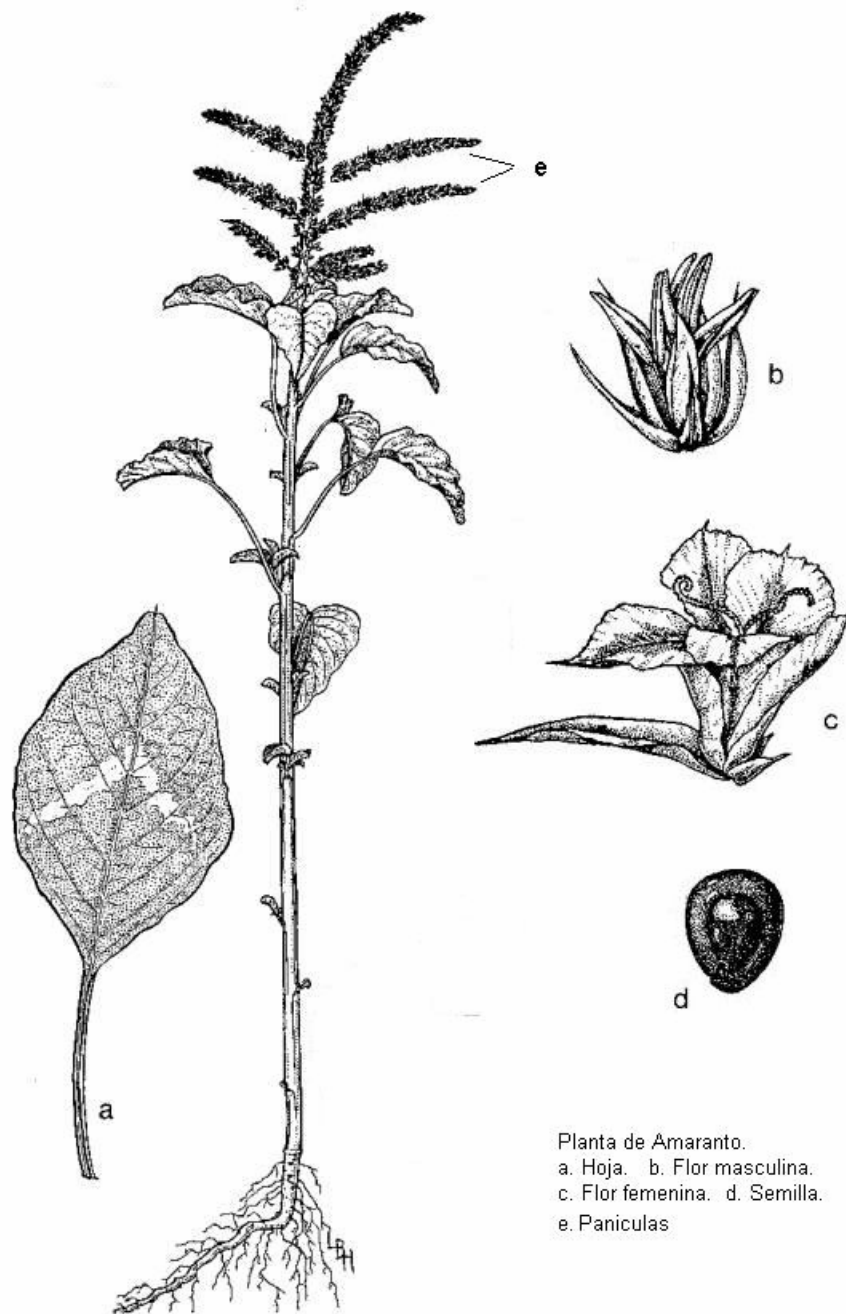
Las especies del género *Amaranthus* están ampliamente distribuidas en el mundo, en particular en las regiones tropicales, subtropicales y de clima templado.

Los amarantos son plantas anuales que alcanzan fácilmente hasta 2 m de altura. Presentan un sólo eje central con pocas ramificaciones laterales. El tallo es estriado, con aristas fuertes, y es hueco en el centro en su etapa de madurez (Figura 2.13).

Sus hojas son largamente pecioladas y ovaladas y miden alrededor de 15 cm de largo y 10 cm de ancho, su nervadura es central y gruesa.

Las especies mexicanas de Amaranto tienen un sabor propio que es agradable y que le permite competir con otras plantas, incluyendo las actualmente en uso, además no depende estrictamente de la disponibilidad de sistemas de riego, ni de fertilización abundante o uso masivo de insecticidas y fungicidas. Su cultivo concuerda exactamente con las condiciones que prevalecen en el mundo subdesarrollado y lo cual lo distingue particularmente de otros cultivos intensivos de capital y con exigencias tecnológicas más estrictas. [60]

En términos de proteína las semillas de amaranto se encuentran entre los cereales y las leguminosas, no solo en cantidad (12 a 16.5 g/100g en los amarantos, 7 a 12% en los cereales y 16 a 37% en las leguminosas), sino también en su contenido de aminoácidos. El amaranto es rico en lisina que es un aminoácido limitante en los cereales y en los aminoácidos azufrados que son limitante en las leguminosas por lo que puede combinarse con unos y otros complementariamente. [69]



Planta de Amaranto.
a. Hoja. b. Flor masculina.
c. Flor femenina. d. Semilla.
e. Panículas

Figura 2.13 Características botánicas del amaranto.

2.7.1.4. La semilla de Amaranto

Morfología de la semilla

Con relación a la semilla de amaranto ésta es dicotiledónea, lisa, brillante y ligeramente aplanada, presenta forma lenticular. Sus dimensiones varían de 1.1 a 1.4 mm de largo por 1.0 a 1.3 mm de ancho y un peso de 0.6 a 1.0 mg. y tiene un peso de 0.6- 1.0 g por cada 100 semillas, presenta coloraciones variadas según la especie: blanco, amarillo, rosado, pardo, rojizo y negro. [7]

El tamaño es pequeño si se comparan con semillas de interés comerciales como el trigo (7 mm de largo X 3.8 mm de ancho). [7]

La mayor parte de la semilla la ocupa el embrión el cual se enrolla en círculo (Figura 2.14). La envoltura de la semilla y el perispermo están finamente unidos el uno al otro, pero son susceptibles de separar por molienda abrasiva.

Los cuerpos proteínicos están ubicados en los tejidos embriónicos y del endospermo, pero el tamaño de la célula y del cuerpo proteínico varían. Los cuerpos proteínicos en la célula del endospermo miden entre 1.5- 2.0 micrómetros de diámetro, y en las células del parénquima del embrión, éstos miden de 5 a 6 micrómetros. En el perispermo, la proteína se presenta en forma de depósitos entre los pequeños gránulos amiláceos. [51]

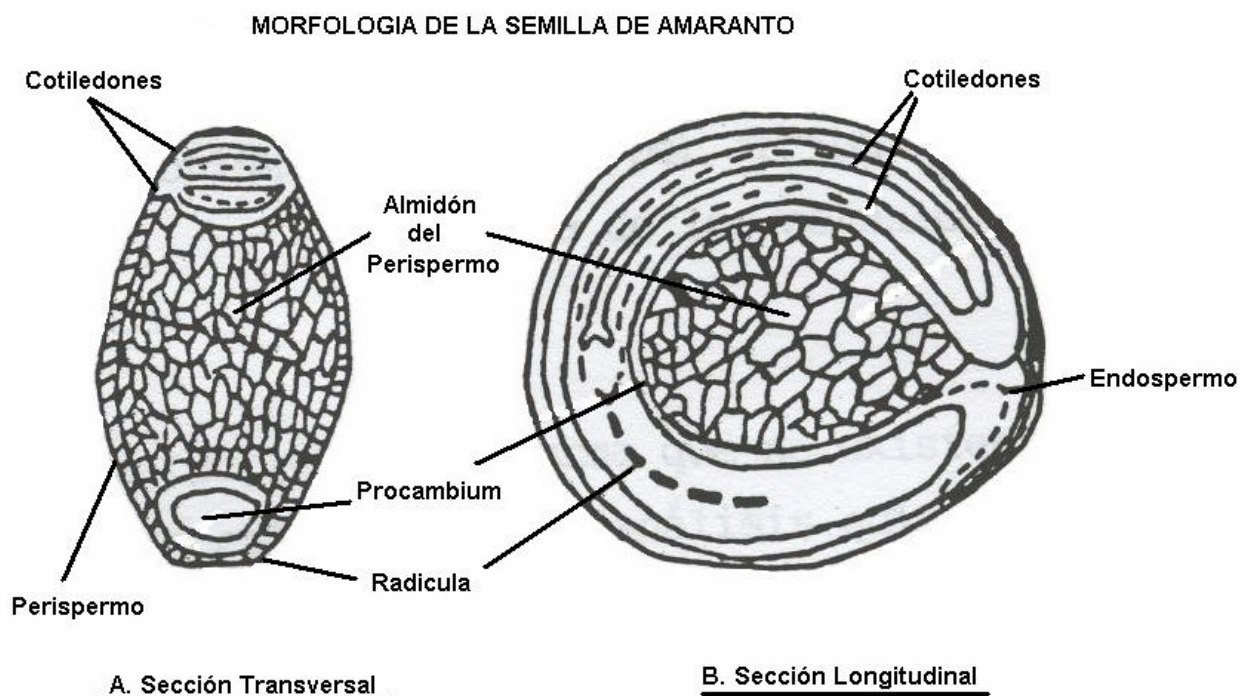
2.7.1.5. Composición química.

En los últimos años se ha comprobado por medio de técnicas analíticas modernas la alta calidad y cantidad de nutrimentos que contiene la semilla de amaranto, lo que ha llamado la atención de los especialistas en alimentos. [60]

La composición química-proxirna1 de la semilla de amaranto (Cuadro 2.2) presenta valores de proteína, grasa, fibra cruda y cenizas, que están por arriba de lo que comúnmente se presenta en la mayoría de los cereales (trigo, maíz, cebada, etc). [21]

Wegerle informa que no existen cambios significativos en los valores del análisis químico-proximal de las semillas obtenidas bajo condiciones agronómicas diferentes, lo cual confirma la gran adaptabilidad de este cultivo.

De esta información se desprende que la semilla de amaranto contiene más del doble de proteína que el trigo y de tres a cuatro veces mas que el maíz y el arroz (Cuadro 2.2). [74]



Fi

En cuanto a la distribución de los nutrientes en la semilla, Wegerle y col informan que éstos se encuentran homogéneamente distribuidos en la semilla. Por esta razón se hace evidente la necesidad de emplear la harina integral de amaranto para la elaboración de productos destinados a la alimentación humana. [74]

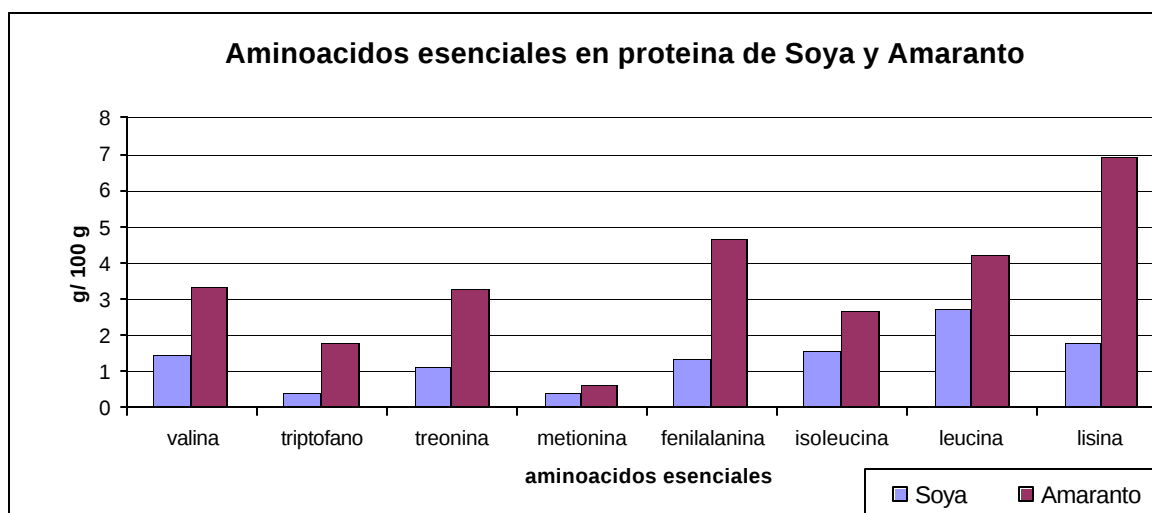
Cuadro 2.2. Composición química proximal del amaranto en comparación con otros cereales.

	Proteína	Lípidos	Fibra cruda (g/100 g)	Cenizas	Hidratos de carbono ¹
<i>A. cruentus</i>	13.2 – 17.6	6.3 – 8.1	3.4 – 5.3	2.8 – 3.6	60.4
<i>A. hypochondriacus</i>	13.9 – 17.3	4.8 – 7.7	3.2 – 5.8	3.3 – 4.1	63.1
Maíz blanco	7.9	3.9	2.0	1.2	73.0
Maíz amarillo	8.3	4.8	2.0	1.2	69.6
Arroz	6.7	0.4	0.3	0.5	78.8
Trigo	10.2	2.0	2.3	1.7	73.4
Cebada	9.7	1.9	6.5	2.5	75.4

¹ por diferencia.

Fuente: [74]

En la Figura 2.15 se muestra una comparación de la calidad de la proteína de amaranto y soya, respecto al contenido de aminoácidos esenciales.



Amaranto.

Fuente: [14]

A. Proteína de la semilla de amaranto.

La composición de aminoácidos es una de las características que hacen de la semilla de amaranto un alimento superior respecto a los cereales.

Wegerle y col [74] observaron que la composición de aminoácidos de la proteína de amaranto se ve poco influenciada por características agronómicas ó genéticas.

La proteína de la semilla de amaranto está principalmente distribuida en el germen más la envoltura (65%), y en el perispermo amiláceo (35%).

El aminoácido esencial limitante de la proteína de amaranto es la leucina (aminoácido que se presenta en los cereales en niveles suficientes como para cubrir los requerimientos de un niño), seguido por valina y treonina. El Cuadro 2.4 muestra que el contenido de aminoácidos esenciales de esta semilla presenta valores muy similares al patrón provisional FAO/OMS 1973. [69]

En el Cuadro 2.3 se puede observar el aminograma completo de la harina y semilla de amaranto.

Cuadro 2.3 Aminograma completo de la harina y semilla de *Amaranthus*.

Aminoácidos	Harina Integral %	Grano %
Lisina	4.52	3.78
Histidina	2.37	1.71
Arginina	7.16	5.90
Ácido Aspartico	8.40	6.94
Treonina	3.23	2.72
Serina	4.50	5.04
Ácido glutámico	12.30	11.22
Prolina	3.95	4.10
Glicina	5.94	6.36
Alanita	2.98	1.88
Cistina	1.06	1.22
Valina	2.98	2.43
Metionina	0.95	0.88
Isoleucina	2.22	1.83
Leucina	5.22	4.00
Tirosina	2.84	2.68
Fenilalanina	3.50	2.94
Proteína	13.50	11.00

Fuente: [22]

En el grano de Amaranto el contenido de proteína es alto comparado con cereales comunes y esta comparación es también referente a que tiene un mejor balance de aminoácidos esenciales.

Cuadro 2.4 Composición de aminoácidos esenciales de varias especies de semilla de amaranto. (gramos de aminoácido / 100 g de proteína)

Especies	Trip	Met + Cis	Treo	Iso	Val	Lis	Fen + Tir	Leu
A. cruentus	0.9-1.5	4.0-4.8	2.7-3.9	2.8-4.0	3.3-4.5	4.9-6.1	6.0-8.5	4.4-6.2
A. hypochon	1.2-1.5	4.0-4.1	2.8-2.9	3.0-3.1	3.4-4.6	3.4-4.9	5.5-6.4	4.7-5.2
A. caudatus	-	2.8	2.8-4.0	1.8-3.1	1.2-4.1	4.0-5.7	3.1-4.0	3.2-5.0
A. hybridus	-	0.7-1.5	2.7-3.7	3.0-3.7	-	4.5-6.3	15.2-18.2	6.0-7.1
A. edulis	1.1-4.0	4.0	3.8-4.0	4.0-4.1	4.5-4.7	5.9-6.4	8.1-8.6	6.1-6.3
FAO/OMS 1973	1.0	3.5	4.0	4.0	5.0	4.8	6.3	4.7

Fuente: [69]

B. Lípidos.

El contenido total de lípidos de la semilla de amaranto varía de un 6.4 a 17 g/100 g de materia seca y presenta un alto nivel de insaturación (alrededor del 75%). Presenta cantidades apreciables de ácidos grasos esenciales, tales como linoleico (C 18:2), oleico (C18:1) y palmitoleico (C 16:0) con trazas de linolénico (Cuadro 2.5). [7]

Cuadro 2.5 Contenido de ácidos grasos en el aceite de amaranto. (por ciento de peso de aceite crudo hidrolizado)

Ácido graso	<i>A. cruentus</i>	<i>A. edulis</i>
16:0 (a. Palmítico)	20.30	21.30
17:0 (a. Heptanoico)	1.25	0.75
18:0 (a. Esteárico)	3.80	2.90
18:1 (a. Oleico)	19.40	23.70
18:2 (a. Linoleico)	51.40	47.40
18:3 (a. Linolenico)	1.30	0.92
20:0 (a. Eicosanoico)	1.40	1.20
Residuo insaponificable	8.50	11.00
Escualeno ^a	4.6	6.7

^a por ciento de aceite

Fuente: [7]

C. Hidratos de carbono.

El almidón es el carbohidrato más abundante en la semilla de amaranto y corresponde aproximadamente al 62% de su peso total. El contenido de amilosa en el almidón de amaranto es considerablemente menor que en el trigo, lo cual trae como consecuencia diferencias marcadas con relación a sus propiedades fisicoquímicas.

Okuno y col informan que los gránulos de almidón de *A. hypochondriacus* están constituidos casi en un 100 % por amilopectina. [50]

Los gránulos de almidón de amaranto, son muy pequeños (1-3 micras de diámetro) y presentan formas poligonales. Las propiedades fisicoquímicas de estos gránulos sugieren que existe una masa homogénea íntimamente unida, pero susceptible al ataque de las amilasas. Algunas de las propiedades del almidón de amaranto se presentan en el Cuadro 2.6. [35]

Lorenz [35] informa también que comparada con el almidón de trigo, el almidón de *A. Hypochondriacus* presenta un bajo poder de hinchamiento, una gran solubilidad, baja viscosidad amilográfica y una alta temperatura de gelatinización.

Cuadro 2.6 Propiedades fisicoquímicas del almidón de trigo comparado con el almidón de *A. hypochondriacus*.

	Trigo	<i>A. hypochondriacus</i>
Grasa %	0.54	1.1
Proteína %	0.35	0.49
Viscosidades amilográficas (B.U.)*		
En el pico	350	320
A 92 °C	270	260
Después de 30 min a 92 °C:	340	260
Enfriamiento a 35 °C:	510	280
Después de 30 min a 35 °C:	810	320
Solubilidad (%)		
A 60 °C:	1.67	9.12
A 70 °C:	2.35	14.21
A 80 °C:	2.48	32.76
A 90 °C:	8.21	37.43
Capacidad de unir agua (%)	71.8	127.30
Intervalo de temperatura de gelatinización		
Inicial	52	62
Intermedio	55	64
Final	56	68
Capacidad e hinchamiento		
A 60 °C:	4.47	1.02
A 70 °C:	6.13	1.51
A 80 °C:	8.28	3.44
A 90 °C:	11.80	3.53

* B.U. = Unidades Brabender.

Fuente [35]

D. Cenizas.

En el Cuadro 2.7 se muestra el contenido de nutrimentos inorgánicos en la semilla de amaranto. Se destaca el contenido relativamente alto de calcio, fósforo, zinc, hierro y sobre todo magnesio que está en cantidades similares al calcio. La relación calcio/fósforo es de 0.6 como suele ocurrir con la mayoría de las semillas. También al igual que otros granos, a pesar de contener una alta concentración de hierro, el amaranto contiene fitatos (2.2- 3.4 mM / 100 g) que posiblemente abatan su biodisponibilidad. [69]

Cuadro 2.7 Contenido de minerales en la semilla de amaranto.

	Na	K	Ca	Mg ppm	Fe	Zn	Cu	Mn	Níquel
<i>A. cruentus</i>	310	2900	1750	2440	174	37.0	12.1	45	1.8
<i>A. hypochondriacus</i>	160	3800	1700	2300	106	36.2	8.2	23	1.9
<i>A. edulis</i>	370	5800	1700	2890	84.2	40.0	8.0	22	2.4

Fuente: [69]

E. Vitaminas.

Los niveles de las vitaminas tales como tiamina, riboflavina, niacina y vitamina C son aproximadamente iguales a la de otros cereales (Cuadro 2.8).

En cuanto a la distribución de vitaminas en la semilla, se han encontrado hasta tres veces más concentradas en la fracción cáscara- embrión que en la semilla entera, considerado que el perispermo contiene del 40- 60 % de los niveles encontrados en la semilla íntegra.

Cuadro 2.8 Contenido de vitaminas en la semilla de amaranto. (mg de vitaminas/ 100 g de harina seca)

	Riboflavina	Niacina	Ácido ascórbico	Tiamina	b - caroteno
<i>A. cruentus</i>	0.19	1.17	---	0.07	0
<i>A. hypochondriacus</i>	0.23	1.45	4.50	0.10	0

Fuente: [7]

2.7.1.6 Harina de Amaranto.

La harina es el resultado de la molienda fina de granos, leguminosas o raíces. Casi todos los granos se pueden hacer harina y cada uno de estos tiene un sabor, textura y nutrientes característicos del grano. [61]

La harina de Amaranto contiene más proteína, fibra cruda, grasa y cenizas que otras harina, y contiene menos carbohidratos, carece de gluten por lo que es necesario utilizarlas en mezclas con harina de trigo para la panificación. (Cuadro 2.9) [28]

Cuadro 2.9 Análisis proximal de algunas harinas integrales.

Componente	Amaranto	Trigo	Maíz	Triticale	Cebada desnuda
Proteína	15.74	12.00	8.51	12.46	14.19
Fibra cruda	4.94	1.20	1.75	2.38	2.18
Cenizas	2.50	1.05	1.56	2.06	2.07
Extracto etéreo	7.03	1.80	5.51	1.46	4.18
Humedad	10.0	10.10	11.72	11.0	11.0
Extracto no nitrogenado	60.82	76.60	70.95	70.60	66.37

Fuente: [28]

La Relación de Eficiencia Proteínica (PER) y la Utilización Neta de Proteína (NPR) en la harina cruda de Amaranto es de aproximadamente 24 y 32.4, siendo el de la caseína de 28 y 53.8 respectivamente. Esto demuestra que la proteína de la harina Amaranto puede considerarse como excelente alimento dentro de las de origen vegetal. [28]

2.7.1.7. Comparación de la semilla de amaranto con los cereales.

El maíz, el trigo y el arroz constituyen la base de la alimentación de la mayoría de los seres humanos como en nuestro país, hoy en día estos tres cultivos son mundiales y se han adaptado a todos los climas. En casi todo el mundo los cereales representan la principal fuente de energía, proteína y de muchos nutrimentos; su análisis nutricio ha demostrado que sus proteínas no cubren el requerimiento necesario de ciertos aminoácidos esenciales y en la mayoría de los cereales, como el trigo, el maíz y el arroz, no contienen la cantidad apropiada de proteína que debe aportar un alimento balanceado (Cuadro 2.10) En el maíz los aminoácidos limitantes son la lisina y el triptófano. [15,16]

En México se cultivan la mayoría de los cereales, si bien el maíz tiene primicia sobre el trigo y éste sobre el arroz: la avena y la cebada se producen poco y esta última se dedica sobre todo a la producción de malta y cerveza. [15]

Cuadro 2.10 Computo químico y valor calórico de algunos cereales y del amaranto.

Origen de la proteína	Aminoácido limitante	Computo químico	Proteína	Energía
Maíz	Lisina, triptofano	49 %	9.5 %	366
Arroz	Lisina	77 %	7.5 %	364
Trigo	Lisina	52 %	12.3 %	343
Amaranto	Leucina	73 a 80 %	16.5 %	337

Fuente: [17]

Se han perdido cuatro siglos del conocimiento del amaranto y es muy difícil que compita con los cereales, pero si se le promueve mas, podrá recuperar su lugar en la dieta mexicana. Tomando en consideración que al mezclar ambos granos se obtiene una mejor combinación de nutrientes, ya que la proteína de amaranto es rica en lisina pero deficiente en leucina y que el maíz (cereal ampliamente consumido en nuestro país) presenta deficiencia en lisina pero solo una proporción de leucina, por lo que es recomendable el consumo de estas dos semillas. [17]

2.7.1.8. Características botánicas.

En la semilla del amaranto como en los cereales predomina el almidón, lo que aunado a sus características agronómicas también semejantes, han llevado a considerarlo como un “pseudo cereal”, debido a que su sabor es parecido al de ellos y porque produce grano o semilla del tipo de los cereales, pero el amaranto pertenece a otra familia del reino vegetal, se trata de una planta dicotiledónea con mayor cantidad de proteína que la mayoría de los cereales. [69]

2.7.2 Germinado de amaranto.

La germinación es un proceso natural de obtención de alimentos muy extendido en todo el mundo, la germinación hace que las semillas de cereales y leguminosas aumenten su valor nutritivo. Cuando un grano cuenta con el agua, el oxígeno y el calor necesario, germina para formar un nuevo ser vivo, una planta que a su vez producirá nuevas semillas. Cualquier semilla de leguminosa o grano de cereal puede ser germinado; los más apreciados por su textura y por el buen sabor de sus germinados son los obtenidos de legumbres (soja verde, judía mungo, alfalfa), cereales (trigo, cebada) y de berro, rábano, calabaza, girasol, lino y sésamo. [20]

2.7.2.1 Historia del Germinado.

Médico y alimenticio, los germinados tienen una larga historia. Se ha escrito que los antiguos médicos chinos reconocieron y prescribieron los germinados para curar muchos desórdenes hace 5.000 años. Los germinados han continuado siendo una parte principal en las dietas de americanos de descendencia oriental. Aunque comentarios de los germinados aparecen en la Biblia en el libro de Daniel, tomó los siglos para que se le dieran méritos nutritivos. En el 1700's, el escorbuto acabó con los marineros (carencia de vitamina C) y estos sufrieron muertes pesadas durante sus dos a tres viajes del año. A partir de 1772-1775, el capitán James Cook hizo que sus marineros comieran limas, limones y variedades de germinados; estos con un contenido abundante de vitamina C. Esto más otras frutas y vegetales frescos y un programa continuo de producir y comer germinados fueron acreditados con la paso del tiempo, así solucionaron el problema más grande de la muerte de los marineros. [20]

2.7.2.2 El proceso de la germinación.

La germinación es una intensa actividad metabólica. En ella tienen lugar varias reacciones químicas, entre las cuales destaca la síntesis de enzimas. Los cambios químicos que ocurren en la semilla al germinar activan una fábrica enzimática poderosa, que no se supera nunca en cualquier estadio posterior de crecimiento. [32]

Esta rica concentración enzimática actúa sobre el metabolismo humano al consumirlos, conduciendo a una regeneración del torrente sanguíneo y de los procesos digestivos. [32]

Gómez Ortiz sometió a germinación a la semilla de amaranto y encontró que la concentración de algunos aminoácidos se ve incrementada particularmente la lisina. [24]

La importancia de los germinados se debe a que durante este proceso, aumenta su valor nutritivo [24]. La germinación se define como “la reanudación del crecimiento activo en partes del embrión, que provoca la ruptura de los tegumentos seminales y el brote de una nueva planta” [39]

Durante la germinación ocurre una serie de reacciones complejas en su naturaleza, que causan el desdoblamiento de ciertos materiales que se encuentran en el endospermo y que posteriormente se transportarán hasta el embrión; todo esto es consecuencia de la activación de los componentes celulares de los sistemas de síntesis de proteínas que están funcionando para producir nuevas enzimas, materiales estructurales, compuestos reguladores, ácidos nucleicos, etc. [39]

De lo anterior se puede visualizar que tanto la semilla de amaranto en su forma natural, la tratada térmicamente así como la germinada constituyen una alternativa interesante para el aprovechamiento del amaranto. En el Cuadro 2.11 se muestra el valor nutritivo de algunos germinados. En el Cuadro 2.12, información para producir algunos germinados dependiendo del tipo de semilla utilizada.

Cuadro 2.11 Valor nutritivo de algunos germinados.

Germinado 250 g	Proteína g	Calorías	Fibra	Vitamina C	Hierro	Folato
			% del valor diario recomendado			
Alfalfa	1.3	10	3	5	2	3
Soya	9.0	86	3	17	8	30
Trigo	8.0	214	4	5	11	10
Rabano	1.4	16	N/A	18	2	9
Judía	2.5	26	4	23	4	9

Fuente: [32]

Cuadro 2.12 Información de producción de germinados.

Semilla	Longitud óptima	Germinación promedio	Cantidad usada	Cantidad obtenida	Consumo crudo	Cocción min
Alfalfa	½ - 1 pulg	1 - 2 días	1 taza	2 ½ tazas	Sí	3- 5
Cebada	Longitud de la semilla	3 - 5 días	1/2 taza	1 taza	No	8 - 10
Haba	1/2 a 1 1/2 pulgadas	3 - 5 días	1/4 taza	1 1/4 taza	Sí	8 - 15
Alforfón	Longitud de la semilla	2 - 4 días	1 taza	2 1/2 tazas	No	8 - 15
Col, brócoli, coliflor	1/2 a 1 pulgada	3 - 5 días	1/4 taza	1 1/4 taza	Sí	3 - 8
Chia	1/8 a 1/2 pulgada	1 - 2 días	1/4 taza	1 taza	Sí	
Garbanzo	3/4 a 1 pulgada	5 - 8 días	1 taza	3 1/2 tazas	Sí	10 - 20
Berro	3/4 a 1 pulgada	2 - 4 días	1 tbsp.	3/4 taza	Sí	
Lenteja	1/4 a 1/2 pulgada	3 - 4 días	1 taza	2 tazas	No	3 - 8
Mijo	Longitud de la semilla	3 - 5 días	1 taza	2 1/2 tazas	No	8 - 10
Haba de mungo	1/2 a 3 pulgadas	3 - 8 días	1 taza	4 tazas	Sí	2 - 5
Avena	Longitud de la semilla	3 - 5 días	1 taza	2 1/2 tazas	No	8 - 10
Guisante	1/4 a 1/2 pulgada	3 - 4 días	1 taza	2 tazas	No	3 - 8
Rábano	1/2 a 1 pulgada	2 - 4 días	1 tbsp.	3/4 taza	Sí	
Arroz	Longitud de la semilla	3 - 4 días	1 taza	2 1/2 tazas	No	8 - 10
Centeno	Longitud de la semilla	3 - 5 días	1 taza	2 1/2 tazas	Sí	3 - 5
Soya	3/4 a 1 pulgada	4 - 6 días	1 taza	3 1/2 tazas	Sí	10 - 20
Triticale	Longitud de la semilla	1 - 3 días	1 taza	3 tazas	Sí	8 - 10
Trigo	Longitud de la semilla	4 5 días	1 taza	4 tazas	Sí	8 - 10

Fuente:[39]

2.7.3 Garbazo.

2.7.3.1. Origen.

El origen del cultivo del garbanzo se localiza en el Suroeste de Turquía. Desde allí se extendió muy pronto hacia Europa (especialmente por la región mediterránea) y más tarde a África (fundamentalmente Etiopía), América (especialmente México, Argentina y Chile) y Australia. Se ha comprobado la existencia de 40 especies de garbanzos extendiéndose desde Oriente Medio, Turquía, Israel y Asia Central. [65]

2.7.3.2. Clasificación científica.

El garbanzo común o *Cicer arietinum* es una leguminosa perteneciente a la familia de las *Fabaceae*, del orden *Fabales*, subclase *Rosidae*, clase *Magnoliopsida*, división *Magnoliophita*, dentro de la clasificación de las *Angiospermas*.

2.7.3.3. Características botánicas.

El garbanzo (*Cicer arietinum*) pertenece a la familia *Fabaceae* siendo una planta anual diploide. La planta puede alcanzar una altura de 60 cm.

- Raíces: tiene raíces profundas y tallos ramificados y pelosos, con numerosas glándulas excretoras.

- Tallo: el tallo principal es redondeado y las ramas son cuadrangulares y nerviadas.

- Hojas: las hojas pueden ser paripinnadas o imparipinnadas. Los folíolos tienen el borde dentado.

- Flores: son axilares y solitarias normalmente.

- Frutos: los frutos son en vaina bivalva con una o dos semillas en su interior que suelen ser algo arrugadas. La planta tiene dos cotiledones grandes.

A nivel morfológico, los caracteres más importantes de los garbanzos son:

- Presencia de hojas pseudoimparipinnadas.

Foliolos aserrados y glandulosos.

Legumbres infladas y vellosas.

Semillas esféricas o redondeadas con un mucrón característico.

2.7.3.4. Valor nutricional.

Del análisis de su composición y de la comparación con otros alimentos se puede deducir que el garbanzo y las legumbres en general son tan ricas en proteínas como las carnes y casi tan ricos en glúcidos como los cereales. Junto con los cereales, son los alimentos más pobres en agua y son los más ricos en fibra. [65]

A. Proteínas.

Contiene entre un 17 y un 24% de proteína bruta (dentro de las leguminosas son las de mejor calidad por su composición en aminoácidos).

Constituyen un alimento muy valioso desde el punto de vista nutricional, como se puede deducir de los datos que se presentan en el Cuadro 2.13.

Cuadro 2.13 Composición proximal del garbazo.

Componente	Contenido (g/100g)
Agua	8.1
Proteínas	22.1
Hidratos de Carbono	57.8
Grasa	5.0
Fibra	4.0
Cenizas	3.0

Fuente: [65]

Tienen un gran contenido proteico. Son ricos en lisina, fenilalanina y treonina, y pobres en metionina. Los aminoácidos limitantes son, principalmente, los azufrados (Metionina – Cisteína), característica que no se observa en otros alimentos ricos en

proteínas. En el Cuadro 2.14 se muestra la comparación del contenido de aminoácidos esenciales del garbanzo con el patrón FAO.

Cuadro 2.14 Comparación de aminoácidos esenciales del garbanzo con el patrón FAO.

	Garbanzo	Patrón FAO-OMS *
Ile	11	11
Leu	19	19
Lys	18	15
Met + Cis	6	10
Phe	15	8
Tyr	8	9
Thr	10	11
Trp	2	3
Val	12	14
Prot %	59	100
aa limitante 1	Met + Cis	Met + Cis
aa limitante 2	Trp	Tyr

* patrón teórico de composición de proteína ideal.

Fuente: [2]

B. Hidratos de Carbono.

En el Cuadro 2.15 se muestra el contenido de hidratos de carbono en el garbazo, desglosado en almidones, azúcares y fibra alimenticia.

Cuadro 2.15 Contenido en hidratos de carbono, en g /100 g de alimento comestible

Hidratos de carbono	Almidones		Azúcares		Fibra alimenticia	
Total	Total	Amilosa	Total	No digest.	Total	Bruta
57.8	31.2	10.5	13.1	8.8	13.5	4.0

Fuente:[2]

C. Lípidos.

Considerando la poca cantidad de grasa que tienen las legumbres (5%), hay que destacar la relativamente alta proporción de ácidos grasos polinsaturados en relación a los otros tipos de ácidos grasos, mostrados en el Cuadro 2.16.

Cuadro 2.16 Ácidos grasos en el garbanzo.

Saturados %			Monoinsaturados %		Poliinsaturados %		
C16:0	C18:0	Total	C18:1	Total	C18:2	C18:3	Total
9.80	1.90	12.66	33.82	34.75	49.91	2.54	52.60

Fuente: [2]

D. Vitaminas y Minerales

La riqueza en vitaminas y minerales de los garbanzos les confiere una gran importancia nutricia. Las leguminosas en general son ricas en potasio, hierro y fósforo (580 mg/100g en total). En el Cuadro 2.17 se muestra el contenido de vitaminas y minerales en el garbanzo.

Cuadro 2.17 Vitaminas y minerales contenido en 100 gr. de garbanzo.

Minerales			Vitaminas				
Ca mg	Mg mg	Fe mg	Tiamina mg	Riboflavina mg	Niacina mg	Vit. A Eq (mcg)	Ac.Folico mcg
41	60	5	0.40	0.15	4.30	32	180

Fuente: [2]

2.7.3.5 Harina de garbanzo.

A partir de la molienda del grano entero y descascarado se obtiene una harina de origen vegetal que desde el punto de vista nutricional es un alimento rico en proteínas, hidratos de carbono, fibras, minerales y vitaminas. La harina de garbanzo se suele mezclar con harina blanca para dar pan ácimo, o bien se emplea como ingrediente en productos de confitería.

2.7.4 Trigo.

2.7.4.1. Origen.

El origen del actual trigo cultivado se encuentra en la región asiática comprendida entre los ríos Tigris y Eufrates, habiendo numerosas gramíneas silvestres comprendidas en este área y están emparentadas con el trigo. Desde Oriente Medio el cultivo del trigo se difundió en todas las direcciones.

Las primeras formas de trigo recolectadas por el hombre hace más de doce mil años eran del tipo *Triticum monococcum* y *T. dicocccum*, caracterizadas fundamentalmente por tener espigas frágiles que se disgregan al madurar. [31]

2.7.4.2 Botánica.

El trigo pertenece a la familia de las gramíneas (Poaceae), siendo las variedades más cultivadas *Triticum durum* y *T. compactum*. El trigo harinero hexaploide llamado *T. aestivum* es el cereal panificable más cultivado en el mundo.

-Raíz: suelen alcanzar más de un metro, situándose la mayoría de ellas en los primeros 25 cm. de suelo.

El crecimiento de las raíces comienza en el periodo de ahijado, estando todas ellas poco ramificadas. El desarrollo de las raíces se considera completo al final del "encañado".

En condiciones de secano la densidad de las raíces entre los 30-60 cm. de profundidad es mayor, aunque en regadío el crecimiento de las raíces es mayor como corresponde a un mayor desarrollo de las plantas.

-Tallo: es hueco (caña), con 6 nudos. Su altura y solidez determinan la resistencia al encamado.

-Hojas: las hojas son cintiformes, paralelinervias y terminadas en punta.

-Inflorescencia: es una espiga compuesta de un tallo central de entrenudos cortos, llamado raquis, en cada uno de cuyos nudos se asienta una espiguilla, protegida por dos

brácteas más o menos coriáceas o glumas, a ambos lados. Cada espiguilla presenta nueve flores, de las cuales aborta la mayor parte, quedando dos, tres, cuatro y a veces hasta seis flores.

-Flor: consta de un pistilo y tres estambres. Está protegida por dos brácteas verdes o glumillas, de la cual la exterior se prolonga en una arista en los trigos barbados.

-Fruto: es una cariopsis con el pericarpo soldado al tegumento seminal. El endosperma contiene las sustancias de reserva, constituyendo la masa principal del grano. [54]

2.7.4.3. Valor nutricional.

En el siguiente cuadro se muestra el porcentaje de nutrientes en su forma natural del grano de trigo en 100 gramos de muestra.

Cuadro 2.18 Composición proximal del trigo.

NUTRIENTES	Contenido %
Proteínas	16
Hidratos de carbono	70
Humedad	10
Lípidos	2
Minerales	2

Fuente: [54]

En el interior del grano de trigo hay una pequeña partícula denominada germen de trigo, que resulta altamente beneficiosa al ser rica en vitamina E, ácidos linoleicos, fosfolípidos y otros elementos indispensables para el buen equilibrio del organismo y que éste no puede sintetizar. Su contenido proteico es tres veces superior a la carne y al pescado y cinco veces a los huevos.

En el Cuadro 2.19 se muestran los aminoácidos constituyentes del germen de trigo en 100 gramos de muestra.

Cuadro 2.19 Aminoácidos en el germen de trigo.

Aminoácidos	%
Arginina	2.08
Lisina	1.8
Leucina	1.67
Valina	1.41
Fenilalanina	1.11
Isoleucina	0.97
Histidina	0.64
Metionina	0.46
Triptófano	0.30

Fuente: [54]

2.7.5 Zanahoria.

2.7.5.1 Origen.

La zanahoria es una especie originaria del centro asiático y del mediterráneo. Ha sido cultivada y consumida desde antiguo por griegos y romanos. Durante los primeros años de su cultivo, las raíces de la zanahoria eran de color violáceo. El cambio de éstas a su actual color naranja se debe a las selecciones ocurridas a mediados de 1700 en Holanda, que aportó una gran cantidad de caroteno, el pigmento causante del color y que han sido base del material vegetal actual.

2.7.5.2 Morfología y taxonomía.

Familia: Umbelliferae.

Nombre científico: *Daucus carota* L.

Planta: bianual. Durante el primer año se forma una roseta de pocas hojas y la raíz. Después de un período de descanso, se presenta un tallo corto en el que se forman las flores durante la segunda estación de crecimiento.

Sistema radicular: raíz napiforme, de forma y color variables. Tiene función almacenadora, y también presenta numerosas raíces secundarias que sirven como órganos de absorción. Al realizar un corte transversal se distinguen dos zonas bien definidas: una exterior, constituida principalmente por el floema secundario y otra exterior formada por el xilema y la médula. Las zanahorias más aceptadas son las que presentan gran proporción de corteza exterior, ya que el xilema es generalmente leñosos y sin sabor.

Flores: de color blanco, con largas brácteas en su base, agrupadas en inflorescencias en umbela compuesta.

Fruto: diaquenio soldado por su cara plana.

2.7.5.3 Valor nutricional.

Las cualidades nutritivas de las zanahorias son importantes, especialmente por su elevado contenido en beta-caroteno (precursor de la vitamina A), pues cada molécula de caroteno que se consume es convertida en dos moléculas de vitamina A. En general se caracteriza por un elevado contenido en agua y bajo contenido en lípidos y proteínas.

En el Cuadro 2.20 se muestra la composición proximal de zanahoria, en la que observamos que principalmente aporta vitaminas y minerales.

Cuadro 2.20 Valor nutricional de zanahoria en 100 g de sustancia comestible.

Componente	Contenido
Agua (g)	88.6
Carbohidratos (g)	10.1
Lípidos (g)	0.2
Calorías (cal)	40
Vitamina A (U.I.)	2.000-12.000 según variedades
Vitamina B1 (mg)	0.13
Vitamina B2 (mg)	0.06
Vitamina B6 (mg)	0.19
Vitamina E (mg)	0.45
Ácido nicotínico (mg)	0.64
Potasio (mg)	0.1

2.8 Aspectos relacionados con alimentación y nutrición.

En este apartado se mencionan diferentes aspectos que relacionan a la alimentación y nutrición, entre los que se tienen a la calidad de la proteína, computo químico que, es uno de los métodos con el que se puede evaluar la calidad de las proteínas, así mismo se consideren otros aspectos de interés para este proyecto.

2.8.1 Calidad de la proteína

La calidad, el valor o el balance de una proteína alimentaria depende del tipo y de la cantidad de aminoácidos que contiene y representa una medida de la eficacia con que puede ser utilizada por el organismo. Una proteína equilibrada, o de alta calidad, contiene aminoácidos esenciales en proporciones aproximadas a las que entre ellos se dan en las tablas que expresan las necesidades humanas. Las proteínas de origen animal suelen dar calidad superior a las de origen vegetal, lo que puede demostrarse comparando el contenido en aminoácidos de las distintas proteínas con el patrón FAO (Cuadro 2.21), elegido para satisfacer adecuadamente las necesidades de los niños de corta edad.

Las proteínas de los cereales suelen ser pobres en lisina y carecen, en ocasiones, de triptofano y treonina. Las semillas oleaginosas y los frutos secos suelen ser deficientes en metionina y lisina, en tanto que las leguminosas suelen carecer de metionina. A aquellos aminoácidos esenciales para los que es mayor el déficit, con respecto a las necesidades, se les denomina “limitantes”.

Cuando la composición aminoacídica de la dieta difiere mucho de la ideal se habla de “desequilibrio aminoacídico” y se puede llevar consigo una eficacia reducida de la utilización de los aminoácidos, un retraso del crecimiento, un incremento de la susceptibilidad a las enfermedades y/o a un deterioro permanente de la capacidad mental de los niños.

La suplementación y la complementación son ampliamente utilizadas en la alimentación animal. La complementación se utiliza abundantemente en las dietas mixtas del mundo occidental y en algunos otros países. Es generalmente que una dieta en la que el 30-40% de las proteínas sea de origen animal contiene un balance aminoacídico adecuado.

Las encuestas de la FAO sobre aportes proteicos, en 19977, indicaban que la disponibilidad media diaria de proteínas animales y vegetales era de 73 y 74 g respectivamente, en los Estados Unidos de América, frente a 12 y 44 en los países en desarrollo. Se ha intentado añadir lisina a las dietas de cereales consumidas por algunas poblaciones de África y el Oriente Medio, lo que no ha llevado consigo mejoras fisiológicas, probablemente porque los cereales solos son capaces de cubrir las necesidades proteicas. [23]

Cuadro 2.21 Contenido en aminoácidos esenciales, valor nutritivo de algunas proteínas alimentarias y patrón FAO 1973.

Aminoácido (mg / g de proteína)	Leche humana	Leche de vaca	Huevo de gallina	Carne (vacuno)	Pescado	Grano de trigo	Arroz pardo	FAO 1973
Histidina	26	27	22	34	35	25	26	0
Isoleucina	46	47	54	48	48	35	40	40
Leucina	93	95	86	81	77	72	86	70
Lisina	66	78	70	89	91	31	40	55
Metionina + cisterna	42	33	57	40	40	43	36	35
Fenilalanina + Tirosina	72	102	93	80	76	80	91	60
Treonina	43	44	47	46	46	31	41	40
Triptofano	17	14	17	11	11	12	13	10
Valina	55	64	66	50	61	47	58	50
Aminoácidos esenciales sin histidina	434	477	490	445	450	351	405	
Contenido proteico (%)	1. 2	3. 5	12	18	19	12	7. 5	
Chemical Score FAO (%)	100	94	100	100	100	56	73	

Fuente: [23]

2.8.2 Disponibilidad de los aminoácidos.

Los aminoácidos de las proteínas presentes en la dieta no son siempre enteramente disponibles, dado que la digestión de la proteína, o la absorción de los aminoácidos, pueden resultar incompletas. Los aminoácidos de las proteínas animales suelen ser digeridos y absorbidos en un 60-70 %. La baja utilización de ciertas proteínas puede ser debida a varios factores:

Conformación de las proteínas. Las proteínas fibrosas e insolubles son menos fácilmente atacadas por las proteasas que las globulinas solubles. Sin embargo, la desnaturalización proteica por un calentamiento moderado suele facilitar su digestión.

Fijación de metales, lípidos, ácidos nucleicos, celulosa u otros polisacáridos a las proteínas, lo que puede dificultar su digestión.

Presencia de factores antinutricios, tales como inhibidores de la tripsina y la quimiotripsina, que dificultan la digestión de las proteínas; otros inhibidores perjudican la absorción de aminoácidos.

El tamaño y el área superficial de las partículas proteicas ingeridas influye sobre su digestibilidad; así por ejemplo, la molienda fina de la harina tiende a mejorar la digestibilidad de las proteínas de los cereales.

El procesado a elevadas temperaturas, a pHs alcalinos, o en presencia de carbohidratos reductores, suele disminuir la digestibilidad proteica y la disponibilidad biológica de varios aminoácidos, especialmente la lisina.

Entre los distintos individuos se dan diferencias biológicas que influyen en su capacidad de digestión de proteínas y absorción de aminoácidos.

Tan importante como la digestibilidad es el momento en que los aminoácidos se liberan, dado que esto influye sobre la eficacia de su utilización. Así, por ejemplo, una liberación y absorción rápida de los aminoácidos puede incrementar su degradación hepática. También puede darse una competencia entre los aminoácidos en los puntos de absorción, especialmente si uno de ellos está presente en gran exceso. Estos factores

pueden explicar porque las proteínas tienen un valor nutritivo superior al de pesos iguales de las mezclas equivalentes de aminoácidos libres. Sin embargo, una liberación excesivamente lenta de los aminoácidos al tubo digestivo puede resultar igualmente indeseable, ya que no existen mecanismos de absorción en las porciones inferiores del intestino (donde la flora en el presente metaboliza los nutrientes residuales).

2.8.3 Métodos químicos.

En la mayor parte de los métodos químicos se estima el valor nutritivo de una proteína basándose en su contenido en aminoácidos esenciales y en la comparación del mismo con las necesidades del hombre. Es un método lógico, pero no exento de inconvenientes, como se señalara mas adelante. La puntuación química de una proteína, “Chemical Score”, se define como:

$$CS = \frac{\text{mg del aminoácido esencialmente limitante por g de la proteína ensayada}}{\text{mg del mismo aminoácido por gramo de proteína de referencia}} \times 100$$

La referencia preferida hoy es el patrón aminoacídico FAO 1973, que esta basado en las necesidades de aminoácidos esenciales de los niños de corta edad y que remplaza como estándar a la proteína de huevo entero que se usaba antes. Igualmente útil es el patrón de aminoácidos esenciales NAS-NRC de 1980. Las únicas puntuaciones químicas (“Chemical Score”) de importancia practica son las basadas en la lisina, los aminoácidos sulfurados, el triptofano o la treonina, puesto que son estos únicos los aminoácidos limitantes en la mayor parte de las dietas humanas.

La puntuación química permite calcular tanto las necesidades respecto de una sola proteína como las de una mezcla proteica. Las necesidades respecto de una mezcla proteica se pueden calcular del siguiente modo:

$$\text{Consumo necesario de la mezcla proteica} = \frac{\text{consumo recomendado de proteína de huevo}}{\text{puntuación química de la mezcla}} \times 100$$

Si se conoce la puntuación química (para todos los aminoácidos esenciales) de varias proteínas se puede calcular el valor de complementación de las diferentes proteínas de una mezcla. La puntuación química ampliamente utilizada en la alimentación animal, en la que ha tenido un éxito considerable, ha permitido desarrollar mezclas de alimentos ricos en proteínas para su uso en los países en desarrollo. Este método puede, sin embargo, infraestimar la calidad para los adultos de una proteína determinada, dado que esta basado en las necesidades aminoácídicas de los niños de corta edad.

Otro inconveniente del método de la puntuación química es el hecho de que un análisis preciso del triptofano y los tioaminoácidos (y, en su caso, las proporciones de aminoácidos L y D) requiere el uso de técnicas especiales. No tiene en cuenta, además, los efectos negativos de los aminoácidos presentes en exceso, ni los de los factores antinutricios que el alimento contenga. Tampoco establece compensaciones para las diferencias en la digestibilidad de las proteínas o en la biodisponibilidad de aminoácidos específicos.

Algunos experimentos biológicos, llevados a cabo sobre niños en crecimiento en países en desarrollo, han demostrado que las puntuaciones químicas (basadas en el patrón FAO) permiten predecir correctamente la cantidad de una proteína (o de una mezcla de proteínas) necesaria para satisfacer las necesidades de aminoácidos esenciales para el crecimiento. [23]

2.8.4 Función biológica de los aminoácidos limitantes

Es bien sabido que las dietas deficientes en uno o en varios aminoácidos esenciales no permiten un crecimiento adecuado y pueden conducir a un aumento en la mortalidad y a trastornos cerebrales, con dificultad en el aprendizaje en épocas tempranas de la vida.

En el Cuadro 2.22 se muestra la función biológica de los aminoácidos esenciales de mayor interés en este proyecto por ser los aminoácidos limitantes de las semillas usadas: amaranto, garbanzo y trigo.

Cuadro 2.22 Función biológica de aminoácidos esenciales y limitantes.

Aminoácido esencial	Función
Lisina	Es uno de los más importantes aminoácidos porque, en asociación con varios aminoácidos más, interviene en diversas funciones, incluyendo el crecimiento, reparación de tejidos, anticuerpos del sistema inmunológico y síntesis de hormonas.
Metionina	Colabora en la síntesis de proteínas y constituye el principal limitante en las proteínas de la dieta. El aminoácido limitante determina el porcentaje de alimento que va a utilizarse a nivel celular.
Leucina	Junto con la Isoleucina y la hormona del Crecimiento (HGH) interviene con la formación y reparación del tejido muscular.

Fuente: [31]

La semilla de amaranto a pesar de ser muy pequeña contiene un considerable contenido de lisina, que se caracteriza por ser aminoácido limitante en las proteínas vegetales, además que forma gran parte de nuestro cerebro, beneficia nuestro desarrollo mental y favorece la digestión. En la Figura 2.16 se muestra una grafica comparativa del contenido de lisina en amaranto y algunos cereales.

2.8.5 Factores antinutricios del amaranto.

A pesar de su excelente calidad química, las investigaciones realizadas concluyen que los aminoácidos de la proteína en la harina cruda de amaranto no se encuentra del todo disponible, o bien la harina cruda contiene sustancias que interfieren con la utilización biológica de sus nutrientes. Tanto en las semillas como en el follaje del amaranto se encuentran presentes algunas sustancias antinutricionales (estas sustancias nocivas pueden estar presentes de manera natural como resultado del metabolismo propio de la especie o bien como contaminantes accidentales), como saponinas, fenoles, oxalatos, inhibidores de tripsina, lectinas o fitohemaglutinas y nitratos. Estos últimos se pueden convertir en nitritos, causantes de toxicidad en los humanos y en los animales. [71]

Algunas lectinas o fitohematuglutininas son proteínas extremadamente tóxicas para los animales, y en algunos casos (las lectinas) solo constituyen uno de los factores que contribuyen al bajo valor nutritivo de los alimentos. Cerca de 2 % de la proteína de *A. cruentus* es lectina. Cuando se someten a procesos térmicos estos factores antinutricios tienden a disminuir, con el consecuente incremento en la calidad de proteína. [28]

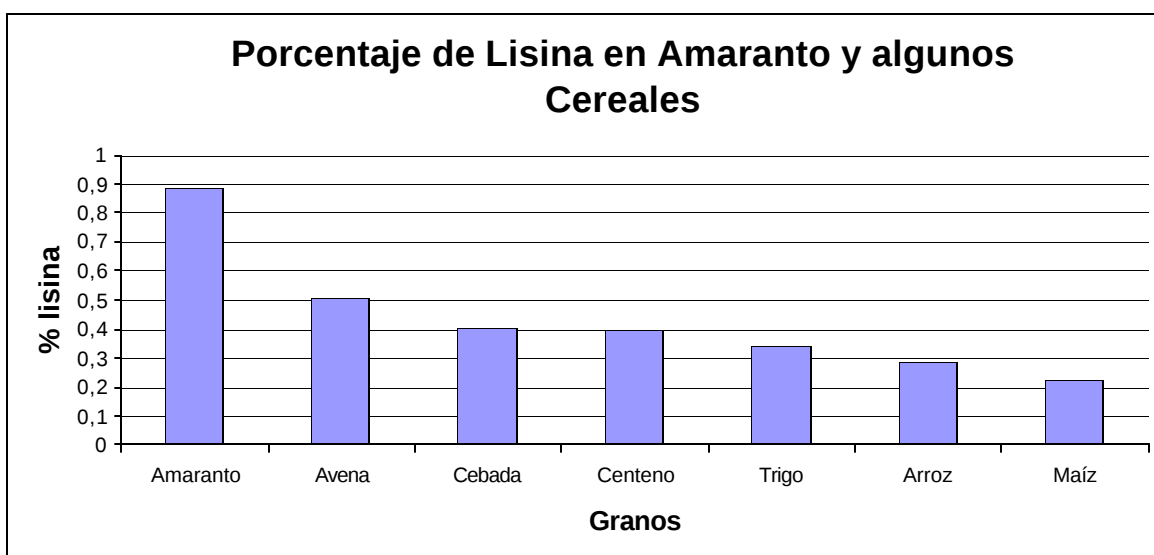


Figura 2.16 Contenido de lisina en Amaranto en relación a otros granos.

Fuente: [24]

Se ha encontrado un promedio de 4.6 a 4.4 % de oxalatos en la planta, estos niveles no pueden considerarse tóxicos si se estima que un consumo de 100 g de materia verde estaría aportando aproximadamente 0.5 g de oxalatos, 40 % de lo cual se considera que es soluble y puede eliminarse con la cocción. Esta cantidad de oxalato ingerido no resultaría dañina para el humano, ya que no llega a cubrir la dosis letal, considerada como 2 a 5 gramos de ácido oxálico.

Investigaciones realizadas han encontrado valores promedio de 0.43 % y 0.54 % de nitratos en las hojas y 1.72 % en los tallos. Estos niveles son similares a los constatados en otras verduras, la presencia de esta sustancia no reduce significativamente la excelente calidad nutritiva del amaranto, sobre todo en vista de que puede ser eliminada con el agua de cocción [7]

2.8.6 Tratamientos térmicos en el amaranto.

Las investigaciones emprendidas para evaluar el efecto del tratamiento térmico en el Amaranto han determinado que las semillas no tratadas son de baja calidad comparada con los controles de caseína utilizados. No obstante, el valor nutritivo del amaranto mejora notablemente con los tratamientos térmicos controlados. [17,68]

2.8.6.1 Reventado.

El proceso de reventado es el comúnmente utilizado para preparar la golosina llamada alegría en nuestro país, este proceso le confiere al grano de amaranto ventajas nutricionales como: un incremento de volumen y mejoramiento de las propiedades sensoriales haciéndolo además atractivo y funcional.

Este tratamiento no sólo le da una estructura atractiva al amaranto, sino que también le desarrolla sabor. El reventado de la semilla de amaranto ha sido recomendado por Oke [49] para superar los problemas de molienda originados por el pequeño tamaño y arenosidad de la semilla. El reventado de amaranto resulta en un incremento de volumen arriba de 1.5 veces.

Kalinowsky [30] informa que los valores de la Relación de Eficiencia de la Proteína (REP) y de la Utilización Neta de la Proteína (NPU) de una semilla que no ha recibido ningún tratamiento térmico equivale a cerca del 74% con relación a la caseína. Sin embargo, esto contradice el valor teóricamente previsto, calculado a partir de su contenido de aminoácidos esenciales, lo cual sugiere la presencia de ciertos factores antifisiológicos en la semilla cruda, ya que los valores de REP y NPU para una semilla tratada térmicamente son del 96% con relación a la caseína. Esto sugiere que existe una mejora de la calidad de la proteína de la semilla de amaranto, asociada principalmente al proceso de reventado.

Carpenter informa que en la semilla reventa da la proteína cambia de conformación y esta modificación hace más disponibles ciertos aminoácidos, además de que el tratamiento térmico destruye los factores antifisiológicos. La digestibilidad aparente del nitrógeno de la semilla tratada térmicamente es del 77%. [13]

2.8.6.2 Extrusión.

Este proceso mejora la calidad nutricia de la materia prima, ya que ataca algunos factores antinutricios, algunos resultados obtenidos son: que la grasa aumenta al igual que la retención de agua, se incrementa la Relación Neta de Proteína (NPR), y se provoca un daño en el almidón. [17]

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar la formulación y el proceso tecnológico de una pasta de preparación rápida a partir de una mezcla que incluya verdura, harina y germinado de amaranto con características sensoriales y nutricias adecuadas a las necesidades de la población rural de la región Mixteca.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Desarrollar la formulación que permita un contenido proteico mayor al mínimo requerido por la Norma Mexicana NMX-023-F, para pastas alimenticias.
- Establecer la formulación que permita obtener un computo químico superior a 80 para el aminoácido esencial lisina.
- Obtener un mínimo de 80 % del nivel de agrado por parte de los consumidores potenciales en las pruebas sensoriales.
- Obtener un producto de bajo costo equivalente al que presentan productos similares en el mercado.

3. MATERIALES Y MÉTODOS.

Pasta para sopa.

Para la realización de este proyecto se efectuaron diversas pruebas técnicas que permitieron la preparación de pastas para sopa según se esquematiza en la Figura 3.1.

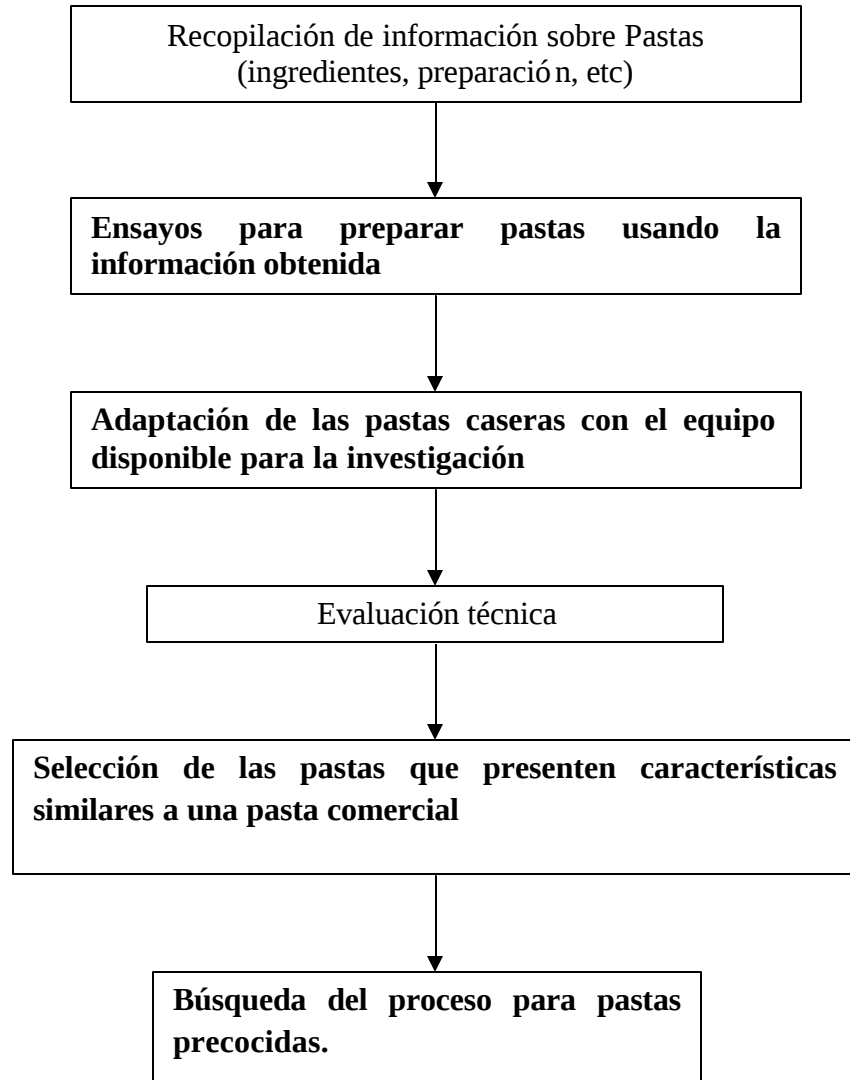


Figura 3.1 Esquema general del procedimiento empleado en la Investigación preliminar para el desarrollo de pastas para sopa.

En el Cuadro 3.1 se muestran 4 diferentes recetas para hacer pastas caseras, con ello se probó el equipo para elaborar pasta, disponible en la planta piloto de Alimentos de la Universidad Tecnológica de la Mixteca. Con varias repeticiones de estos ensayos se determinó la manera de preparar la pasta base para este proyecto. Las recetas se obtuvieron de diversas fuentes; Receta 1: Las delicias de las pastas[70]; Receta 2: El gran libro de la pasta[34]; Receta 3: El gran libro de la pasta[34]; Receta 4: Comunicación verbal [53].

Cuadro 3.1 Recetas diferentes para la preparación de pastas caseras.

Ingrediente	Receta 1	Receta 2	Receta 3	Receta 4
Harina de trigo ^a	2 ½	1	1	1
Huevo ^b	2 ½	-	2 ½	-
Aceite ^c	1	-	1	3 - 4
Agua ^d	85	25-30	-	-

a. taza; b. unidad; c. cucharada; d. ml.

1 taza = 250 g

Se prepararon las 4 diferentes recetas, con base a lo marcado en cada una de las mismas, evaluándose estas, de acuerdo a ciertas características presentadas por la pasta tales como: elasticidad, maleabilidad, pegajosidad, etc., facilidad de preparación, adaptación al equipo utilizado y el costo de la formulación.

Para la obtención de la pasta base con las características requeridas para este proyecto, fue necesario proponer modificaciones que dependieron de la idea de cómo llegar a obtener una pasta precocida, así como la adaptación de las formulaciones realizadas anteriormente.

Con este conocimiento se plateó el esquema de la figura 3.2, que señala las dos vertientes claves de la investigación que son el desarrollo de la pasta para sopa precocida enriquecida y la búsqueda del proceso.

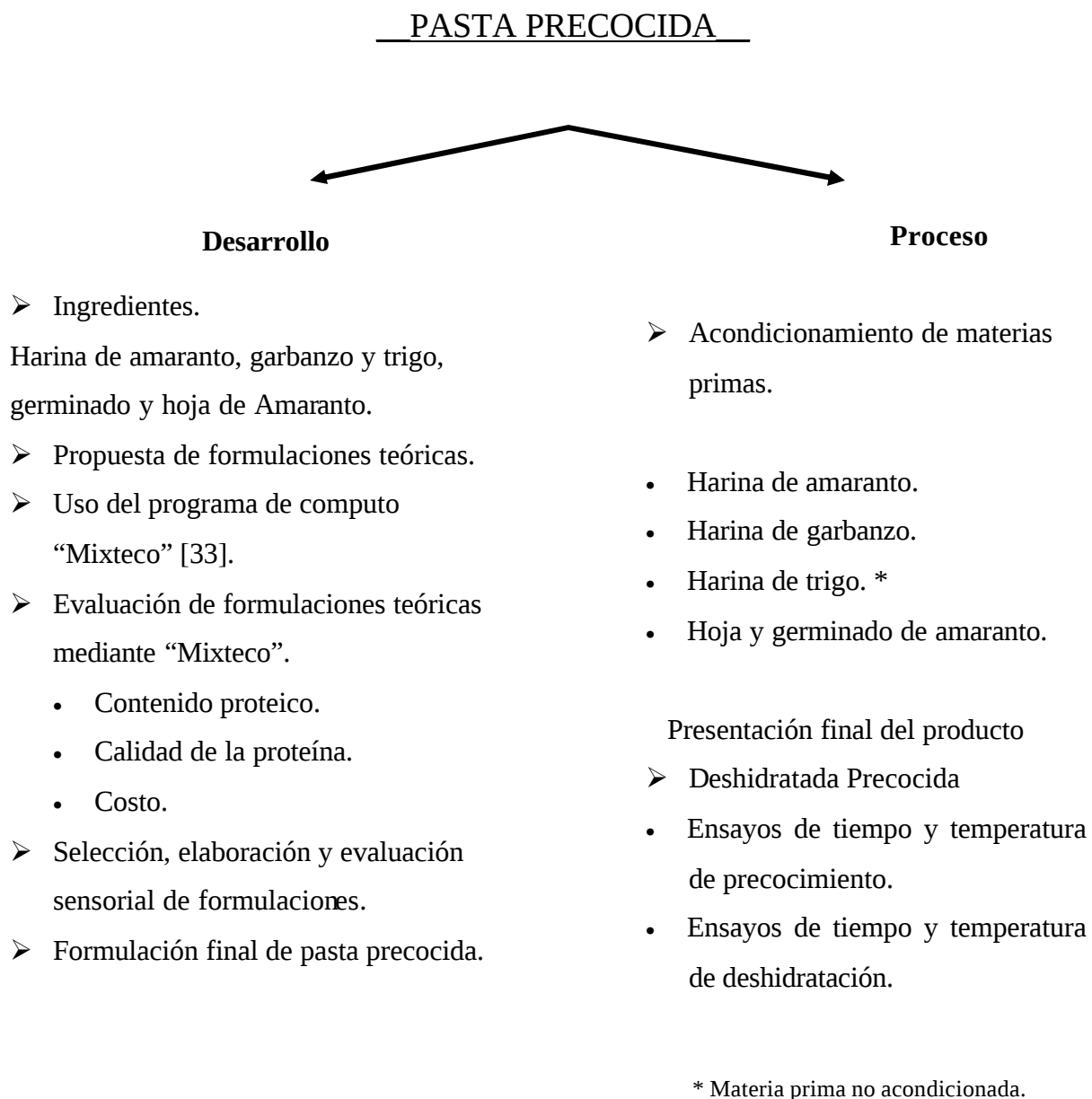


Figura 3.2 Aspectos considerados en el procedimiento resultante para el proyecto de la obtención de pasta precocida.

En la Figura 3.2 se muestran dos aspectos en los que se ha segmentado la investigación de la pasta precocida, del lado izquierdo esta el desarrollo donde se considera a los ingredientes, la propuesta de formulaciones teóricas [siendo estas 10 formulaciones propuestas en base a datos conocidos del amaranto en algunos productos alimenticios que combinan amaranto con trigo], [62] la evaluación de las formulaciones mediante el

programa Mixteco, [el programa calcula primordialmente, contenido de proteína, calidad de la proteína (computo químico), y costo de cada una de las formulaciones propuestas]. Posteriormente en base a los resultados obtenidos por el programa se seleccionaron las muestras a elaborarse para poder evaluarlas sensorialmente con los consumidores potenciales. Posteriormente hacer una selección final.

El otro aspecto es el proceso, que se inicia a partir del acondicionamiento de las materias primas, posteriormente se planteó el método para obtener pasta precocida, después se hicieron los ajustes del método en cuanto a tiempos y temperaturas de precocimiento, de secado y de rehidratación, para que finalmente se efectuara la estandarización del proceso con la formulación final

Para la obtención de la pasta precocida, se partió de que ésta tenía que ser una pasta deshidratada y que al rehidratarse estuviera lista para el consumo, siendo este aspecto la diferencia principal con las pastas preparadas inicialmente. Entonces se hicieron ensayos de tiempos y temperaturas en el precocimiento, hasta encontrar la mejor combinación, del mismo modo se procedió para el secado, y la rehidratación de la pasta. Para las etapas de precocimiento y rehidratación se diseñaron diseños experimentales, que se detallan mas adelante.

Finalmente en la Figura 3.3 se presenta un esquema que resume el proceso utilizado en la investigación para la obtención de la pasta para sopa precocida enriquecida.

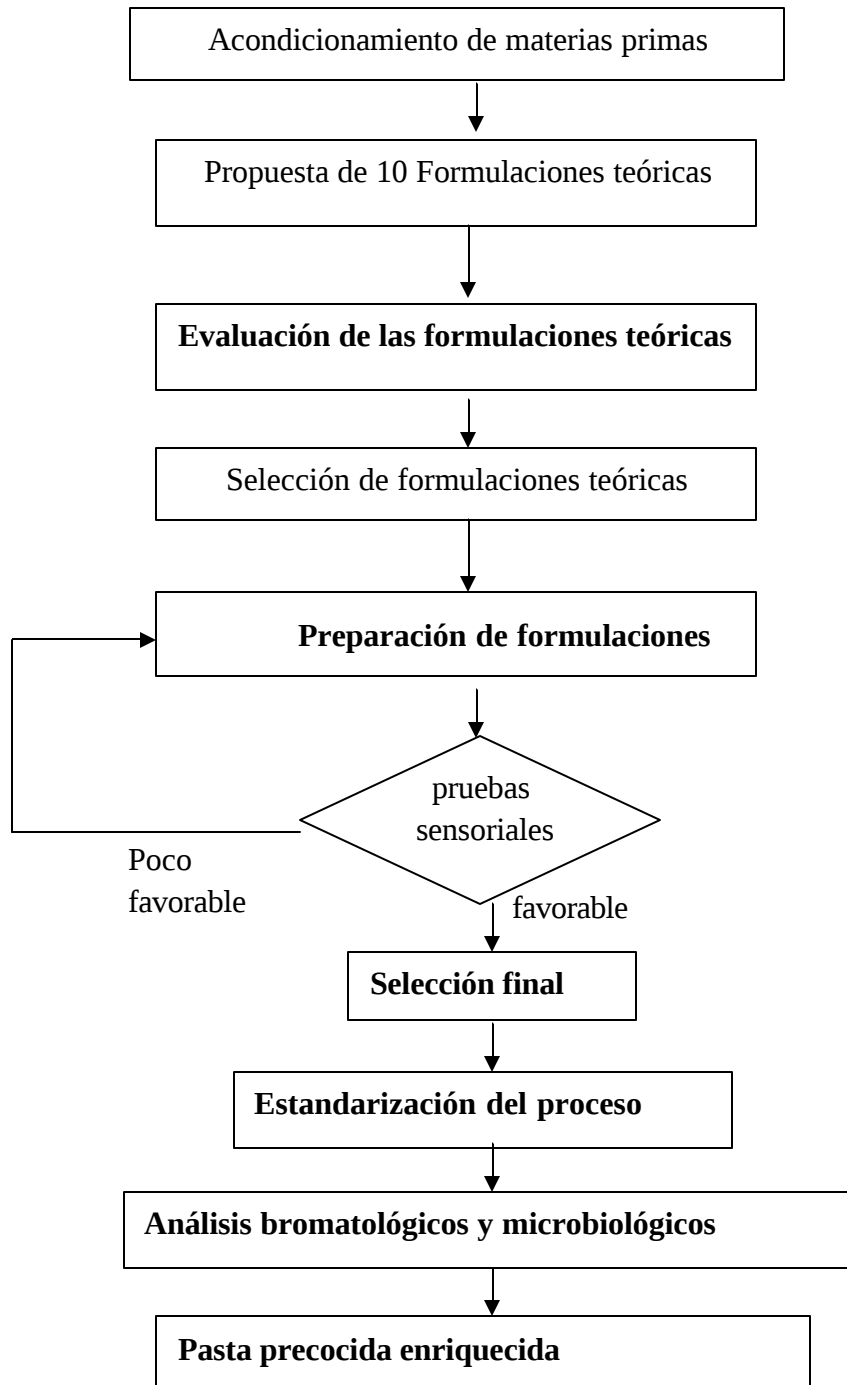


Figura 3.3 Diagrama del proceso usado en la investigación para la obtención de la pasta precocida enriquecida.

3.1 Características de la materia prima.

La pasta precocida resultado de esta investigación se elaboró a base de las siguientes materias primas:

- Semilla de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*) proveniente de la comunidad de San José Tenerías y de la cosecha de Invierno de 2001.
- Hoja de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*) proveniente de diferentes plantíos de la comunidad de San José Tenerías correspondiente a la siembra de mayo de 2001 y cosechada en los meses de Junio y Julio del mismo año, utilizándose de manera indistinta a su tamaño.
- Semilla de garbanzo comercial adquirido en comunidad de Santiago Huajolotitlan, desconociéndose la variedad específica y la fecha de su cosecha.
- Harina de trigo reposada comercial, adquirida en la localidad de Huajuapán de León Oaxaca.

3.2 Acondicionamiento de las materias primas para la pasta.

En el caso general de las harinas de amaranto, garbanzo y trigo, germinado y pulpa de hoja de amaranto, el proceso de obtención resulta importante porque de esto depende el que las características de la pasta sean constantes, siendo fundamental y necesario la estandarización del proceso de obtención de estas materias primas.

El hecho de que la materia prima a usar mantenga una calidad adecuada, se ve reflejado en el producto final, por lo que la adquisición de las semillas se hizo con especial interés, en el caso de las semillas para las harinas, puesto que el trigo se adquirió como harina. Se estableció un mismo lugar de procedencia para su adquisición, para prevenir variabilidad entre las semillas. También se tomó en cuenta los costos y la facilidad para obtener las semillas, para tener la seguridad de un abasto seguro de acuerdo a las necesidades durante el transcurso de este proyecto. En los puntos siguientes se desglosa el proceso de acondicionamiento de cada una de las materias primas que lo requirieron.

3.2.1 Obtención de germinado de amaranto.

Para la obtención del proceso de elaboración de germinados, se tomó como guía lo reportado en la página electrónica de la PROFECO de Tecnologías Domésticas [56]. Se hicieron modificaciones para adaptarlo a la semilla de Amaranto, puesto que la técnica ahí mostrada es para semillas de mayor tamaño. Para realizar experimentalmente el proceso de obtención del germinado de amaranto, se propuso el diseño experimental mostrado en cuadro 3.2,[41] el diseño experimental involucra el tiempo de remojo, temperatura y tiempo de incubación, siendo la variable de respuesta el tamaño de la plúmula en centímetros, esto con la ayuda de un vernier. Para la corrida experimental este diseño se tomaron 100 g de semilla de amaranto para cada lote, estos se remojaran en tiempos de 4, 6,8 y 12 horas, posteriormente se dividió el lote de semilla en dos partes incubándose cada una de ellas a temperaturas de 30 y 35 °C durante 24, 36 y 48 horas. Todos el procedimiento se llevó a cabo en tres corridas experimentales.

Cuadro 3.2 Diseño experimental para la germinación de semilla de Amaranto.

Tiempo Incub. h	Tiempo de remojo (horas)							
	4		6		8		12	
	Temperatura de incubación °C							
	30	35	30	35	30	35	30	35
24								
36								
48								

3.2.1 Obtención de harina de amaranto.

La harina de amaranto se obtuvo en la planta piloto de Alimentos de la Universidad Tecnológica de la Mixteca, a partir de semillas de la comunidad de San José Tenerias, Oaxaca. La semilla se sometió a un reventado, posteriormente la semilla reventada se sometió a molienda, en un molino de discos dentados. Una vez hecha harina, esta se cribó en un equipo tamizador Sieve Shaker, marca Mont Inox y el producto se almacenó en recipientes de polietileno de alta densidad, a temperatura ambiente.

3.2.2 Obtención de harina de garbanzo.

La harina de Garbanzo al igual que la harina de amaranto se obtuvo en la planta piloto de Alimentos de la Universidad Tecnológica de la Mixteca, a partir de semillas adquiridas en la comunidad de Santiago Huajolotitlan, la semilla fue seleccionada, con la finalidad de que las semillas dañadas no interfirieran en la harina resultante. Una vez seleccionada la semilla fue sometida a un proceso de remojo, cocción, secado, molienda, tamizado y almacenado. Se almacenó en recipientes de polietileno de alta densidad, a temperatura ambiente.

3.2.3 Obtención de pulpa de hoja de amaranto.

La pulpa de hoja de amaranto en “fresco” y “deshidratado” se obtuvieron en la planta piloto de alimentos de la Universidad Tecnológica de la Mixteca. Para establecer un método de obtención de pulpa de hoja de amaranto, se hizo de acuerdo a una adaptación de la elaboración de una técnica de quelites cocidos aportado por un ama de casa de la Ciudad de Huajuapán de León, que consiste primeramente en lavar los quelites, eliminando todas las hojas que se encuentren en mal estado físico, no importando para esto el tamaño, posteriormente someterlos a cocción sin los condimentos que la receta indicaba (cebolla, ajo y chile), la cocción durante 10 a 15 minutos, después de este tiempo, los quelites, de acuerdo a la receta pueden ser consumidos, en este caso, las hojas de amaranto cocinadas se escurrieron y se molieron en una licuadora industrial, posteriormente se almacenó en frascos de vidrio, en refrigeración. Para el caso de la pulpa deshidratada; después de ser molida se sometió a un secado, con una temperatura de 60 °C durante 90 minutos; ambas presentaciones se almacenaron en frascos de vidrio.

3.2.4 Obtención de la zanahoria deshidratada.

La zanahoria deshidratada se obtuvo; primeramente haciendo un lavado a la zanahoria fresca, posteriormente se troceó en cuadros de aproximadamente de 0.5 cm, una vez troceados se sometió a 93 °C en agua y posteriormente a deshidratación. La obtención de los trozos de zanahoria deshidratada fue en la planta piloto de alimentos de la Universidad Tecnológica de la Mixteca.

3.2.5 Harina de trigo.

La harina de trigo reposada se adquirió en saco de 50 Kg en tienda de abarrotes de la ciudad de Huajuapán, se almacenó en recipientes de polietileno de alta densidad, a temperatura ambiente. Para la elaboración de pastas alimenticias se utiliza harina de trigos duros, esto porque contienen características proteínicas que son idóneas para este tipo de productos.

3.3 Diseño de las formulaciones o mezclas teóricas.

El diseño de las formulaciones teóricas (Cuadro 3.3), se hizo variando las cantidades en porcentajes de las materias primas usada para la elaboración de la pasta, para posteriormente introducir estos valores en el programa de cómputo Mixteco. La harina de amaranto se varió de 10 hasta 40 %, esto por trabajos anteriores [62]; la harina de garbanzo de 5 a 33%; la harina de trigo de 50 a 75 %; a cada una de estas formulaciones se le agregó pulpa de hoja de amaranto en una cantidad constante de 50 g de la presentación en “fresco” o 5 g de la presentación deshidratada, así como 8 ml de aceite. En el cuadro 3.3 se muestran 10 formulaciones con las cantidades porcentuales y en gramos para un total de 250 g de harinas.

Cuadro 3.3 Formulaciones teóricas hechas para la elaboración de la pasta.

	Harina de amaranto		Harina de garbanzo		Harina de trigo	
	%	g	%	g	%	g
MT- 1	10	25	15	37.5	75	187.5
MT- 2	10	25	25	62.5	65	162.5
MT- 3	10	25	20	50	70	175
MT- 4	15	37.5	15	37.5	70	175
MT- 5	17	42.5	33	82.5	50	125
MT- 6	20	50	10	25	70	175
MT- 7	25	62.5	5	12.5	70	175
MT- 8	30	75	10	25	60	150
MT- 9	35	87.5	5	12.5	60	150
MT- 10	40	100	10	25	50	125

Estas cantidades e ingredientes mostrados en el cuadro anterior son para la preparación de la pasta base.

3.4 Evaluación de las formulaciones teóricas.

El programa “Mixteco” [33] sirvió para evaluar las muestras teóricas, principalmente en contenido y calidad de la proteína (computo químico), así como el costo de los ingredientes de cada formulación. Una vez que se tuvieron las formulaciones propuestas, se evaluaron en el programa, para que de acuerdo a los resultados obtenidos se procediera a la selección de algunas de ellas en base a criterios mencionados mas adelante. En el programa se evalúan los ingredientes de cada formulación que son la pasta base mas el germinado de amaranto y la zanahoria. La base de datos para el programa requeridos para esta proyecto se muestran en el anexo A.

3.5 Selección de formulaciones teóricas.

La selección de las muestras se basó principalmente en el contenido del aminoácido esencial lisina, aminoácido limitante en los cereales y esencial para el crecimiento. Se seleccionaron las muestras que tuvieran un computo químico no menor al 80 de acuerdo a las recomendaciones dadas por la FAO/OMS 1973 [75]. En cuanto al contenido de proteína se preseleccionaron las muestras que tuvieran un contenido superior al 13 %.

Basándose principalmente es estos dos aspectos se establecieron las formulaciones seleccionadas, para posteriormente ser elaboradas.

3.6 Preparación de formulaciones teóricas.

Con las mezclas teóricas seleccionadas de acuerdo al programa, de calidad y contenido de proteína, se elaboraron las formulaciones a nivel laboratorio siguiendo el proceso adaptado e ideado a partir de las pruebas realizadas con anterioridad. Primeramente se preparó la pasta base, para posteriormente integrarla junto con los ingredientes adicionales como son: germinado de Amaranto, zanahoria deshidratada en trozos y el sazónador. La pasta precocida y deshidratada se colocó en vasos de poliestireno expandido con tapa del mismo material y ahí se agregaron los trozos de zanahoria deshidratada, el germinado de amaranto deshidratado, así como el sazónador sabor camarón. Para consumir el alimento una vez contenido todo esto en el vaso se le debe agregar agua en ebullición.

3.6.1 Pruebas de precocimiento de la pasta base.

El precocimiento de la pasta base estuvo basado en el diseño experimental plateado para determinar el mejor tiempo de cocimiento de la pasta, mostrado en el cuadro 3.4.[41] En este diseño la pasta base seleccionada se sumergió en agua en ebullición sacándose muestras aleatorias en los tiempos determinados (1,2,3,...,7 minutos), [40] la variable de respuesta del precocimiento es una calificación asignada, la calificación es de acuerdo a la apariencia visual mostrada por la pasta al colocarla entre dos vidrios, observándose un “hilo” así como puntos blancos, indicadores de la falta de cocimiento. La escala de calificación es de 1 al 5, siendo 5 la mejor calificación considerada de acuerdo a los aspectos anteriores y 1 la peor. Por “hilo” se entiende como la línea de pasta que se observa entre los vidrios al presionarla cuando aun le falta cocimiento.

Cuadro 3.4 Diseño experimental de precocimiento de las formulaciones de pasta.

Tiempo Precocimiento (min)	Formulaciones		
	FT-?	...	FT-?
1		...	
2		...	
3		...	
4		...	
5		...	
6		...	
7		...	

3.6.2 Secado de la pasta base.

El secado de la pasta base se realizó de acuerdo a lo reportado en la literatura para pastas, que es la de secar la pasta sometiendo primeramente a una temperatura de 35-40 °C durante 4 horas y posteriormente aumentar la temperatura a 55-60 °C durante 8 horas.[40]

3.6.3 Pruebas de rehidratación.

Las pruebas de rehidratación de la pasta base con los ingredientes adicionales se realizaron con base al diseño experimental mostrado en el Cuadro 3.5, con la finalidad de determinar estadísticamente el mejor tiempo de rehidratación de la pasta.[41] Para ello cada muestra (20 g) contenida en un vaso de poliestireno expandido se le adicionó agua en ebullición (50 ml), durante los tiempos determinados para ellos, al cumplirse el tiempo de rehidratación el agua fue desechada procediéndose a asignarle una calificación respectiva de 1 a 5, el criterio de evaluación para calificar la prueba de rehidratación que fue la variable de respuesta es de manera visual y al tacto evaluar la pasta, siendo 5 la mejor calificación y 1 la peor.

Cuadro 3.5 Diseño experimental para las pruebas de rehidratación de las formulaciones de pasta para sopa.

Tiempo		Formulaciones	
Rehidratación (min)	FT-?	...	FT-?
1		...	
2		...	
3		...	
4		...	
5		...	
6		...	
7		...	

3.7 Evaluación sensorial de las formulaciones.

Las formulaciones seleccionadas se sometieron a evaluación sensorial mediante una prueba afectiva, que consiste en la evaluación del nivel de agrado de los consumidores potenciales, [3] estas pruebas se realizaron en 10 comunidades de la región Mixteca, en cada comunidad con un grupo compuesto de 20 personas, de diferentes edades, niños, jóvenes y adultos, siendo en su mayoría mujeres, se trabajó con estos grupos por ya estar organizados en cajas de ahorro que promueve CACTUS A. C. resultando un total de 200 jueces no entrenados, utilizando una escala hedónica gráfica de caritas de cinco puntos.[3] Los resultados se sometieron a un análisis estadístico con un nivel de significancia de 0.05,[41] esta prueba va a ayudar a determinar la formulación final.

Cuadro 3.6 Diseño experimental para la prueba de nivel de agrado de las formulaciones evaluadas.

Jueces No entrenados (consumidores)	Formulaciones		
	FT-?	...	FT-?
1		...	
2		...	
3		...	
.	...	...	...
.	...	...	...
.	...	...	...
198		...	
199		...	
200		...	

3.8 Selección de la formulación final.

Una vez que se evaluaron las formulaciones, para seleccionar la formulación final ésta será la que tenga un nivel de agrado mayor al 80% por parte de los consumidores potenciales, así como un contenido de proteína mayor al 13%.

3.9 Estandarización del proceso.

Ya contando con una formulación final, se realizó la estandarización de tiempos, temperaturas y cantidades requeridas para el proceso de la obtención de la pasta precocida enriquecida, esto con la finalidad caracterizar adecuadamente el proceso, que sea estable y bien determinado, para que la calidad del producto sea uniforme y constante. [42]

3.10 Análisis bromatológicos y microbiológicos.

La caracterización final de la pasta precocida enriquecida obtenida se realizó mediante análisis bromatológicos y microbiológicos.

Los análisis bromatológicos y microbiológicos que se realizaron a la pasta precocida, fueron los marcados por la norma NMX-F-023-NORMEX-2002 Pasta- Características, denominación Clasificación Comercial y Métodos de Prueba.[43] Las determinaciones efectuadas se anotan en el Cuadro 3.7 para la determinación química y en el Cuadro 3.8 para la determinación microbiológica.

Cuadro 3.7. muestra las determinaciones químicas hechas a las pasta precocida con su respectivo método de prueba.

Determinación	Método de prueba
Proteína (%)	12.1*
Fibra cruda (%)	NNX-F-090-S-1978 [44]
Cenizas (%)	12.2*
Humedad (%)	12.4*

* Método de prueba de la norma NMX-F-023-NORMEX -2002.

Cuadro 3.8 Muestra las determinaciones microbiológicas hechas a la pasta precocida con su respectivo método de prueba.

Determinación	Método de prueba
Hongos ufc/g	NOM-111-SSA1-1994 [46]
Levaduras ufc/g	NOM-111-SSA1-1994 [46]
Coliformes Totales ufc/g	NOM-113-SSA1-1994 [47]

Cada una de las determinaciones químicas y microbiológicas se hicieron por triplicado.

3.11 Listado general de equipos y reactivos utilizados.

Maquina para pastas. Atlas Marcato.

Maquina para pastas. Regina Mascato.

Procesador de alimentos. Kitchen Aid. Ultra Power. 6 velocidades.

Fermentador. Luckie hasta 60 ° C.

Estufa. Continental. 6 quemadores.

Mezcladora.

Licuada Industrial. Jersa

Molino de discos dentados.

Balanza analítica. Ohaus 210 g.

Equipo de digestión y destilación micro Kjeldahl. Labconco.

Mufla.

Estufa de incubación

Tamizador Sieve Shaker. Mont Inox. 6 tamices.

Instrumental y equipo de laboratorio.

Reactivos:

Agar triptona-extracto de levadura (agar cuenta estándar).

Agar papa dextrosa.

Caldo E. C.

Caldo verde brillante bilis.

4. Resultados.

4.1 Pastas para sopa.

Las 4 recetas diferentes que sirvieron para probar el equipo disponible para pastas y determinar la manera de preparar la pasta base para este proyecto se prepararon de acuerdo a lo marcado con la técnica de cada una, en el Cuadro 4.1 se muestran las observaciones generales en lo referente a características del producto obtenido y su posible adaptación al proceso y equipo.

Cuadro 4.1 Características de los productos obtenidos en 4 recetas de pastas caseras.

Receta	Observaciones
Receta No. 1	Esta pasta presentó una buena elasticidad, muy suave, ligeramente pegajosa, lo que dificulta moderadamente su extrusión, su preparación es fácil, porque en la mezcladora se integran bien los ingredientes, pero por la suavidad no facilita su extrusión.
Receta No. 2	Esta pasta es muy seca, poco elástica, no es pegajosa, se facilita su extrusión.
Receta No. 3	Esta pastas es muy suave, no es pegajosa, se integran bien los ingredientes en la mezcladora, tiene buena maleabilidad, pero por la suavidad no se adapta al funcionamiento del equipo para pastas.
Receta No. 4	Esta pasta es moderadamente suave, pero requiere mas tiempo en la mezcladora, para que se obtenga una masa uniforme, esta receta originalmente es para realizarse manualmente, es elástica y se manipula bien al momento de extruirla.

De acuerdo a las observaciones y a la practica de elaborar cada una de las pastas se encontró que la receta 2 y la receta 4 son las recetas que mas se adaptan al equipo, mostrando cada una características favorables y desfavorables, por lo que fue necesario hacer una modificación de una de ellas, se decidió modificar la receta numero 2 a la que se

le agregó la cantidad de aceite utilizada en la receta numero 4, lográndose con esta nueva receta una masa que se adapta mejor al equipo disponible para ello. Esta manera de prepararse se adaptó para la obtención de la pasta base las formulaciones que se trabajaron en este proyecto que sus ingredientes principales fueron: harina de amaranto, harina de garbanzo, harina de trigo y pulpa de hoja de amaranto.

De la gran variedad de formas con que se puede obtener la pasta, al considerar que las pastas comerciales de preparación rápida son generalmente pastas largas, para este proyecto se determinó “taglioni” por ser esta la forma de pasta larga mas delgada que se puede obtener en el equipo disponible para este proyecto. [62]

4.2 Acondicionamiento de materias primas.

Se observo la conveniencia de que las principales materias primas para la obtención de la sopa de pasta precocida enriquecida se encontrara en estado sólido y en polvo (harina) para permitir una mejor integración y consistencia en el producto final.

Para ello se requirió buscar las condiciones particulares que permitieran el acondicionamiento de germinado de amaranto, harina de amaranto, harina de garbanzo, pulpa de hoja de amaranto, y zanahoria deshidratada. Lo establecido para cada uno de ellos se presenta a continuación.

4.2.1 Obtención de germinado de amaranto.

En el Cuadro 4.2 se muestran los datos obtenidos al medir el tamaño en centímetros del germinado de amaranto, que es la variable de respuesta para el diseño experimental. Los datos son el promedio de tres corridas experimentales que se efectuaron de acuerdo al diseño experimental planteado. [41]

Cuadro 4.2 Crecimiento en cm del germinado de amaranto incubado a diferentes tiempos y temperaturas..

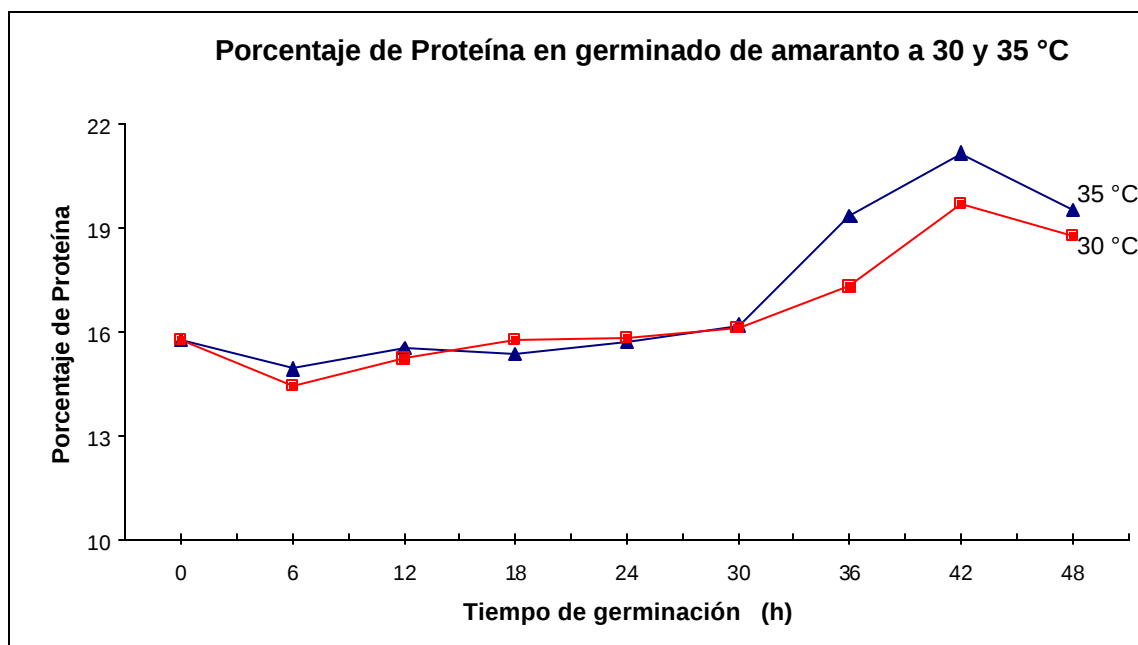
Tiempo Incub. h	Tiempo de remojo (horas)							
	4		6		8		12	
	Temperatura de incubación °C							
	30	35	30	35	30	35	30	35
24	0	1.5	0	1.8	1.5	3.25	2.5	3.75
	0	1.3	0	1.7	1.6	3.3	2.3	3.85
	0	1.7	0	1.75	1.4	3.1	2.4	3.7
36	0.75	2.75	0.75	3.0	2.5	4.0	3.5	5.5
	0.6	2.7	0.7	2.9	2.4	3.9	3.4	5.45
	0.9	2.8	0.8	3.1	2.6	4.15	3.6	5.6
48	1.5	4.0	1.5	4.25	3.25	5.25	4.5	6.5
	1.3	3.9	1.7	4.2	3.2	5.3	4.4	6.6
	1.7	4.1	1.4	4.3	3.3	5.2	4.6	6.4

En forma general al observar los datos de este cuadro se pueden apreciar algunas tendencias como son:

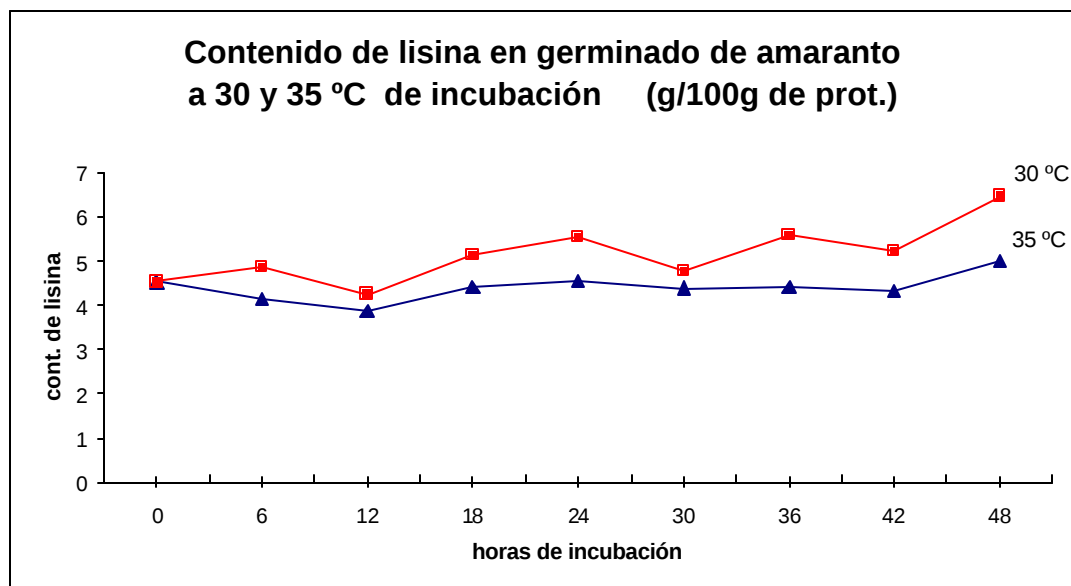
- En todos los casos a 35 °C se contiene una mayor longitud en la plúmula del germinado que a 30 °C.
- A mayor tiempo de remojo la diferencia en longitud de plúmula a estas dos temperaturas (30 y 35 °C) se hace mas notoria.

El análisis estadístico se resolvió mediante un diseño factorial general de tres factores, [41] los factores fueron: tiempo de remojo, temperatura de incubación y tiempo de incubación. el resultado del análisis fue que existen diferencias significativas entre cada uno de los factores así como entre sus combinaciones a un nivel de significancia (α) de 0.05, [41] con esto obtenemos que se puede elegir cualquiera de las combinaciones de factores, pero para hacer esta selección nos basamos en que requerimos un tamaño de germinado entre 3 y 4 cm de longitud, esto porque se observó que a tamaños de germinado

mayores a 4 cm es mas fibrosa la plúmula característica que interviene sensorialmente de manera negativa, por lo que se decidió elegir germinados menores a 4 cm y mayores a 3 cm de longitud. Otra información que ayudo a elegir los parámetros para la obtención de germinado fue la determinación del contenido de proteína a 30 y 35 °C a tiempos de germinación de 0, 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42 y 48 horas, mediante la técnica de micro-kjeldhal para determinación de proteínas [45], los tiempos elegidos para la determinación de proteína fueron similares a información bibliográfica referente al contenido de lisina en el germinado de amaranto así como las temperaturas [24], esto con la finalidad de comparar el contenido de proteína y lisina a los mismos tiempos y temperaturas y usar esa información para la elección de los mejores parámetros para la obtención del germinado de amaranto. En el Figura 4.1 se muestran graficados los resultados de la determinación de proteína del germinado de amaranto, donde se observa que después de las 30 horas de germinación se inicia un incremento del contenido de proteína en ambas temperaturas de incubación.



En la Figura 4.2 de manera gráfica se muestra el contenido de lisina en germinado de amaranto [24], en esta figura se observa que hay mayor contenido de lisina a 30 °C de incubación que a 35 °C.



entre 3 y 4 cm se hizo la elección de los mejores parámetros de germinación de amaranto. De las combinaciones del diseño encontramos que 6 de ellas se encuentran dentro del rango del tamaño establecido (3 y 4 cm), como sabemos de acuerdo a las determinaciones realizadas que hay incremento de proteína en tiempos mayores de 30 horas de incubación, se reducen a 4 combinaciones que cubren con tamaños entre 3 y 4 cm de longitud, y con tiempos de incubación mayores a 30 horas, de estas eliminamos la combinación que tiene un tiempo de incubación de 48 horas, esto porque se puede obtener a un menor tiempo el tamaño alcanzado en 48 horas, de esto, nos quedamos con 3 combinaciones, estas combinaciones son a 36 horas de germinación, dos de ellas a 35 °C y una a 30 °C, optamos por elegir la combinación a 30 °C por necesitar menor cantidad de energía a 30 que a 35 °C así como de acuerdo a la información de la Figura 4.2 que hay mayor contenido de proteína a 30 que a 35 °C, ahora, tomando en cuenta la información del contenido de proteína en el germinado de amaranto (Figura 4.1), observamos que hay un mayor porcentaje de proteína a las 42 horas de incubación, por lo que los parámetros finales resultaron ser: 12 horas de remojo, 42 horas de incubación y una temperatura de incubación de 30 °C.

Una vez que se obtuvieron los parámetros finales para la obtención del germinado de amaranto, se procedió a realizar la estandarización del proceso de obtención, resultando como se muestra en la figura 4.3.

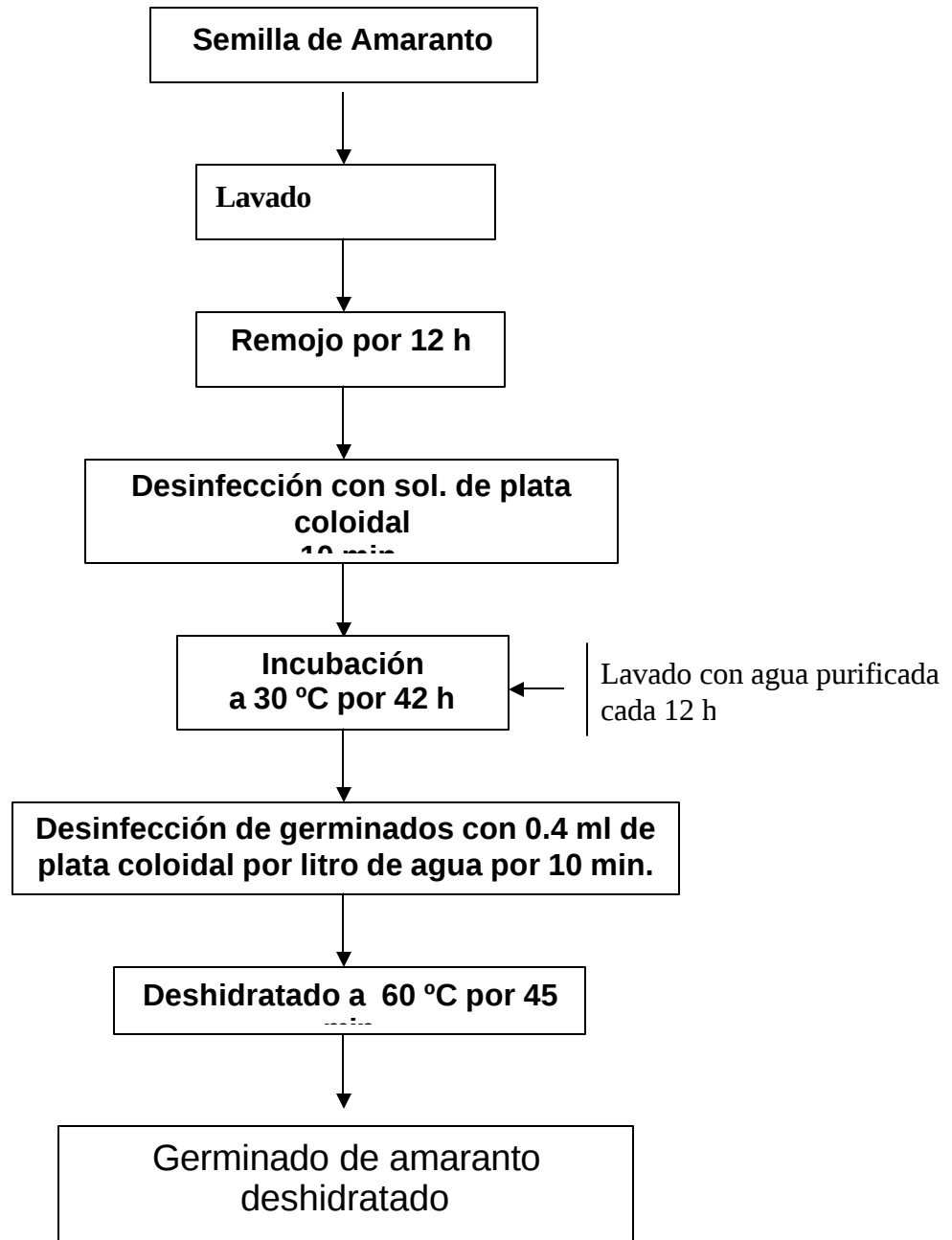


Figura 4.3 Diagrama final de proceso para la obtención de germinado de amaranto deshidratado.

En lo referente a las etapas del proceso se llega a establecer que las condiciones estandarizadas quedó como se describe a continuación.

A. Lavado

Colocar la semilla de amaranto se sobre un recipiente o colador con suficiente agua corriente, y se lavan las semillas manualmente, hasta que no se vea materia extraña o un cambio de color en el agua de lavado.

B. Remojo

Ya lavadas adecuadamente las semillas sumergirlas en agua de tal manera que las semillas queden totalmente cubiertas y tengan suficiente agua para absorber durante esta etapa (aproximadamente 1 parte de semilla por tres de agua). El remojo hacerlo durante 12 horas con agua purificada.

C. Desinfección

Desinfectar las semillas remojadas con una solución de plata coloidal, 0.4 ml/litro de agua (sol. 0.35 % de plata coloidal) durante 10 minutos con la finalidad de eliminar bacterias y hongos adheridos a las superficies de las semillas. Posteriormente con ayuda de un colador previamente desinfectado separar la semilla remojada para continuar a la siguiente etapa.

D. Germinación

Las semillas remojadas y desinfectadas colocarlas sobre la superficie de una esponja con grosor de 1.5 cm previamente desinfectada de la misma forma que las semillas con la solución de plata coloidal por 10 minutos. Las esponjas se colocan en charolas de lámina galvanizada, deben cubrirse $\frac{3}{4}$ partes de la esponja con agua purificada, posteriormente las semillas de amaranto se esparcen lo más homogéneamente posible e incubarlas a 30 °C en una estufa de incubación durante 42 horas, en el lapso de este tiempo lavar el germinado a chorro de agua purificada cada 12 horas verificando el nivel de agua, con la finalidad de que esta sea la suficiente para la germinación. Después de las 42 horas el germinado de amaranto se retira de incubación y de la esponja.

E. Desinfección

El germinado obtenido se desinfecta con la solución de plata coloidal al igual que la semilla remojada, para eliminar microorganismos que pudieran haberse desarrollado durante la incubación. Una vez desinfectado el germinado de amaranto se escurre.

F. Deshidratación

El germinado de amaranto se coloca sobre charolas de lámina galvanizada perforadas lo mejor extendido posible y se introduce en un horno con corriente de aire, para ser deshidratado a una temperatura de 60 °C durante 45 minutos.

4.2.2 Obtención de harina de amaranto.

Para obtener el proceso de elaboración de la harina de amaranto, se requirió el reventado de la semilla de amaranto. [33]

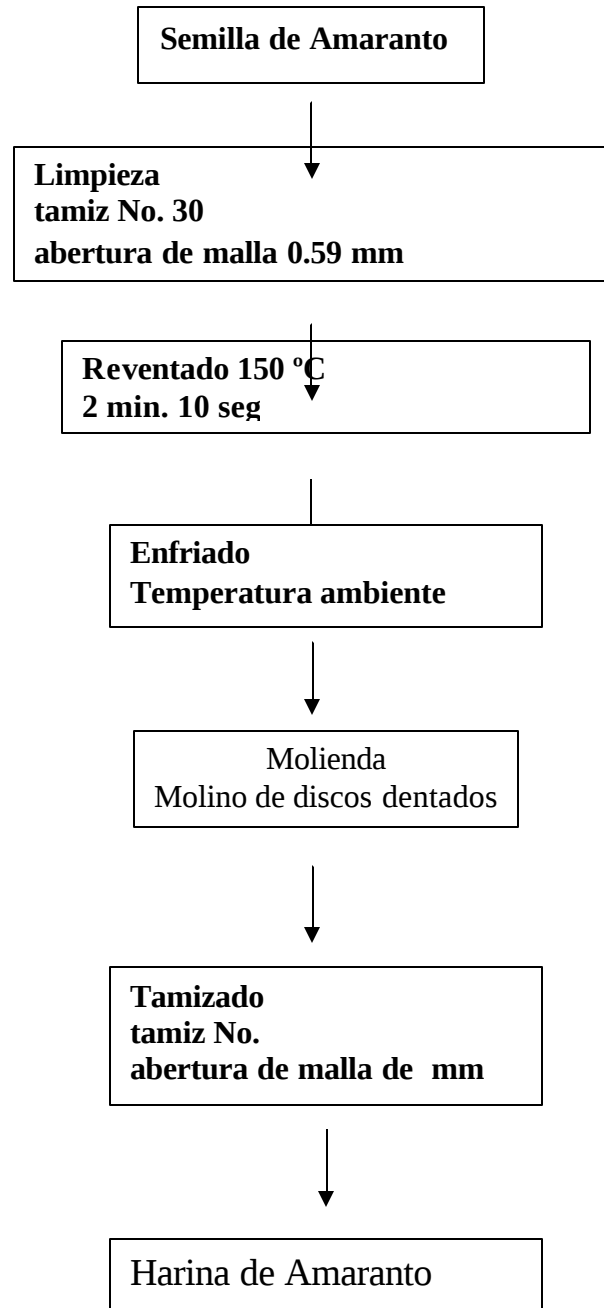


Figura 4.4 Diagrama final de proceso para la obtención de harina de amaranto.

El proceso estandarizado para la obtención de harina de amaranto mostrado esquemáticamente en la Figura 4.4, se detalla a continuación.

A. Limpieza

La semilla de amaranto al igual que varias semillas traen materia orgánica (cascarilla, ramitas, etc.) e inorgánica (tierra, piedras, etc.) diferente a la semilla, la cual requiere de eliminarse antes de su uso, la semilla de amaranto se somete a limpieza con ayuda de un tamiz metálico del número 30, marca Mont - Inox y de aire.

B. Reventado

El reventado de las semillas de amaranto se realiza por lotes de 100 g. Para el reventado se requiere agitación constantemente con la finalidad de proporcionar a las semillas un reventado más homogéneo y evitar que se tueste (quemarse). El reventado se realiza a una temperatura de 150 °C durante 2 minutos 10 segundos.

C. Enfriado

Después del reventado, la semilla de amaranto se deja enfriar a temperatura ambiente para posteriormente pasar a la siguiente etapa.

D. Molienda

La semilla de amaranto reventada y a una temperatura ambiente se somete a molienda en un molino de discos dentados. Hasta obtener un polvo lo mas fino posible.

E. Tamizado

Por último la harina resultante de la molienda se pasa a través de un tamiz, para homogeneizar el tamaño de partícula, de esta manera se obtiene la harina de amaranto para usarse en este proyecto.

4.2.3 Obtención de harina de garbanzo.

La obtención de la harina de garbanzo se realiza de acuerdo a lo establecido en la Figura 4.3, y detallado posteriormente.

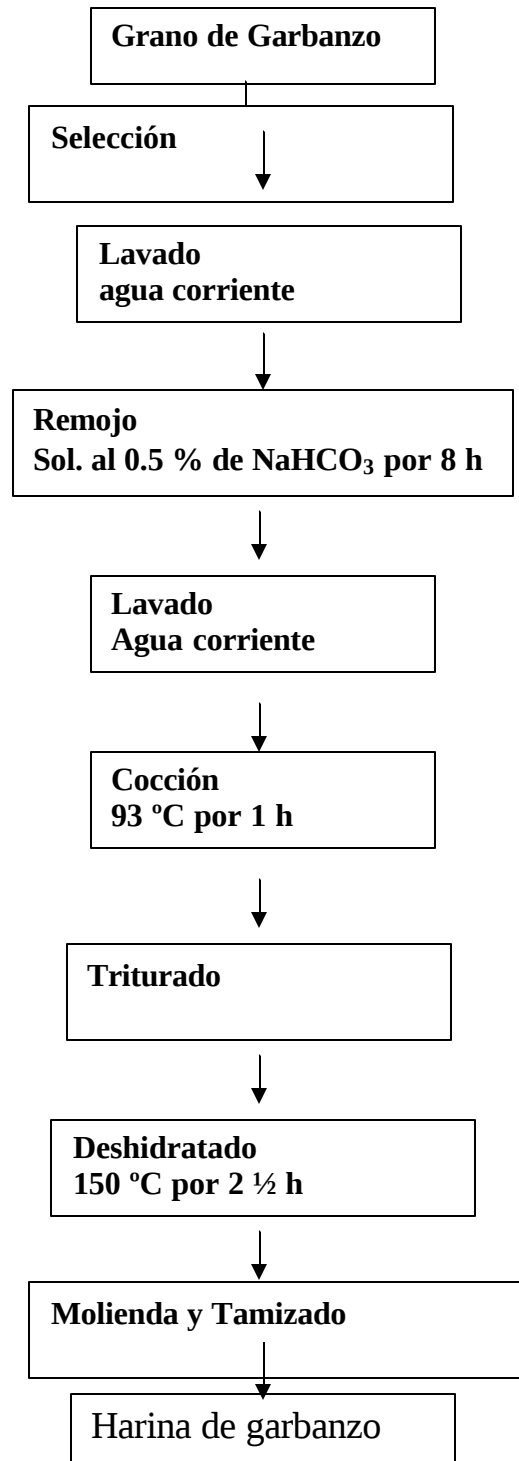


Figura 4.5 Diagrama de proceso para la obtención de harina de garbanzo.

La descripción de la estandarización del proceso de obtención de la harina de garbanzo mostrada esquemáticamente en la Figura 4.5 es dada a continuación.

A. Selección

Esta semilla (garbanzo) al igual que las demás poseen materia extraña a ella tal como es: tierra, madera, piedras y granos en mal estado, por lo que en esta etapa se procede a eliminar toda esa materia extraña y seleccionar las mejores semillas, etc. esto se hace manualmente sobre una mesa de selección de acero inoxidable.

B. Lavado

Las semillas que resulten seleccionadas se lavan en agua corriente para eliminar los residuos de polvo y tierra principalmente, así como materia orgánica más pequeña que aun este adherida a la semilla.

C. Remojo

Una vez lavadas las semillas seleccionadas, se someten a remojo para ablandar la semilla y sea más rápida la cocción, por este motivo se prepara una solución al 5 % de NaHCO_3 (bicarbonato de sodio) que es la solución de remojo, esto con el fin de prevenir el crecimiento de microorganismos y evitar la descomposición del garbanzo. El remojo de la semilla de garbanzo se realiza por 8 horas, la cantidad de solución es de 5 partes por una de semilla de garbanzo, esto con el fin de que haya suficiente agua que pueda absorber la semilla.

D. Lavado

Este lavado se realiza para eliminar los restos de la solución de remojo, así como posibles microorganismos que se hayan desarrollado. El lavado consiste en agua corriente.

E. Cocción

Una vez que fue lavada la semilla, se escurre y se vacía en agua en ebullición (93 °C) para estar en cocción durante 1 hora, transcurrido ese tiempo el garbanzo se escurre y se pasa a la siguiente etapa.

F. Triturado

Una vez que se tiene el garbanzo cocido, es escurrido, después se somete a trituración en una licuadora industrial, esto se realiza hasta obtener partículas de aproximadamente 3 mm de diámetro con el fin de poseer mayor superficie de exposición y se realice una mejor deshidratación.

G. Deshidratado

La pasta obtenida de la trituración se extiende sobre charolas de lámina galvanizada, estas se introducen en el horno con aire forzado a una temperatura de 150 °C durante 2 ½ horas.

H. Molienda

La pasta deshidratada se somete a molienda en un molino de discos dentados hasta obtener un polvo lo mas fino posible, este se criba con un tamiz No. 30, de esta manera se obtuvo la harina de garbanzo.

4.2.4 Obtención de pulpa de hoja de amaranto.

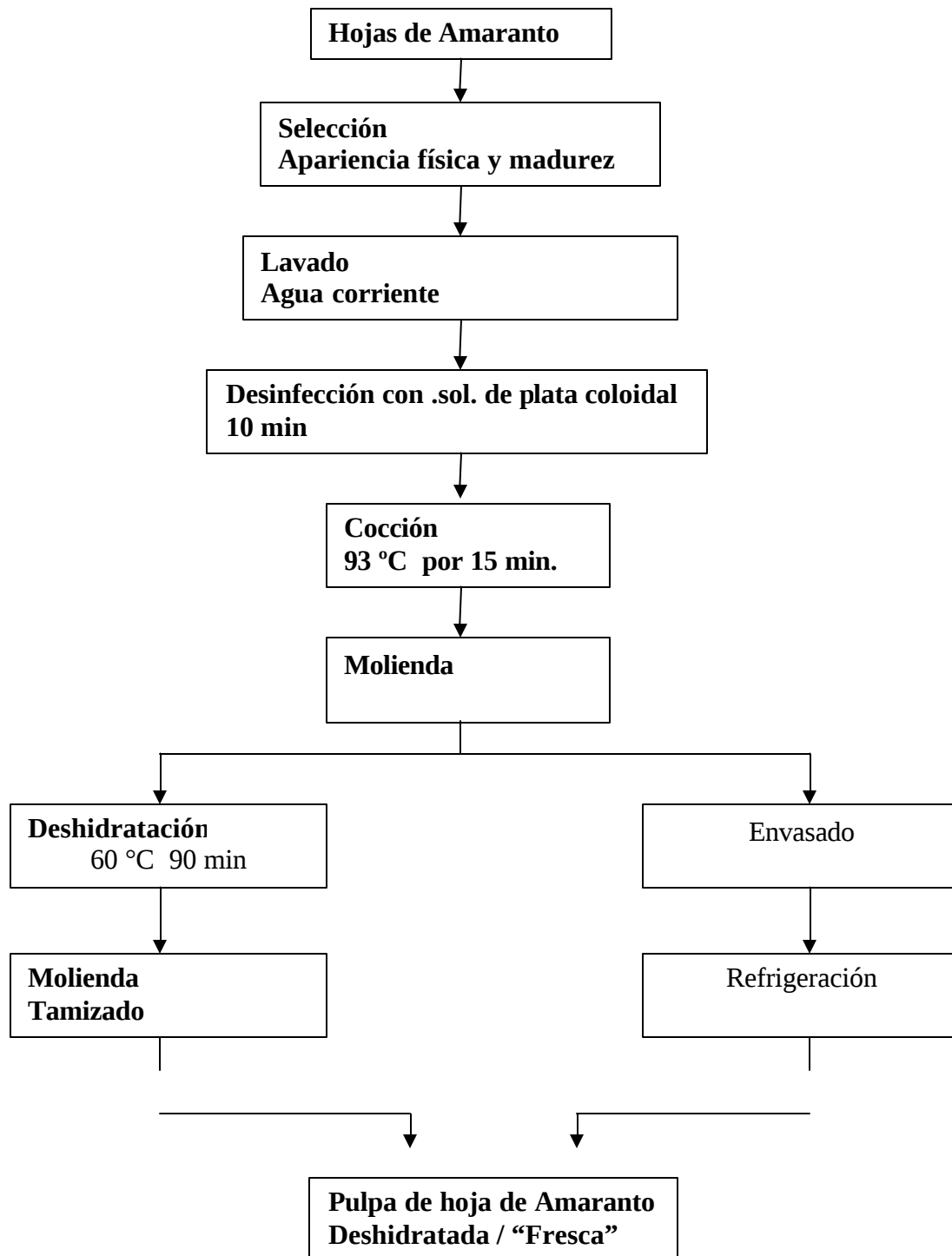


Figura 4.6 Diagrama de proceso para la elaboración de hoja de amaranto deshidratada y “fresca”.

La descripción detallada de cada una de las etapas mostradas en la Figura 4.6, se desglosan a continuación.

A. Selección

Para la elaboración de la pulpa de hoja de amaranto se seleccionan las hojas no importando su tamaño pero si su estado de madurez, que no muestren alteraciones físicas ocasionadas por insectos o que estén muy maltratadas, esto con la finalidad de que se trabaje con las mejores hojas.

B. Lavado

Para eliminar la materia orgánica e inorgánica las hojas seleccionadas se someten a lavado en un deposito para este fin, esto consiste en introducir las hojas en él deposito y lavarlas manualmente hasta que no se vea materia extraña o cambio de color en el agua.

C. Desinfección

Una vez lavadas las hojas se someten a desinfección con solución de plata coloidal por 10 min, una vez transcurrido ese tiempo se escurren en coladores previamente desinfectados, para pasar a la siguiente etapa.

D. Cocción

La cocción de las hojas consiste en sumergirlas en agua en ebullición (93 °C) por un lapso de tiempo de 15 minutos, recordando que este lapso es de acuerdo a una técnica para la elaboración de quelites cocidos. Una vez que transcurren los 15 min, las hojas cocidas se escurren con ayuda de coladores.

E. Molienda

Las hojas cocidas y escurridas se introducen dentro de la licuadora industrial de la planta piloto de alimentos, estas se muelen hasta obtener una pasta (pulpa) muy fina de hojas de amaranto.

De aquí se divide el proceso para obtener dos tipos de pulpa, una deshidratada y otra “fresca”, la única diferencia de la primera respecto a la segunda es que esta se somete a deshidratación en una estufa de secado con aire forzado. La segunda, una vez que ha sido molida es envasada en frascos de vidrio y almacenada en refrigeración hasta su uso. Se continua la descripción con el procedimiento de la pulpa deshidratada.

F. Deshidratación

La pulpa obtenida de la molienda se coloca en charolas de lámina galvanizada, y se introducen en un horno de aire forzado a una temperatura de 60 °C durante 90 min. Ya deshidratada la pulpa, se deja enfriar a temperatura ambiente para pasar a la siguiente etapa.

G. Molienda y Tamizado

La molienda de la pulpa de hoja de amaranto deshidratada se realiza en un molino de discos dentados, hasta obtener un polvo fino, este polvo se tamiza en un tamiz del No. 30. Ya tamizada se almacena en frascos de vidrio a temperatura ambiente.

4.2.5 Obtención de la zanahoria deshidratada.

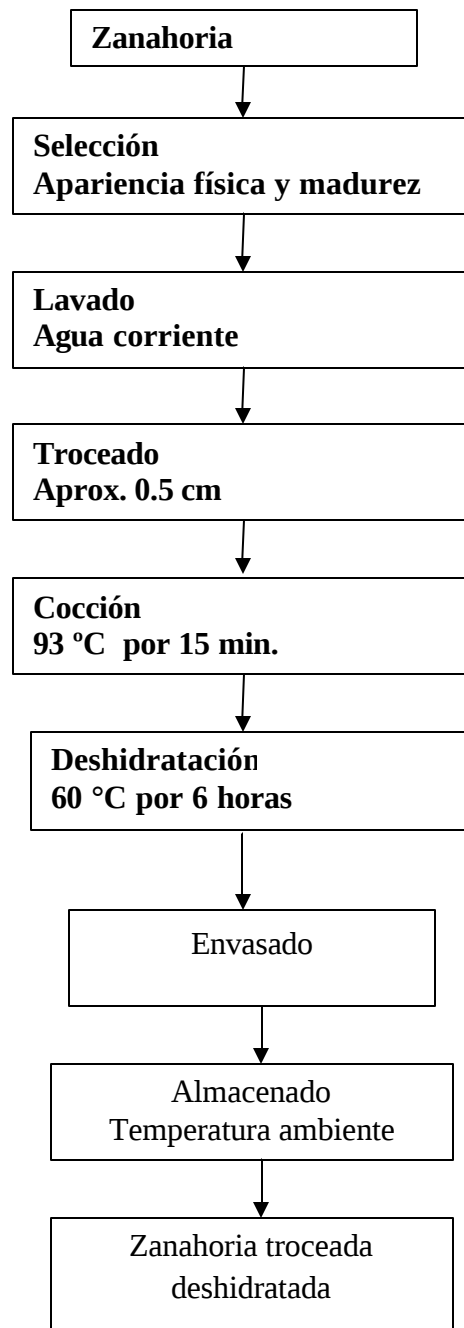


Figura 4.7 Diagrama de proceso para la obtención de zanahoria deshidratada en trozos.

A continuación se describen las etapas para la obtención de zanahoria en trozos deshidratada mostradas en la figura 4.7.

A. Selección

Se selecciona la zanahoria eliminando aquellas que tengan daños físicos o biológicos así como de acuerdo a su estado de madurez.

B. Lavado

El lavado de la zanahoria es con el fin de eliminar materia orgánica e inorgánica diferente a la zanahoria, esto se realiza en un deposito con agua donde manualmente se lavan hasta que no se observe materia extraña o cambio de color en el agua.

C. Troceado

El troceado de la zanahoria se realiza manualmente con ayuda de un cuchillo y una tabla para picar, se trata que los trozos de zanahoria sean de aproximadamente 0.5 centímetros

D. Cocción

Una vez que se tengan los trozos de zanahoria estos se someten a cocimiento con agua a 93 °C durante 15 minutos. Una vez que transcurre ese tiempo los trozos se separan con ayuda de coladores para eliminar el agua de cocimiento, para pasar a la siguiente etapa.

E. Deshidratación

La deshidratación de los trozos de zanahoria se realiza en una estufa de secado de aire forzado, aquí los trozos de zanahoria son colocados es charolas perforadas de lamina galvanizada, introducidas a la estufa durante 6 horas a 60 °C.

F. Envasado y Almacenado

Una vez que se tengan deshidratados los trozos de zanahoria, estos se envasan en frascos de vidrio con tapa y almacenados a temperatura ambiente.

4.2.6 Harina de trigo.

La harina de trigo se obtuvo en tienda comercial como harina de trigo reposada en sacos de 50 kg, la harina de trigo se cribó en un tamiz del No. 30. Una vez tamizada se almacenó en recipientes de polietileno de alta densidad a temperatura ambiente.

La trigo comparado con el resto de los cereales es una materia prima extremadamente versátil y por consiguiente popular, el trigo comercial idóneo para la fabricación de pastas alimenticias es *Triticum durum*. De los componentes del trigo el endospermo es la mas importante para las pastas alimenticias, el endospermo es la porción central feculosa, rica en proteínas. El almidón del endospermo juega un papel importante en la molienda. Las proteínas del endospermo se dividen en dos grupos; solubles e insolubles, de estas las insolubles son las responsables de formar el gluten, que se produce al mezclar la harina con agua y efectuar un trabajo mecánico y para la elaboración de las pastas el gluten es el que posee la características apropiadas para dicha elaboración, en esto radica la importancia de la harina de trigo y el porque de su uso en este proyecto. [31,54]

4.3 Evaluación de las formulaciones teóricas.

Las formulaciones teóricas ya propuestas se someten a evaluación en “Mixteco”. [33] En el Cuadro 4.2 se muestran los datos obtenidos de las formulaciones para este proyecto entre los cuales tenemos: porcentaje de proteína, computo químico de lisina, leucina y metionina, principalmente, así como costo de los ingredientes de la formulación. En la evaluación el programa incluye a todos los ingredientes del producto final siendo estos: harina de amaranto, garbanzo y trigo, pulpa de hoja de amaranto, germinado de amaranto, zanahoria y aceite.

Cuadro 4.3 Datos obtenidos de la evaluación de las formulaciones en “Mixteco”

	% A	% G	% T	% Prot	Costo \$/100 g	SQ global	SQ Lys	SQ Leu	SQ Met-Cis
FT- 1	10	15	75	13.46	1.14	103.30	75.52	99.40	141.76
FT – 2	10	25	65	14.69	1.29	105.39	85.51	100.95	137.45
FT – 3	10	20	70	14.07	1.21	104.39	87.40	100.21	139.51
FT – 4	15	15	70	13.63	1.40	103.31	77.80	98.72	140.55
FT – 5	17	33	50	15.91	1.78	106.79	94.81	101.16	133.18
FT – 6	20	10	70	13.18	1.59	102.16	74.65	97.12	141.67
FT – 7	25	5	70	12.74	1.78	100.92	71.27	95.41	142.87
FT – 8	30	10	60	13.52	2.12	102.21	80.26	95.81	139.25
FT – 9	35	5	60	13.08	2.31	101.01	76.14	94.10	140.33
FT – 10	40	10	50	13.86	2.65	102.27	83.65	94.57	136.94

FT – Formulación Teórica.

%A, %G, %T – porcentaje de Amaranto, Garbanzo y Trigo en la formulación.

% Prot – porcentaje de proteína teórico de la formulación.

SQ – Computo químico, **Lys** de lisina, **Leu** de leucina, **Met-Cis** de Metionina-Cisteína y **global** de todos los aminoácidos esenciales.

Cabe mencionar que los datos utilizados en el programa Mixteco son dados por el Instituto Nacional de la Nutrición Salvador Zubirán [16,67], estos son mostrados en el apéndice A.

4.4 Selección de formulaciones teóricas. La selección preliminar de las formulaciones se hizo de acuerdo a lo estipulado con anterioridad, que consiste en que la formulación posea un porcentaje mínimo de proteína de 13 % y al menos un computo químico de 80 del aminoácido esencial lisina, esto de acuerdo a la recomendación dada por FAO/OMS 1973.[75] Se eligió como parámetro el computo químico de lisina por verse este aminoácido involucrado directamente con el crecimiento del cuerpo humano.

Con los datos obtenidos de Mixteco para porcentaje de proteína en las formulaciones y mostrados en el Cuadro 4.3 se obtuvo la Figura 4.8 donde además se observa una línea horizontal, que nos indica el porcentaje mínimo establecido para seleccionar una formulación.

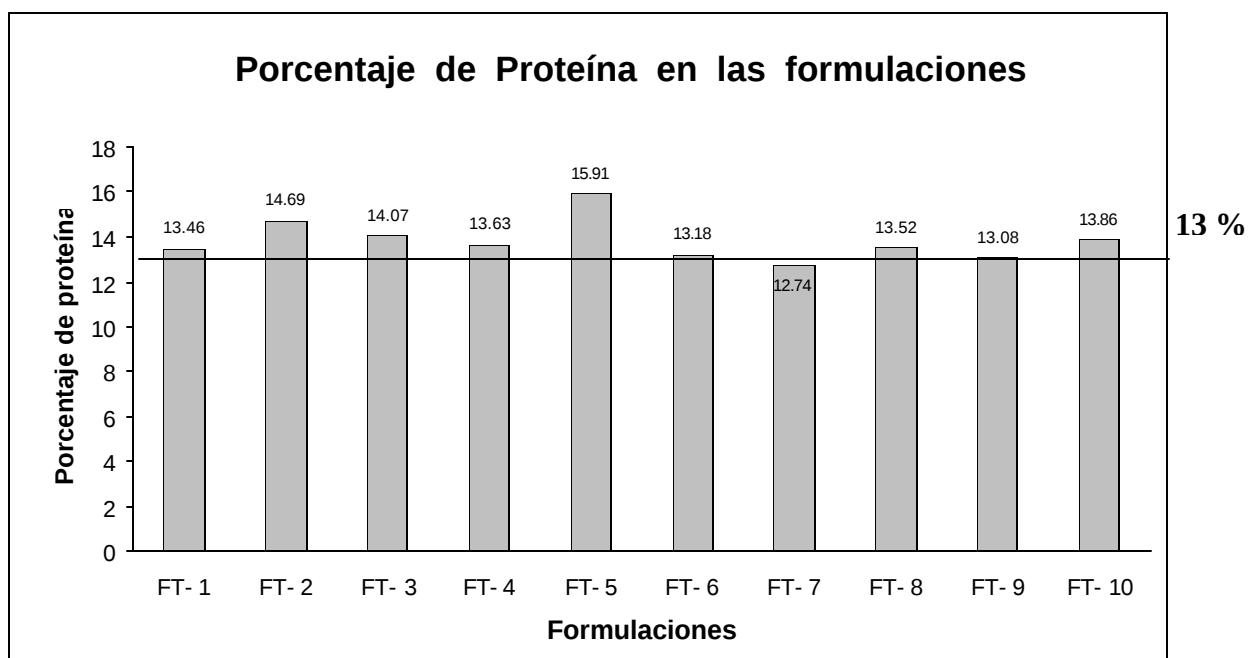
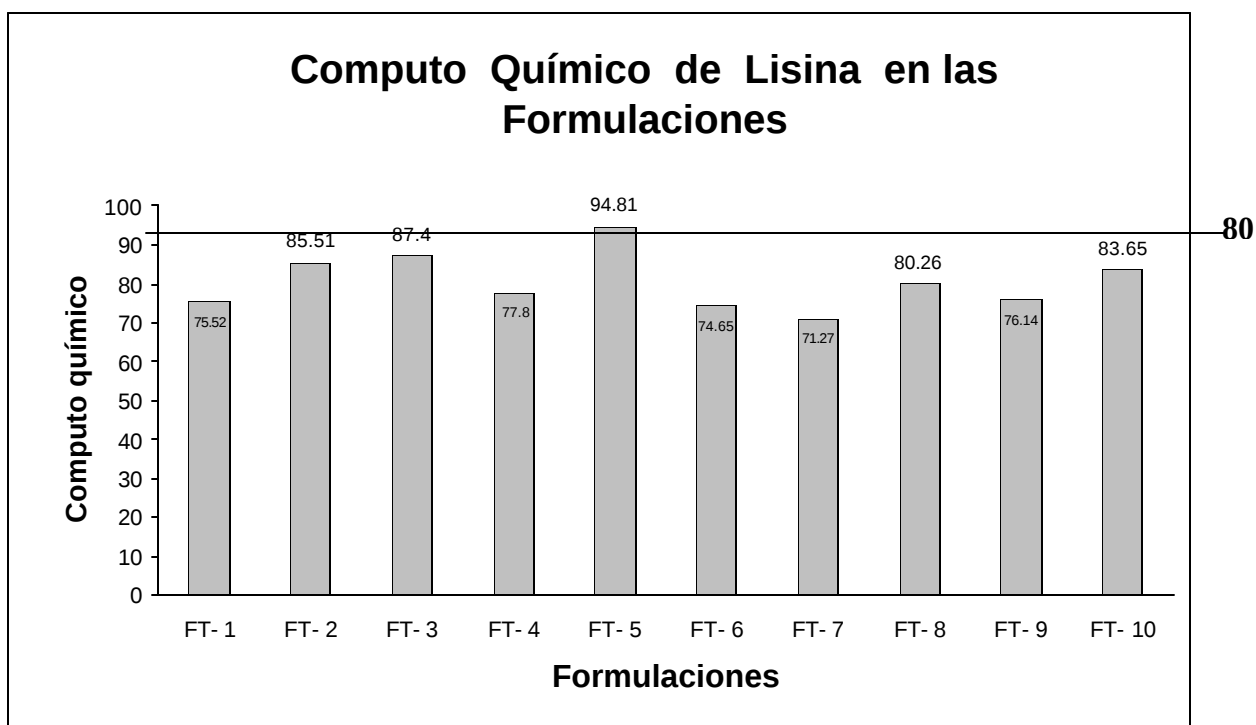


figura 4.8. Porcentaje de proteína contenido en las formulaciones.

En la Figura 4.8 podemos observar que la formulación 7 no alcanza el porcentaje mínimo de proteína establecido que es de 13%. El resto de las formulaciones cumplen con este requisito, por lo tanto la formulación 7 queda descartada de ser seleccionada.

En la Figura 4.9 se graficaron los datos obtenidos del computo químico de lisina para cada una de las formulaciones, estos datos se obtuvieron de Mixteco y son mostrados en el Cuadro 4.3. Así mismo en esta figura se observa una línea horizontal que nos indica el computo químico mínimo para seleccionar las formulaciones que se estableció fuera de 80 para la lisina.



únicas que si cumplen con el mínimo establecido para el computo químico de lisina de 80, el resto de las formulaciones no lo alcanzan por lo que quedan descartadas de ser seleccionadas

Considerando estos dos parámetros se hizo la selección de formulaciones, siendo las formulaciones seleccionadas: FT-2, FT-3, FT-5 , FT-8 Y FT-10.

En el Cuadro 4.4 se muestran las formulaciones seleccionadas preliminarmente, junto con la información correspondiente para cada una de ellas obtenida de Mixteco. Estas formulaciones fueron elaboradas a nivel laboratorio en la planta piloto de alimentos de la Universidad Tecnológica de la Mixteca.

Cuadro 4.4. Formulaciones seleccionadas preliminarmente.

Muestras	% Proteína	\$ /100 g	SQ Global	SQ Lys	SQ Leu	SQ M-C
FT -2	14.69	1.29	105.39	85.51	100.95	137.45
FT -3	14.07	1.21	104.39	87.40	100.21	139.51
FT -5	15.91	1.78	106.79	94.81	101.16	133.18
FT -8	13.52	2.12	102.21	80.26	95.81	139.25
FT -10	13.86	2.65	102.27	83.65	94.57	136.94

SQ= Computo Químico; **Lys** = Lisina; **Leu** =Leucina; **M-C** = Metionina-Cisteína

4.5 Preparación de formulaciones teóricas seleccionadas.

Las formulaciones anteriormente seleccionadas se prepararon a nivel laboratorio, se trabajaron con lotes de 250 g para cada formulación, esto para obtener la pasta base, en el Cuadro 4.5 se muestran las cantidades de cada uno de los ingredientes de cada formulación para la pasta base.

Cuadro 4.5 Cantidad de ingredientes en cada una de las formulaciones para obtener la pasta base.

Ingrediente	Formulación				
	FT-2	FT- 3	FT- 5	FT- 8	FT- 10
Harina de amaranto g	25	25	42.5	75	100
Harina de garbanzo g	62.5	50	82.5	25	25
Harina de trigo g	162.5	175	125	150	125
Pulpa de hoja de amaranto “fresca” g	50	50	50	50	50

En la figura 4.10 se esquematiza el procedimiento para la obtención de pasta base. Dicho proceso se aplicó a cada una de las 5 formulaciones seleccionadas. El proceso detallado quedo como se describe a continuación. Posteriormente se hace la descripción detallada de la elaboración.

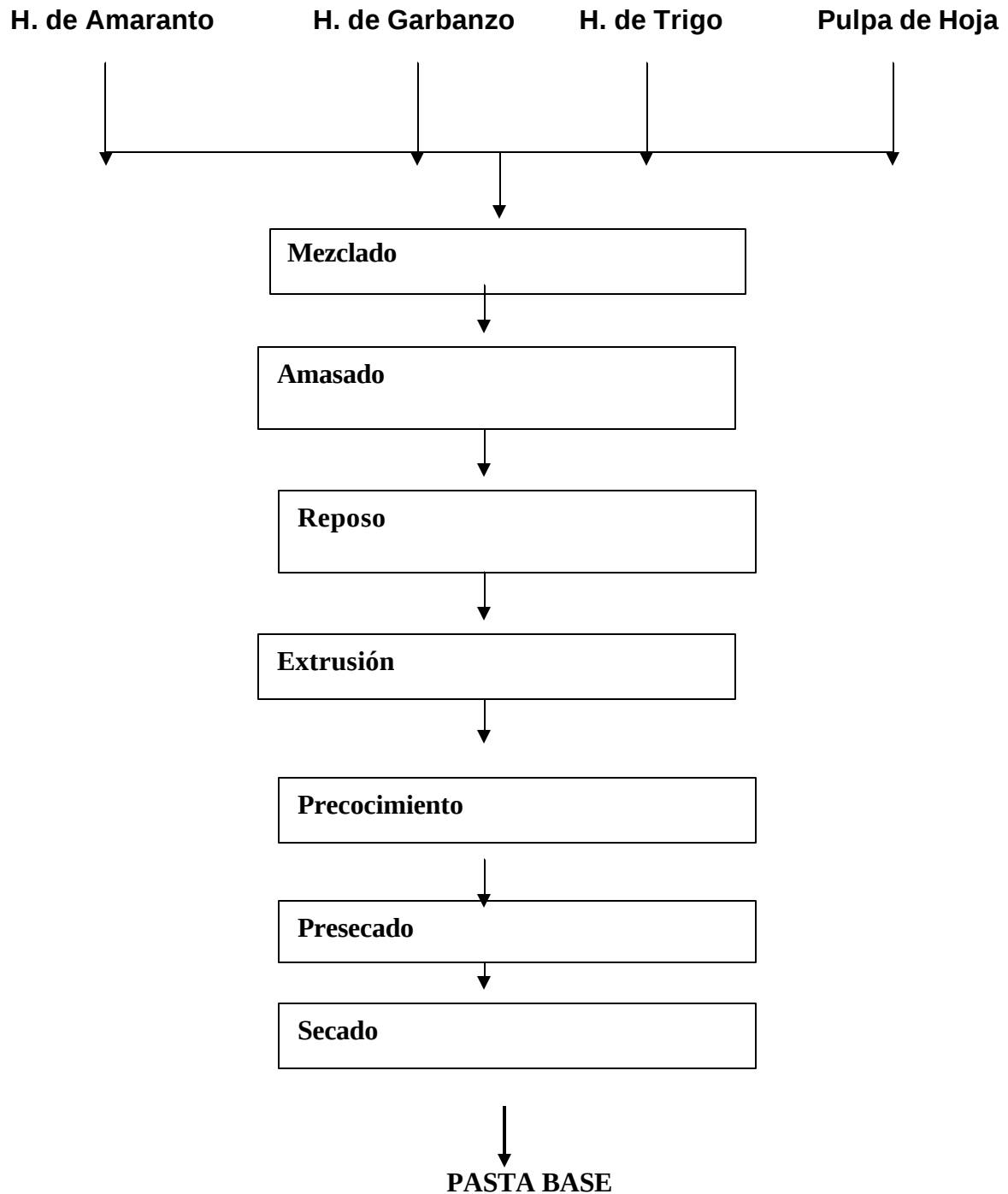


Figura 4.10 Procedimiento para la obtención de pasta base.

A continuación se presenta la descripción detallada a manera de texto de la elaboración de las formulaciones seleccionadas.

Una vez que ya se tienen las harinas preparadas, se pesa lo necesario de acuerdo a cada una de las formulaciones, siendo el total de la mezcla de harinas de 250 g, esto se vacía en el depósito de la mezcladora marca Kitchen Aid y se le agrega la pulpa de hoja de amaranto “fresca”, se enciende la mezcladora a una velocidad de 2, por 1 minuto, posteriormente se agregan 8 ml de aceite sin apagar la mezcladora e incrementándole la velocidad a 3, durante 2 minutos, para posteriormente aumentarle la velocidad a 4 por 2 minutos. En caso de que la masa aun no tenga una buena consistencia se puede amasar otro minuto en la mezcladora o manualmente, obtenida la masa se deja reposar durante 10 minutos, cubierta con un trozo de tela para que permita el paso de gases, esto con el fin de que principalmente la humedad no contrarreste la consistencia de la masa, haciéndola mas “chiclosa”. Después del reposo la masa se trocea y cada trozo se “aplana” con la ayuda de la maquina para pastas marca Atlas Marcato, las “bandas” de masa obtenida son extruidas con la misma maquina para pastas, para obtenerse así la pasta con la forma denominada “Taglioni”, que fue la forma seleccionada para este proyecto. Una vez que se tuvo la pasta se somete a pruebas de precocimiento, para obtener el mejor tiempo de precocimiento. La pasta precocida se somete a un precocimiento que consiste en introducir la pasta en charolas perforadas de lamina galvanizada por un tiempo de 4 horas a 35 ± 5 °C, para después hacer el secado final que consiste en aumentar la temperatura a 55 ± 5 °C por un lapso de 8 horas. Ya que se tiene la pasta base deshidratada se almacena en bolsas de polietileno de baja densidad para su posterior uso.

Empleando el proceso general descrito anteriormente se prepararon las cinco formulaciones seleccionadas.

En el Cuadro 4.6 se presentan los resultados que se obtienen al preparar la pasta base con cada una de las cinco formulaciones.

Cuadro 4.6 Observaciones en la preparación de las formulaciones seleccionadas.

Formulación	Observaciones
FT- 2	Se obtiene una pasta suave, elástica y su extrusión es sencilla solo hay que hacerlo en trozos medianos (aprox. 40 cm.)
FT- 3	Se obtiene una pasta suave, elástica y la extrusión resulta sencilla.
FT- 5	La pasta esta muy suave y no se obtiene una consistencia elástica, al momento de extruirla se adhiere al rodillo y dificulta su extrusión.
FT- 8	La pasta es suave, semi- elástica, pero se puede hacer su extrusión, solo que en trozos de aproximadamente 20 a 30 cm.
FT- 10	La pasta es suave, no se obtiene la elasticidad, además de ser chiclosa, la extrusión es muy difícil realizarla.

Es conveniente hacer mención que dichas formulaciones fueron seleccionadas principalmente por el contenido de proteico y aporte de lisina que se obtenía en el producto final; así la formulación FT- 5 presenta 15.91% del contenido de proteína y un computo químico de 94.81, sin embargo el pasta obtenida es muy suave y no se obtiene una consistencia elástica estos hechos podrían atribuirse a que por una parte la harina de amaranto tiene mayor retención de agua y ausencia de gluten. [69] De igual manera al momento de extruir esta pasta se adhiere al rodillo y se dificulta dicha operación. Esta formulación es especial porque se propuso una mezcla que tuviera 2 partes de cereal por una parte de leguminosa, en este caso la harina de garbanzo, para cubrir las dos partes de cereales se utilizó la harina de amaranto y trigo. En lo referente a la formulación FT- 10, se obtuvieron resultados similares a FT- 5 con la desventaja de que la pasta obtenida es chiclosa y no se puede extruir. Aunque estas formulaciones incluyen una proporción mayor de harina de amaranto, por lo anteriormente descrito se decidió eliminar estas dos formulaciones por la dificultad técnica que presentan en su elaboración. De esta manera se continuó en el trabajo únicamente con tres formulaciones que fueron: FT-2, FT-3 y FT-8.

4.6.1 Pruebas de precocimiento de la pasta base.

Con las formulaciones seleccionadas se procede a realizar las pruebas de precocimiento de acuerdo al diseño experimental planteado con anterioridad, pruebas en las que se varió el tiempo a fin de determinar el mejor. [41] La evaluación de la prueba se realizó de acuerdo a la técnica planteada anteriormente, que consiste en presionar entre dos vidrios la pasta y de ese modo observar la formación del hilo, y así asignarle la calificación adecuada, calificación que de igual manera fue determinada con anterioridad. [40] Los datos obtenidos de esta prueba se muestran en el Cuadro 4.5. Las pruebas se realizaron en un recipiente de aluminio con agua en ebullición (93 °C), el inicio del tiempo se tomó una vez que la pasta se sumergía en el agua.

Cuadro 4.7 Datos obtenidos en las pruebas de precocimiento de las formulaciones de pasta base.

Tiempo Precocimiento (min)	Formulaciones		
	FT-2	FT-3	FT-8
1	2	1	1
2	3	2	2
3	4	3	2
4	5	4	2
5	5	5	4
6	4	5	4
7	3	4	5

Al realizarle el análisis estadístico mediante un diseño aleatorizado por bloques completos[41], resultó que existen diferencias significativas entre las formulaciones respecto al tiempo de cocimiento con un nivel de significancia de 0.05.

Por los datos obtenidos de las pruebas, tenemos que la formulación 2 alcanza su tiempo óptimo de cocimiento a los 4 minutos, la formulación 3, a los 5 minutos y la formulación 8 a los 7 minutos. De acuerdo al del análisis estadístico, resulta que las tres formulaciones son significativamente diferentes en el tiempo que alcanzan el punto óptimo

de cocimiento, por lo que de acuerdo a esta prueba la formulación conveniente por menor gasto de energía es la 2, aunque solo es de un minuto de diferencia respecto a la formulación 3. Al calcular la diferencia mínima significativa mediante la prueba de Duncan [41] con un nivel de significancia de 0.05 entre la formulación 2 y 3, encontramos que no existen diferencias significativas entre estas dos formulaciones, por lo que se puede optar por ambas o por la formulación dos que requiere menor cantidad de energía para su cocimiento.

4.6.2 Pruebas de rehidratación.

Para las pruebas de rehidratación se usaron vasos de poliestireno expandido con tapas del mismo material, en ellos se depositaron 20 g de pasta base, 3 g de zanahoria deshidratada, 1.5 g de germinado de amaranto deshidratado y 2.1 g de sazónador sabor camarón. A esto se le añadió 50 ml de agua en ebullición, se tapó y se dejó reposar, la variable de respuesta para el diseño experimental planteado fue la calificación asignada con una escala de 1 a 5, tomando como parámetro de evaluación la consistencia de la pasta al observarla y palparla, si alcanzó su grado de hidratación completo. [42] por lo que en el Cuadro 4.8 se muestran los datos obtenidos de esta prueba de rehidratación.

Cuadro 4.8 Datos de la pruebas de rehidratación de las formulaciones de pasta para sopa.

Tiempo Precocimiento (min)	Formulaciones		
	FT-2	FT-3	FT-8
1	2	1	1
2	3	2	2
3	4	3	3
4	5	4	3
5	5	5	4
6	4	4	4
7	3	3	5

Al realizar el análisis estadístico mediante un diseño aleatorizado por bloques completos con un nivel de significancia de 0.05 [41] resultó que existen diferencias

significativas entre las formulaciones en el tiempo que requieren para su hidratación. por las variables de respuesta obtenidas observamos que la formulación que obtiene su hidratación óptima primero es la 2, le sigue la formulación 3 y por ultimo la formulación 8. de este modo podemos optar por la formulación 2 que requiere menor tiempo de hidratación; solo que ésta junto con la formulación 3 no tienen diferencias mínimas significativas con un nivel de significancia de 0.05, esto de acuerdo a las pruebas de Duncan. [41]

4.7 Evaluación sensorial de las formulaciones.

Los datos obtenidos de las pruebas de nivel de agrado se muestran de manera parcial en el Cuadro 4.9, esto por la extensión del mismo, en el anexo B se encuentra el formato de evaluación utilizado para la prueba de nivel de agrado.

Cuadro 4.9 Diseño experimental para la prueba de nivel de agrado de las formulaciones evaluadas.

Jueces No entrenados (consumidores)	Formulaciones evaluadas		
	FT-2	FT-3	FT-8
1	0	2	-1
2	0	2	-2
3	0	1	0
.	...	...	...
.	...	...	...
.	...	...	...
198	0	1	-1
199	2	2	-2
200	0	1	-1

Los datos obtenidos de la prueba de nivel de agrado realizada con jueces no entrenados, y con una escala gráfica de caritas de cinco puntos [3] al evaluarlos estadísticamente mediante un análisis de varianza por el modelo de efectos fijos con un nivel de significancia de 0.05 [41] resultó que existen diferencias significativas entre cada

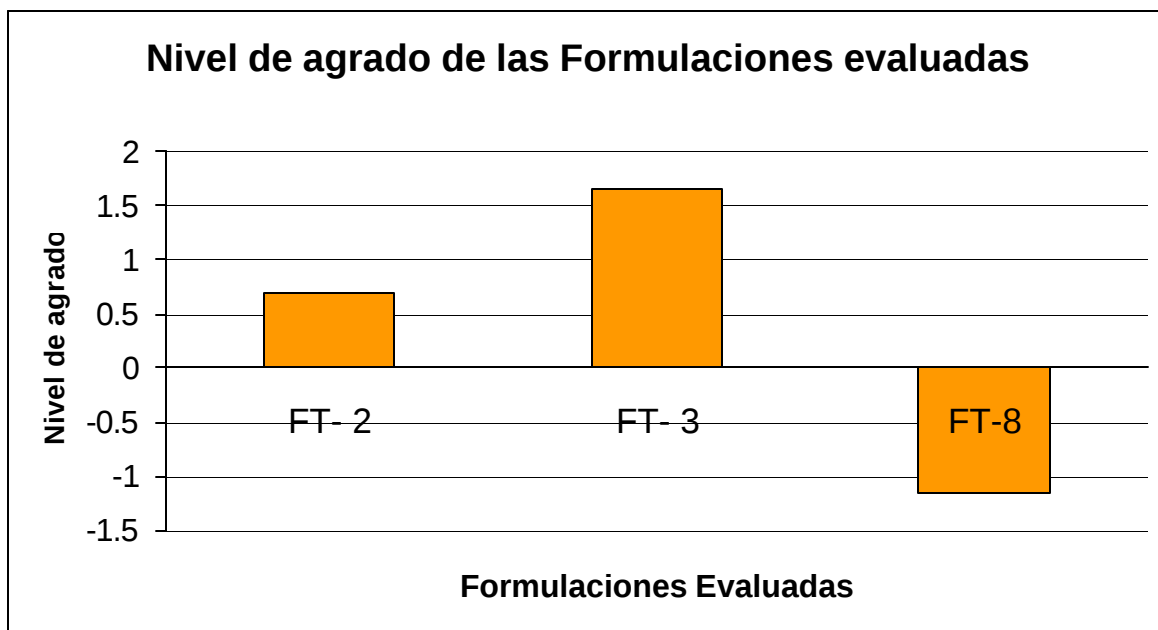
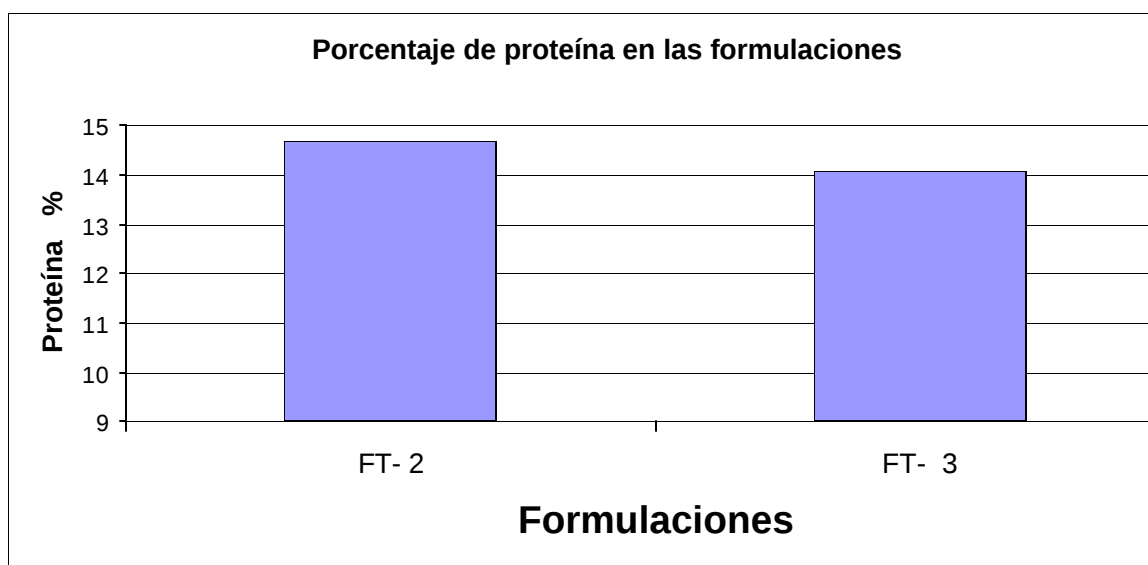


Figura 4.11 Nivel de agrado de las formulaciones evaluadas por los jueces no entrenados.

4.8 Selección de la formulación final.

Para la determinación o selección de la formulación final se acordó elegir aquella que cubriera con dos parámetros que son; un contenido de proteína de al menos 13% y un nivel de agrado del 80 % por los consumidores. De las tres formulaciones con las que se trabajó descartamos a la formulación FT-8 por no ser del agrado de los consumidores, en la Figura 4.12 se muestra el contenido de proteína de las dos formulaciones restantes, observamos que ambas formulaciones cubren con este parámetro.



Para poder determinar cual de las dos formulaciones resultó seleccionada nos basamos en la tabla de significancia proporcionada por Alzaldúa [3], utilizando un nivel de probabilidad de 5 %, y extrapolando determinamos que se requieren de 120 juicio positivos para que la muestra sea significativa. Para la formulación FT-2 tenemos 74 juicios de agrado y para la formulación FT-3; 182, por lo que descartamos a la formulación FT-2.

De lo anterior obtenemos que la formulación final seleccionada es la formulación FT-3, por cubrir con los parámetros establecidos. En el Cuadro 4.10 se muestra la composición de ésta formulación cantidades utilizadas para elaborar la pasta base.

Cuadro 4.10 Composición de la formulación FT-3.

Ingrediente	Cantidad (g)
Harina de amaranto	25
Harina de garbanzo	50
Harina de trigo	175
Pulpa de hoja de amaranto “fresca”	50
Aceite comestible ml	8

Con lo mostrado en el Cuadro 4.10, se prepara la pasta base, la presentación del producto con el que se realizaron las pruebas de nivel de agrado, estaban compuestas de 20 g de pasta base, a esta se le adicionaron 1.5 g de germinado de amaranto, 3 g de zanahoria deshidratada y 2.1 g de sazónador sabor camarón.

4.10 Análisis bromatológicos y microbiológicos.

Una vez que se tiene seleccionada y estandarizada la formulación final, se le realizaron determinaciones marcada por la norma para pastas, NMX-F-023-NORMEX-2002 [43] que son los mostrados en los Cuadros 4.11 y 4.12.

A. Análisis bromatológico.

El análisis bromatológico a la pasta precocida enriquecida se realizó por triplicado, obteniéndose los resultados que se muestran en el Cuadro 4.11.

Cuadro 4.11 Análisis proximal de la pasta precocida.

Determinación	Pasta precocida enriquecida	Desviación estándar	Especificación de Norma*
Proteína ($N \times 6.25$) %	14.8	0.26	11 % min.
Fibra cruda %	8.4	0.10	N.A.
Cenizas %	5.53	0.30	1.1 % max.
Humedad %	11.25	0.20	12.5 % max

δ = desv. estd.

* MNX-F-023-NORMEX-2002

B. Análisis microbiológico.

Los resultados de las determinaciones microbiológicas se presentan el Cuadro 4.12

Cuadro 4.12 Análisis microbiológico de la pasta precocida.

Determinación	Pasta precocida enriquecida	Desviación estándar	Especificación de Norma
Cuenta de hongos *	85 UFC/g	1.41	200 UFC/g
Cuenta de levaduras *	65 UFC/g	2.82	150 UFC/g
Coliformes totales **	4 UFC/g	1.41	<10 UFC/g

--	--	--	--

* NOM-111-SSA1-1994

** NOM-113-SSA1-1994

Observamos de acuerdo al Cuadro 4.11 que la formulación FT-3 contiene un 14.8% de proteína, lo que nos indica un producto con un considerable contenido de la misma, en la Figura 4.14 se muestra la formulación FT-3 junto con tres marcas comerciales, se muestra el porcentaje de proteína cada una de ellas, la información del contenido de proteína en las formulaciones comerciales es obtenida de la tabla nutricional del mismo producto. Gráfica donde observamos que las muestras comerciales no cubren con el mínimo establecido por la norma [43] para proteína que es de 11%.

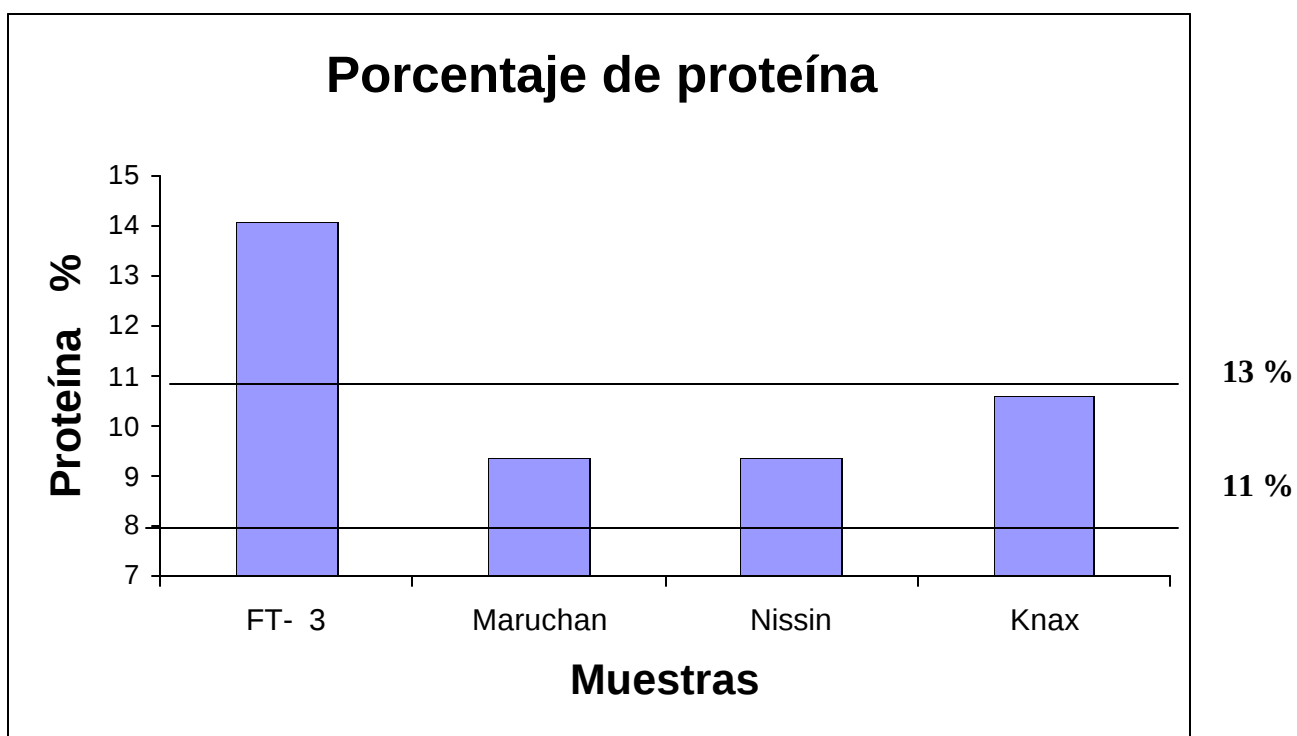


Figura 4.14 Porcentaje de proteína en la formulación FT- 3 y pastas comerciales.

En el Cuadro 4.12 observamos que se cuantificaron 4 coliformes totales, que aunque este valor se encuentra dentro de las especificaciones de la norma [43], consideramos que tendrían que realizarse los análisis correspondientes para determinar si dichos

microorganismos son debidos a la manufactura o alguna materia prima, así como determinar si la fuente de contaminación es fecal, puesto que la determinación realizada fue únicamente para coliformes totales, consideramos que una de las probables fuentes de contaminación es la harina de trigo.

CONCLUSIONES

5. Conclusiones.

- ◆ Se desarrolló la formulación de una pasta de preparación rápida, empleando harina, hojas y germinado de amaranto; harina de garbanzo, harina de trigo y zanahoria.
- ◆ El proceso para la elaboración de la pasta precocida-enriquecida permite obtener el producto en una presentación tal que puede consumirse casi inmediatamente.
- ◆ El proceso tecnológico planteado se estandarizó a nivel planta piloto y es factible de ser transferido a las condiciones del medio rural.
- ◆ La pasta precocida-enriquecida resultante contiene un 14.8 % de proteína, un computo químico teórico de lisina de 87.4, un costo de sus ingredientes de \$1.21 por 100 g de producto, y tuvo una aceptación de 91% por parte de los consumidores potenciales (habitantes de 10 comunidades del medio rural).

BIBLIOGRAFIA

1. Aguilar, J. y Alatorre, G. F. 1980. Monografía de la planta de alegría. Centro de estudios económicos y sociales del tercer mundo. México.
2. Alfaro, A. Martínez, A., Ramírez, R. y Bresani, R. 1987. Revista Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 37(1):109-121.
3. Alzaldúa Morales, A. 1996. Evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y en la practica. Editorial Acribia. Zaragoza España.
4. Antonelli, C. 1990. The manufacture and applications of pasta as a food and as a food ingredient: a review. Journal Food Tech. 15: 125-145.
5. Badui D., S. 1996. Química de los Alimentos. Editorial Alhambra S.A. 3ª Edición, 3ª Reimpresión. México. P 648.
6. Barros, C. y M. Buenrostro. Amaranto, fuente maravillosa de sabor y salud. Grijalbo, México, 1997.
7. Becker, R., Wheeler, E., Lorenz, K., Stafford, A., Grosjean, O., Betschart, A., Saunders, R. 1984. A composition study of amaranth grain. Journal of Food Science. 46 (4): 1170-1174.
8. Bello-Perez-LA; Paredes-López-O. 1996. Starch and amylopectin - effects of solutes on clarity of pastes. Starch/Staerke-; 48 (6) 205-207, 16
9. Beltrán-Orozco, J. Gallardo-Navarro, A. 1986. Desarrollo tecnológico de pastas para sopa suplementadas con proteínas de origen láctico. México. Tecnología de Alimentos. 21 (1):7-15.
10. Brandt, L.A. 2000. Whole grains abound in new cereals. Prepared-Foods; 169 (6) 51-52, 54, 56
11. Brenner, E.M., D.D. Baltensperger, P.A. Kulakow, J.W. Lehmann, R.L. Myers, M.M. Slabert y B.B. Sleugh. Genetic resources and breeding of Amaranthus. Plant Breeding Reviews.
12. Bresani, R., Sánchez-Marroquín, A., y Morales, E. 1992. Food Reviews International. 8(1):23-49.
13. Carpenter, K.J. 1983. Supplementation of corn with amaranth seed. Archivos Latinoamericanos de Nutrición.
14. Cervantes, R., Fiorentini, L. 1980, empleo del aislado de proteína de soya en la elaboración de una pasta alimenticia. Tesis de Licenciatura. Universidad La Salle. Escuela de Química
15. Charley, H. 1995. Tecnología de Alimentos : procesos químicos y físicos en la preparación de alimentos LIMUSA/NORIEGA Editores México.
16. Chávez, A., Madrigal H., y Rios, E. 1993. Guías de Alimentación. INNSZ.
17. Chávez-Jauregui-R.N., Silva-M.E.M.P., Areas-J.A.G. 2000. Extrusion cooking process for amaranth (Amaranthus caudatus L.). Journal of Cereal Science; 65 (6) 1009-1015, 44
18. Centro de Apoyo Comunitario Trabajando Unidos Asociación Civil. CACTUS A.C.2002
19. Del Valle, F. Escobedo, M., Muñoz, M., Ortega, R. y Bourges, H. 1983. Chemical and nutritional studies on mezquite beans . Journal of Food Science. 48(3):914-919.
20. Dominguez de Diez, G, B. 1992. Germinados: el alimento mas perfecto y completo. Editorial Posadas. México. P. 159.

21. Ellis-H.S., Ring, S.G., Whittam, M.A. 1989. A comparison of the viscous behaviour of wheat and maize starch pastes. *Journal of Cereal Science*; 10 (1) 33-44, 19
22. Espitia, R.E. 1994. Breeding of grain amaranth. En: O. Paredes-López (ed.), *Amaranth. Biology, Chemistry and Technology*. crc Press, Boca Ratón. FL.
23. Fennema, O.R. 1993. *Química de los alimentos*. Editorial Acribia. Zaragoza España. P. 1097.
24. Gómez Ortiz, S. 1980. Cambios en la concentración de Lisina durante la germinación del amaranto. Tesis. IPN. México.
25. Grubben, G.J.H. 1985. Cultivation Methods and Growth analysis of Vegetable Amaranth. Segunda conferencia de Amaranto. Pensylvania. Publicado por la oficina editorial de Archivos Latinoamericanos de Nutrición.
26. Hoskins, F. 1990. Macaroni production. Capitulo 7. En: *Cereal Technology*. The AVI Company INC. Newport, Connecticut, USA
27. INEGI. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Pagina web. [<http://www.inegi.gob.mx>]
28. Itúrbide, G.A. y M. Gispert. 1992. Amarantos de grano (*Amaranthus spp.*). En: J.E. Hernández-Bermejo y J. León (eds.), *Cultivos marginados, otra perspectiva de 1492*. FAO, Roma.
29. Jurado R., R. A. 1998. Amaranto: su importancia en la alimentación en México. Tesis UNAM. P 98.
30. Kalinowsky, S.L. 1970. *Amaranthus retroflexus*. *Cereal Chem* 44:1.
31. Kent, N. L. 1987. Tecnología de los cereales. Editorial Acribia, S. A. de C.V. Zaragoza, España. Pags.: 73-93, 149-151.
32. Klaus, L. 1980. Cereal sprouts: composition, nutritive value, food application. *Critical review in f. Sci. and Nut.* 13(4):354-384.
33. Licona-Morán, B. I .G. 2002. Desarrollo y proceso de una sopa tipo crema a partir de amaranto leguminosas y germinados. Tesis de licenciatura. Universidad Tecnológica de la Mixteca.
34. Lombardi, L. 1992. *El Gran Libro de la Pasta y los Cereales*. Ediciones Grijalbo. 1ª Edición. Barcelona, España. P 297.
35. Lorenz, K. 1981. *Amaranthus hypochondriacus* characteristics of the starch an baking potential of the flour. *Starch* 33.
36. Maquinaria para Pastas Pavan. 2002. Pagina web. <http://www.pavan.com>
37. Maquinaria para pastas Wenger. 2002. Pagina web. <http://www.wenger.com/>
38. Marcone, M.F. 2000. First report of the characterization of the threatened plant species *Amaranthus pumilus* (seabeach amaranth). *Journal-of-Agricultural-and-Food-Chemistry*; 48 (2) 378-382, 21
39. Mayer, A.M. Poljakofv-Mayber, A. 1985. *The germination of seeds*. 2ª edition. Oxford Pergamon.
40. Milatovic. L. and Mondelli, G. 1991. *Pasta Technology Today*. Chiritti Editori Pinerolo. Italia.
41. Montgomery C., D. 1998. *Diseño y análisis de experimentos*. Grupo Editorial Iberoamerica. México. P. 589.
42. Nogara, S. 1994. *Elaboración de pastas alimenticias*. Editorial Sintes. 3ª edición. Barcelona España. P. 142.
43. Norma Mexicana. NMX-F-023-NORMEX-2002. Alimentos-Pasta- Características, Denominación, Clasificación Comercial y Métodos de Prueba.

44. Norma Mexicana. NMX-F-090-S-1978. Determinación de fibra cruda en alimentos. [<http://www.economia.gob.mx>]
45. Norma Mexicana. NMX-F-068-S-1980. Determinación de proteína en alimentos.
46. Norma Oficial Mexicana NOM-111-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos. [<http://www.ssa.gob.mx>]
47. Norma Oficial Mexicana NOM-113-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa. [<http://www.ssa.gob.mx>]
48. Norma Oficial Mexicana NOM-147-SSA1-1996, Bienes y servicios. cereales y sus productos. harinas de cereales, sémolas o semolinas. alimentos a base de cereales, de semillas comestibles, harinas, semolas o semolinas o sus mezclas. productos de panificación. disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales. [<http://www.ssa.gob.mx>]
49. Oke, O.L. 1985. Amaranth in Nigeria. Segunda conferencia de Amaranto. Pensylvania. Publicado por la oficina editorial de Archivos Latinoamericanos de Nutrición.
50. Okuno, K. and Sakagauchi, S. 1981. glutinous and non- glutinous starches in perisperm of grain amaranths. Cereal Res. Commun 9.
51. Paredes-López, O., A.P. Barba de la Rosa, D. Hernández y A. Carabez. Amaranto. Características alimentarias y aprovechamiento agroindustrial. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington, D.C. (s/f).
52. Paulsen, T. M. 1961. A study of macaroni products containing soy flour. Food Tech. (15)
53. Poletti, G. 2001. Receta de pasta numero 4. Comunicación verbal y experimental.
54. Pomeraz, Y. 1978. Wheath Chemistry and Technology. Second Edition. Vol. III. Cap. 15.
55. Potter, Norman N. 1995. La ciencia de los alimentos. Editorial HARLA. México.
56. PROFECO. 2001. Tecnologías Domésticas. Pagina web. [<http://www.profeco.gob.mx>]
57. Reyes Castañeda, P. 1999. Diseño de experimentos aplicados. Editorial Trillas. México. P. 348
58. SAGAR. Centro de Información Agropecuaria. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos de 1996-1997.
59. SAGAR. 1985. Perfil del Amaranto. México.
60. Sánchez-Marroquín, A., Domingo, M. 1980. Potencialidad Agroindustrial del Amaranto. Centro de estudios económicos y sociales del Tercer mundo, México.
61. Sánchez-Marroquín, A., Domingo, M., Maya, S., Saldaña, C. 1985. Amaranth flour blends and fraction for baking applications. Journal of Food Science. 50 (3): 789-795.
62. Santín, C., Morales, J., Ibañez, L. Desarrollo a nivel piloto de una pasta para sopa con base en una mezcla de amaranto- trigo. Tecnología de Alimentos (Mex.). 22 (3): 25-29.
63. Santín, H.C., Lazcano, S. M. y Morales, L. J. 1986. Pasado, presente y futuro del amaranto. Cuadernos de nutrición. 49:1.
64. Schnetzeler, K.A. y W. M. Breene. 1994. Food uses and amaranth product research: A comprehensive review. En: O. Paredes-López (ed.), Amaranth. Biology, Chemistry and Technology. CRC Press, Boca Ratón. Ann Arbor. Londres.

65. Serna, S., Sergio, R. O. 1996. Química, almacenamiento e industrialización de los cereales. AGT Editor, S. A. 1a Edición. México.
66. Singhal-R.S., Kulkarni, P.R. 1991. Puffing effects on functional properties of *Amaranthus paniculatus* (rajgeera) seed flour. *Journal of Cereal Science*; 56 (4) 1121-1122, 29.
67. Tablas de Composición de Alimentos del INNSZ. 1996.
68. Tena Flores J.A. y Dipp Adla, J. 1980. Optimización del proceso de tostado de la semilla de *A. hypochondriacus* y diseño de un prototipo de tostadora IPN-Unidad Durango.
69. Teutonico, R.A., Knorr, D. 1985. Amaranth. Composition properties and applications of a rediscovered food crop. *Food Tech.* 39 (4).
70. Traslosheros B., R. 2000. Las Delicias de las Pastas. Radar Editores. México. P. 64.
71. Trinidad, S.A., Gómez, L.F., Suárez, R.G. 1990. El amaranto (*Amaranthus spp.*), su cultivo y aprovechamiento. Colegio de Postgraduados. México.
72. Velazco, L.M.L. y Heyden, D. 1984. El uso y la representación del Amaranto en la época prehispánica según las fuentes históricas y pictóricas. *Memorias del primer Seminario de Amaranto*. Chapingo. México. Pp. 205-255.
73. Vietmeyer, N.D. 1984. Amaranth: Modern prospects for an ancient crop. National Academy Press. 1ª Edition. Washinton D.C.
74. Wegerle-N; Zeller. 1995. Grain amaranth (*Amaranthus spp.*): cultivation, breeding and properties of an old Indian plant. *Journal of Agronomy and Crop Science* 174 (1): 63-72.
75. Wold Health Organization. 1973. Energy and Protein Requerements. Report of Joint FAO/WHO Ad Expert Comittee. Tech. Rep. Ser. 522. Geneva

ANEXOS

anexo A.

Base de datos del programa Mixteco [33] utilizado en este trabajo.

Cuadro A.1 Costo de los ingredientes

Ingrediente	Costo en pesos por gramo de producto
Harina de amaranto	0.060
Harina de garbanzo	0.020
Harina de trigo	0.0035
Hoja de amaranto deshidratada	0.0015
Germinado de amaranto deshidratado	0.04
Zanahoria deshidratada	0.003
Aceite comestible	0.009

Cuadro A.2 Contenido proximal de la harina integral de amaranto.

Harina de Amaranto	Contenido de Nutrimiento
	(g/g de producto)
Proteína	0.145
Hidratos de Carbono	0.647
Extracto Etéreo	0.066
Fibra Bruta	0.030
Cenizas	0.025
Kcal	3.690

Cuadro A.3 Contenido proximal del germinado de amaranto.

Germinado de Amaranto deshidratado	Contenido de Nutrimiento
	(g/g de producto)
Proteína	0.183
Hidratos de Carbono	0.573
Extracto Etéreo	0.062
Fibra Bruta	0.037
Cenizas	0.027
Kcal	3.480

Cuadro A.4 Contenido proximal de hoja de amaranto.

Hoja de Amaranto deshidratada	Cantidad de Nutrimiento
	(g/g de producto)
Proteína	0.2770
Hidratos de Carbono	0.0018
Extracto Etéreo	0.0027
Fibra Bruta	0.0170
Cenizas	0.0119
Kcal	0.0680

Cuadro A.5 Contenido proximal de la .harina de garbanzo.

Harina de Garbanzo	Cantidad de Nutrimiento
	(g/g de producto)
Proteína	0.240
Hidratos de Carbono	0.544
Extracto Etéreo	0.055
Fibra Bruta	0.050
Cenizas	0.026
Kcal	3.510

Cuadro A.6 Contenido proximal dela .harina de trigo.

Harina de Trigo	Cantidad de Nutrimiento
	(g/g de producto)
Proteína	0.109
Hidratos de Carbono	0.785
Extracto Etéreo	0.017
Fibra Bruta	0.009
Cenizas	0.007
Kcal	3.621

Para la determinación de la calidad de la proteína de uso la ecuación para el cálculo del computo químico establecido por la FAO en 1973. [75]

Los datos para esos cálculos son los que se muestran a continuación.

Cuadro A.6 Contenido de aminoácidos en la harina de amaranto.

Harina de Amaranto	Cantidad de aminoácido
	(mg/g de proteína)
Valina	39.9
Treonina	32.8
Azufrados	46.3
Isoleucina	39.2
Leucina	58.4
Aromáticos	74.9
Triptofano	14.6
Lisina	58.4

Cuadro A.7 Contenido de aminoácidos en la hoja de amaranto.

Hoja de Amaranto	Cantidad de aminoácido
	(mg/g de proteína)
Valina	48.0
Treonina	49.0
Azufrados	14.2
Isoleucina	50.1
Leucina	93.9
Aromáticos	49.0
Triptofano	15.5
Lisina	41.4

Cuadro A.8 Contenido de aminoácidos en la harina de garbanzo.

Harina de Garbanzo	Cantidad de aminoácido
	(mg/g de proteína)
Valina	46.9
Treonina	36.6
Azufrados	43.0
Isoleucina	45.3
Leucina	75.3
Aromáticos	91.7
Triptofano	40.0
Lisina	69.7

Cuadro A.9 Contenido de aminoácidos en la harina de trigo.

Harina de trigo	Cantidad de aminoácido
	(mg/g de proteína)
Valina	42.7
Treonina	29.5
Azufrados	56.1
Isoleucina	36.8
Leucina	67.0
Aromáticos	86.7
Triptofano	10.3
Lisina	26.8

Anexo B.

Formato de evaluación sensorial, para medir el nivel de agrado de las 3 diferentes formulaciones de pasta precocida enriquecida.

Pruebas de nivel de agrado

Folio: _____

Sexo: H __ M __

Fecha: _____

Tiene con usted 3 muestras, lo que tiene que hacer es probar cada una de las sopas por separado calificándola con una “palomita” (√) en la carita que crea que le corresponde.

Formulación					
R					

Formulación					
A					

Formulación					
V					

GRACIAS !

En formato llevaba un folio impreso que previamente se determinó de acuerdo a las comunidades que se programaron visitar, sin tener esto nada que ver con la evaluación sensorial sino solo como control de esta.

Los folios se muestran a continuación con la correspondiente comunidad evaluada.

001 – 020	San José Tenerías
021 – 040	Xoconostle
041 – 060	La Laguna Amatitlán
061 – 080	San Francisco el Rincón
081 – 100	Xoconostle
101 – 120	San Miguel Amatitlan
121 – 140	Ayuquililla
141 – 160	San Francisco Huamuchil
161 – 180	Zapotitlan Palmas
181 – 200	Guadalupe de Cardenas

En el formato se colocaron letras a las formulaciones siendo la respectiva correspondencia la siguiente:

A → FT- 2

R → FT- 3

V → FT- 8

El numero asignado a cada carita para realizar el análisis estadístico y obtener una graficar que nos permita visualizar el nivel de agrado es el siguiente:

😊 → 2

😐 → 1

😐 → 0

😞 → -1

😡 → -2