



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE QUÍMICA

**“DESARROLLO DE ALIMENTOS
INSTANTÁNEOS TIPO ATOLE DE ALTO
VALOR NUTRITIVO PARA
ALIMENTACIÓN INFANTIL”**

**TESIS
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
QUÍMICA DE ALIMENTOS**

**PRESENTA
Melania Vargas Arvizu**



MÉXICO, D.F.

2010



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

He sido muy afortunada y por eso quiero dar infinitas GRACIAS.

A mi mamá quien ha compartido conmigo su enorme corazón y sus sueños tan grandes como ella.

A mi papá por guiarme en la vida con la simplicidad de la felicidad, paz y amor.

A mi hermosa hermana que ha hecho de mi vida algo excepcional, lleno de amor y colores divertidos.

A mi amigo y compañero de vida, que con su gran amor ha hecho de este viaje algo increíble.

Infinitas gracias a todos por su amor, apoyo, paciencia y por la alegría con la que siempre me han acompañado.

Un especial agradecimiento a la Maestra emérita de la UNAM, Ángela Sotelo López †, guía e inspiración fundamental de este proyecto.

A la Dra. Liliana Rocío González Osnaya por apoyarme con sus conocimientos y enseñanzas hasta la conclusión de este proyecto.

Igualmente agradezco el apoyo, consejos y tiempo que dedicaron a este trabajo la M. en C. Lucía Cornejo y el profesor Q.F.B. Rodolfo Fonseca.

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: Profesor: M. en C. Lucía Cornejo Barrera

VOCAL: Profesor: Q.F.B. Rodolfo Fonseca Larios

SECRETARIO: Profesor: Dra. Liliana Rocío González Osnaya

1^{er} SUPLENTE: Profesor: QFB. Francisco Javier Casillas Gómez

2° SUPLENTE: Profesor: Dra. Claudia Teresa Tovar Palacios

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:

Laboratorio 111. Edificio E. Departamento de Farmacia.

Facultad de Química. Universidad Nacional Autónoma de México.

ASESOR DEL TEMA:

Dra. Liliana Rocío González Osnaya

SUPERVISOR TÉCNICO:

M. en C. Rosa María Argote Espinosa

SUSTENTANTE:

Melania Vargas Arvizu

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	5
II. OBJETIVOS	7
II.1 OBJETIVO GENERAL.....	7
II.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
III. ANTECEDENTES	8
III.1 ALIMENTOS INSTANTÁNEOS.....	8
III.1.1 ATOLE.....	9
III.1.2 PATRÓN DE CONSUMO DE ATOLE EN MÉXICO	10
III.2 NUTRICIÓN Y DESNUTRICIÓN.....	13
III.2.1 METAS A NIVEL NACIONAL	14
III.3 PROTEÍNAS.....	15
III.4 COMPLEMENTACIÓN.....	17
III.5 MATERIAS PRIMAS	17
III.5.1 LECHE EN POLVO	17
III.5.2 LEGUMINOSAS	21
III.5.2.1 GARBANZO	21
III.5.2.2 ALUBIA.....	25
III.5.3 CEREALES	27
III.5.3.1 AVENA	28
III.5.3.2 ARROZ.....	31
III.5.3.3 HARINA DE MAÍZ NIXTAMALIZADO.....	33
III.6 ADITIVOS ALIMENTARIOS	37
III.6.1 COLORANTES.....	37
III.6.2 ANTIOXIDANTES.....	38
III.6.3 SABORIZANTES.....	39
III.6.4 GOMAS Y ALMIDONES.....	40
III.6.4.1 GOMA CARRAGENINA.....	40

IV. METODOLOGÍA	43
IV.1 DIAGRAMA GENERAL DE LA INVESTIGACIÓN	43
IV.2 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	45
IV.3 MATERIAS PRIMAS	45
IV.4 DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA	46
IV.4.1 ELABORACIÓN DE HARINAS	46
IV.4.2 ANÁLISIS PROXIMAL	47
IV.4.2.1 DETERMINACIÓN DE HUMEDAD	47
IV.4.2.2 DETERMINACIÓN DE CENIZAS.....	49
IV.4.2.3 DETERMINACIÓN DE GRASA CRUDA.....	50
IV.4.2.4 DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA CRUDA	52
IV.4.2.5 DETERMINACIÓN DE FIBRA CRUDA.....	54
IV.4.2.6 DETERMINACIÓN DE HIDRATOS DE CARBONO.....	56
IV.4.3 MEZCLA DE HARINAS ACORDE A SU CONTENIDO PROTEÍNICÓ	56
IV.4.4 OPTIMIZACIÓN DE LAS FORMULACIONES	57
IV.5 PRUEBAS FÍSICAS, REOLÓGICAS, DE ESTABILIDAD Y RECONSTITUCIÓN	58
IV.5.1 PRUEBAS FÍSICAS	58
IV.5.2 PRUEBAS DE RECONSTITUCIÓN.....	59
IV.5.3 PRUEBAS REOLÓGICAS	62
IV.5.4 PRUEBAS DE ESTABILIDAD.....	64
IV.6 ENVASADO Y PRUEBA DE VIDA DE ANAQUEL.....	64
IV.7 EVALUACIÓN SENSORIAL	67
IV.7.1 PRUEBA DE ACEPTACIÓN	68
IV.7.2 PRUEBA DÚO-TRÍO.....	70
IV.8 PRUEBAS QUÍMICAS	72
IV.8.1 EXTRACCIÓN DE GRASA CON DISOLVENTES, MÉTODO BLIGH-DYER.....	72
IV.8.2 ÍNDICE DE PERÓXIDOS.....	73

IV.9 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO	75
IV.9.1 PREPARACIÓN Y DILUCIÓN DE LAS MUESTRAS DE ALIMENTOS PARA EL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO	75
IV.9.2 DETERMINACIÓN DE MESÓFILOS AEROBIOS.....	76
IV.9.3 DETERMINACIÓN DE COLIFORMES TOTALES	78
IV.9.4 DETERMINACIÓN DE HONGOS Y LEVADURAS	81
IV.9.5 DETERMINACIÓN DE <i>Salmonella sp.</i>	84
V. RESULTADOS Y ANÁLISIS	89
V.1 ANÁLISIS PROXIMAL DE LA MATERIA PRIMA.....	89
V.2 FORMULACIONES BASE	90
V.3 OPTIMIZACIÓN DE LAS FORMULACIONES	92
V.4 PRUEBAS FÍSICAS, REOLÓGICAS, DE ESTABILIDAD Y RECONSTITUCIÓN	93
V.4.1 PRUEBA FÍSICA.....	95
V.4.2 PRUEBAS DE RECONSTITUCIÓN.....	97
V.4.3 PRUEBAS REOLÓGICAS	100
V.4.4 PRUEBAS DE ESTABILIDAD AL CALOR	103
V.5 FORMULACIONES FINALES.....	104
V.6 APORTE DE NUTRIMENTOS POR PORCIÓN DEL PRODUCTO TERMINADO	105
V.7 ENVASADO	110
V.8 PRUEBA SENSORIAL.....	111
V.8.1 PRUEBA DE ACEPTACIÓN	111
V.9 PRUEBA DE ESTABILIDAD	112
V.10 ETIQUETA	122
V.10.1 PROTOTIPO DE ETIQUETA	123
V.11 EVALUACIÓN PRELIMINAR DE COSTOS	128
V.11.1 ESTUDIO DE MERCADO	128
V.11.2 ANÁLISIS DE COSTOS	129

VI. CONCLUSIONES	130
VII. RECOMENDACIONES	131
VIII. BIBLIOGRAFÍA	132

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente la desnutrición en México es un problema grave de salud pública que implica y perjudica a todos los sectores en nuestra sociedad; por tal motivo, se debe colaborar en conjunto para eliminarla.

La desnutrición es un estado patológico provocado por:

- Ingesta inadecuada.
- Defectos de absorción en el intestino.
- Uso anormalmente alto de nutrimentos.
- Pérdidas anormales.

Aunque una mala alimentación produce estragos a cualquier edad, los niños en edades tempranas se encuentran en una etapa crítica de crecimiento, que se puede ver gravemente alterada por un déficit nutricional. Entre las causas que contribuyen al problema de la desnutrición en México, son la falta de recursos económicos para abastecer a las familias con los alimentos necesarios para cubrir una dieta adecuada, la falta de acceso a los productos alimentarios debido a los obstáculos geográficos, ya sea por aislamiento o por dispersión de las comunidades y, por último, la ausencia de información sobre alimentación, salud e higiene.

En el ámbito internacional se señalan varios factores, como el bajo peso al nacer, desnutrición materna, deficiencia de yodo, vitamina A, hierro y zinc, diarrea, virus de inmunodeficiencia humana (VIH), prácticas inadecuadas en la alimentación de lactantes y niños, así como la limitación de tiempo de las mujeres.

Los programas alimentarios en México no han tenido la efectividad deseada, ya que se han dirigido desproporcionalmente a zonas urbanas y sin una direccionalidad que enfatice la atención hacia los niños menores de cinco años y en hogares de situación de pobreza. Además, se ha indicado que en estas

acciones no se han incluido alimentos específicamente orientados para niños, que contengan los nutrimentos requeridos por esta población.

Con el objetivo de disminuir esta problemática se diseñó un producto alimenticio, cuya formulación está basada en cereales, leguminosas, leche en polvo, entre otros ingredientes, que aportan un alto porcentaje de los requerimientos energéticos y de proteína diarios para un niño de 4 - 6 años de edad. Además, para contrarrestar el problema de limitación de tiempo y recursos económicos de las madres, se buscó que el producto fuera de rápida preparación y de bajo costo, por lo que el producto está constituido con recursos de alta disponibilidad en México y, por lo tanto su precio es bajo. A este tipo de producto se les conoce popularmente como "atole".

El atole es una bebida de origen prehispánico consumida en México. En su forma original, era una cocción azucarada de harina de maíz en agua, en proporciones y tiempo de cocción designada, de tal forma que resulta con una viscosidad característica. Para este proyecto, la formulación clásica del atole ha sido modificada en aspectos como son, sus ingredientes y su forma de preparación, ya que se transformó en un producto instantáneo. Las cuatro propuestas de atoles instantáneos de este trabajo, son de sabores tradicionales mexicanos, pensados para los niños de México.

El consumo de una porción de este atole aporta, entre el 14 y 16 % de energía y entre 26 y 32 % de proteína, de la ingestión diaria recomendada para niños de entre 4 y 6 años de edad. La expectativa es que este atole instantáneo de alto valor nutritivo se utilice en comunidades aisladas de la República Mexicana, en donde aún prevalece una problemática importante de desnutrición.

II. OBJETIVOS

II.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un atole instantáneo de alto valor nutrimental dirigido a niños de 4-6 años de edad, principalmente aquellos que padecen algún grado de desnutrición y/o tengan dificultad en tener acceso a alimentos de alto valor nutrimental, empleando la complementación proteínica entre cereales y leguminosas.

II.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Realizar una investigación bibliográfica sobre las materias primas y la problemática de la desnutrición en el país.
- ✓ Seleccionar las materias primas, según los requerimientos del producto.
- ✓ Elaborar las formulaciones basándose en el análisis proximal.
- ✓ Llevar a cabo las pruebas físicas, reológicas y de reconstitución.
- ✓ Optimizar las formulaciones.
- ✓ Efectuar la evaluación sensorial del producto terminado.
- ✓ Determinar el tiempo de vida de anaquel de los productos formulados.

III. ANTECEDENTES

III.1 ALIMENTOS INSTANTÁNEOS

Un alimento instantáneo es aquel que está listo para consumirse después de haber adicionado determinada cantidad del líquido correspondiente, ya sea frío o caliente y haberlo sometido a agitación.¹

Los procesos para elaborar alimentos instantáneos no han sido hasta el momento estandarizados, ya que cada materia prima requiere de diferentes procesos para lograr diseñar un producto alimenticio que logre dispersarse en un líquido en escasos minutos y, además, tenga buenas características sensoriales y nutrimentales.

En los productos instantáneos en polvo existen ciertos fenómenos que ocurren cuando se pone en contacto el polvo en el líquido:

1. Humectabilidad: penetración del líquido en la estructura porosa del polvo.
2. Sedimentación: precipitación de las partículas en el líquido.
3. Dispersabilidad: distribución rápida del polvo en el líquido.
4. Solubilidad: disolución de las partículas en el líquido.

Actualmente existen en el mercado algunas fórmulas de continuación y papillas para bebé, cuya preparación es instantánea, su precio elevado, y su distribución es centralizada y poco accesible a zonas rurales, sin embargo, existen pocas propuestas de bebidas tipo atole, con valor nutrimental, bajo costo, preparación instantánea y dirigidos tanto del punto de vista de formulación, como de empaque, a niños de escasos recursos en zonas alejadas a las ciudades.

III.1.1 ATOLE

El atole proviene de la palabra náhuatl *atolli* 'aguado', de *atl* agua y *tol*, diminutivo despectivo. Es una bebida de origen prehispánico consumida principalmente en México, Guatemala y otros países de Centroamérica. Originalmente el atole era una mezcla azucarada, que contenía harina de maíz en agua, la cual después de la cocción, presentaba una moderada viscosidad. Tradicionalmente se endulza con piloncillo, aunque también se usa azúcar y miel. Actualmente también se utiliza leche en lugar de agua y, aunque originalmente sólo se utilizaba harina de maíz, hoy en día existen atoles elaborados a base de harina de arroz o harina de trigo. Lo que no ha variado es el hecho de que el producto se consume cuando está caliente. Aunque el atole ha perdido la relevancia que tenía anteriormente, sigue siendo una bebida que conforma aún el paisaje y la gastronomía tradicional de los mexicanos.

El atole tradicional y el más común hoy en día, está hecho a base de fécula de maíz, mezcla de vitaminas y algunos aditivos; su valor nutrimental es muy bajo en cuanto al aporte de proteínas y grasas, sin embargo contiene una cantidad importante de hidratos de carbono. Este atole de fécula de maíz, complementa sus deficiencias nutrimentales al agregar leche y azúcar, mezclando todos los ingredientes en presencia de una fuente de calor constante que logre la ebullición del producto.

Tabla 1. Información nutrimental del atole tradicional Marca Maizena®

Información nutrimental Porciones por envase: 5	Tamaño de la porción: 2 cditas. aprox. (9.4 g) de fécula de maíz para preparar 1 taza (240 mL) de atole.
Contenido energético	140 kJ (33 kcal)
Proteínas	0.0 g
Grasas (lípidos)	0.1 g
Carbohidratos (hidratos de carbono)	8.0 g
Sodio	0.1 g
	% IDR
Vitamina A	15
Vitamina B1 (Tiamina)	15
Vitamina B6 (Piridoxina)	15
Vitamina B12 (Cobalamina)	15
Vitamina C (Ácido ascórbico)	15
Niacina (Ácido nicotínico)	15
Ácido Fólico (Folacina)	15
Hierro	15
Zinc	15

*Ingesta diaria recomendada para la población mexicana²

III.1.2 PATRÓN DE CONSUMO DE ATOLE EN MÉXICO

El patrón de consumo de alimentos y bebidas en México ha sufrido varias transformaciones en los últimos diez años; las guías nutricionales se habían enfocado en los alimentos, sin embargo actualmente la proporción de energía aportada por las bebidas es de 20 a 22 % de la energía total de la dieta en los distintos grupos de edad. Durante el periodo de 1999 a 2006 se duplicó el consumo de energía a partir de bebidas en todos los grupos de edad; por esta razón, la Secretaría de Salud convocó al comité de expertos para la elaboración

de las recomendaciones sobre el consumo de bebidas para la población mexicana.

Las recomendaciones que se proponen proveen lineamientos para satisfacer la mayor cantidad de las necesidades diarias de líquidos a través del agua y otras bebidas con bajo contenido energético y promover un buen perfil nutricional. Una dieta saludable no requiere líquidos para satisfacer las necesidades de energía y nutrimentos. En consecuencia, el agua potable puede utilizarse para satisfacer casi todas las necesidades de líquidos de los individuos sanos. Sin embargo, para permitir cierta variedad y preferencias individuales, una dieta saludable puede incluir diversos tipos de bebidas, además de agua.

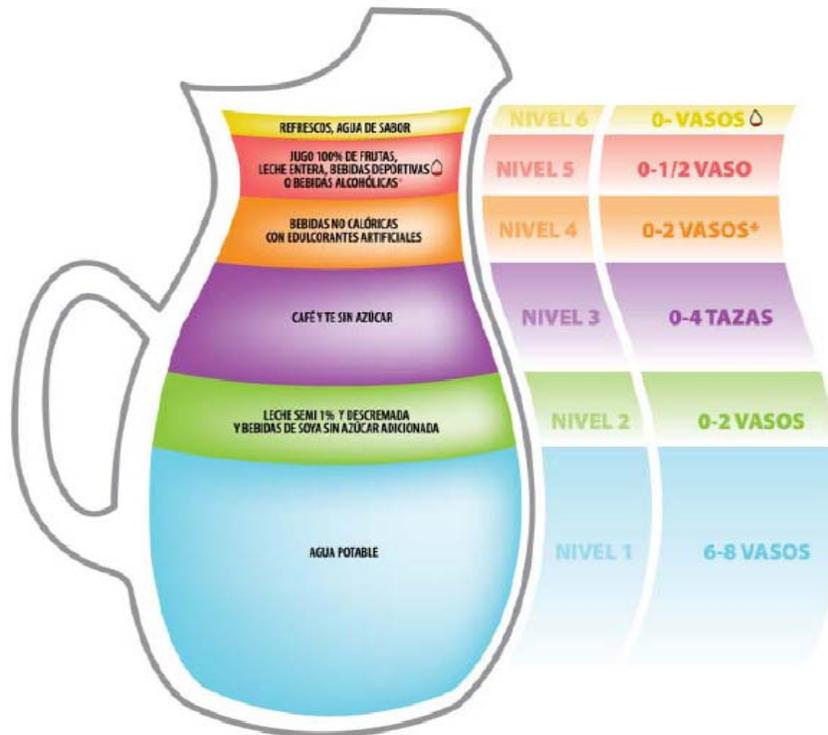
El desarrollo de estas recomendaciones, se realizó con varios objetivos, uno de ellos es promover las bebidas sanas y sustituir el patrón actual poco saludable de las bebidas ingeridas.

Para realizar las recomendaciones se tomaron en cuenta los siguientes factores:

- Densidad energética y de nutrimentos.
- Contribución al consumo total de energía y peso corporal.
- Contribución a la ingestión diaria de nutrimentos indispensables.
- Evidencia de efectos benéficos en la salud.
- Evidencia de efectos adversos a la salud.

El comité de expertos para el desarrollo de recomendaciones sobre consumo de bebidas para una vida saludable, clasificó a las bebidas en seis niveles; desde las menos recomendadas (nivel 6), hasta las más recomendadas (nivel 1), principal fuente de líquidos.³

Figura 1. Recomendaciones para Población Mexicana, consumo de bebidas para una vida saludable.³



El atole casero promedio y el atole industrializado de sabores (Maizena)[®], entra en la categoría de bebidas con edulcorantes con contenido energético (nivel 6); dentro de esta clasificación se incluyen los refrescos carbonatados y no carbonatados, bebidas a base de fruta, aguas frescas, café, té, bebidas en polvo azucaradas o cualquier otra bebida, excepto las endulzadas con edulcorantes artificiales sin calorías.³

El atole tradicional casero o el industrializado de fécula de maíz se posiciona en este nivel debido a que es una bebida que además del aporte energético, no tiene otro beneficio nutrimental. Por lo que su consumo se recomienda sea esporádico, tanto para los niños mayores de dos años (preescolares) y los adultos.³

III.2 NUTRICIÓN Y DESNUTRICIÓN

La nutrición se define como *“la serie de procesos por los cuales un organismo ingiere, transforma y asimila una serie de sustancias para crecer o para reemplazar los tejidos usados o dañados”*.⁴

Cuando lo anterior no se lleva a cabo, es decir que la ingesta del individuo sea inadecuada, o manifieste algún defecto de absorción en el intestino, la consecuencia es un estado patológico conocido como desnutrición. La desnutrición debilita el sistema inmunológico, lo que aumenta la propensión a contraer enfermedades, además de agravar esas enfermedades y dificultar la recuperación. En nuestro país la deficiencia primaria está relacionada fundamentalmente con un bajo consumo de energía y con deficiencias de proteínas de buena calidad y de algunos micronutrientes (hierro, zinc, vitamina A y ácido fólico). Se considera que la corrección de la deficiencia primaria de energía mediante una alimentación variada y suficiente, corrige en gran parte la deficiencia de otros micronutrientes.⁵

La desnutrición en México es un grave problema que está ligado a la pobreza; para erradicar esta problemática, actualmente se llevan a cabo programas por parte del Instituto Nacional de Salud Pública (INSP), la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) y el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán (INCMNSZ). Este último instituto elaboró una herramienta de proyección y planteamiento de metas para eliminar la desnutrición, conocida como El Reloj de la Desnutrición en México. Sin embargo a pesar de los esfuerzos de estos institutos no se ha logrado cumplir con las metas planteadas.

II.2.1 METAS A NIVEL NACIONAL

Hasta el día de hoy (domingo 7 de marzo de 2010) a las (07:08:53 p.m.) horas hay en los Estados Unidos Mexicanos:

844918

Niños desnutridos

En un panorama de proyección de erradicación de la desnutrición para el año 2020 al día de hoy debería haber:

META --> 511144 Niños

La brecha actual es de 333774 menores.⁶

Actualmente el problema de la desnutrición en México se aborda desde distintos ángulos y a través de diversas acciones. El estado ha reconocido esta problemática y ha elaborado el *Programa de Desarrollo Humano Oportunidades*, el cual ayuda a romper el círculo vicioso entre la mala salud y la alimentación, también se ha favorecido el abasto de productos alimentarios a las áreas rurales, como la leche fortificada *Te Nutre*.

Aún con los avances logrados hasta la fecha, es necesario acelerar las medidas fundamentales para dar solución al problema de la desnutrición en México y para ello, se vuelven fundamentales todos aquellos esfuerzos requeridos para lograr una mayor direccionalidad de las acciones. La fortificación de la leche es una experiencia que está dando resultados y que puede extenderse a otros productos, distribuidos a través de las redes de abasto y alimentación, dando especial atención a las localidades más alejadas y dispersas y a los hogares en los que viven varios menores.⁷ Con estos objetivos, los productos con alto contenido energético y nutrimental deben de estar orientados hacia zonas rurales (localidades menores de 2,500 habitantes) en donde se observan niveles de desnutrición considerablemente más altos que en los hogares de zonas urbanas (31.5 y 12.3 %, respectivamente) y a los niños entre los cuatro y los seis años de

edad, ya que el desmedro (talla baja para la edad) en las zonas rurales, se observa en los niños de mayor edad (24.5 % para el grupo comprendido entre 36 y 47 meses y 24.1 % para el grupo de 48 a 59 meses). Lo que sucede de forma inversa en localidades urbanas, en donde las prevalencias más elevadas de desnutrición se reconocen en los niños de menor edad (10.5 % en los de 0 a 11 meses y 13.6 % en el grupo de 12 a 23 meses). Estas diferencias entre la desnutrición por edad en las zonas rurales y urbanas, se puede explicar por los notables descensos recientes de la desnutrición en zonas rurales.⁸

III.3 PROTEÍNAS

Las proteínas representan una de las cinco clases de biomoléculas complejas halladas en las células y los tejidos; las demás son: el ADN, el ARN, los polisacáridos y los lípidos. Los aminoácidos son los sillares de las proteínas y, como tales, constituyen los pilares de la nutrición y del metabolismo proteínico.

Las proteínas son componentes funcionales básicos en productos alimenticios procesados, ya que favorecen ciertas características sensoriales y junto con los demás macronutrientes (hidratos de carbono y lípidos) y micro nutrientes (vitaminas y minerales), determinan las cualidades nutritivas de los alimentos. Dichas propiedades funcionales de las proteínas en los alimentos, son aquellas características fisicoquímicas que afectan, el comportamiento en sistemas alimenticios durante la preparación, los procesos y el almacenamiento, y contribuyen, a la calidad y atributos sensoriales en productos alimenticios.

Las propiedades funcionales más importantes de las proteínas en aplicaciones tecnológicas de alimentos son:

- Capacidad hidrofílica
- Solubilidad proteínica
- Capacidad espumante
- Capacidad de gelificación
- Capacidad de retención de agua.⁹

El contenido proteínico del organismo se mantiene diariamente por medio de un conjunto de variaciones integradas de las tasas de recambio proteico de todo el cuerpo, oxidación de aminoácidos, producción de urea y excreción de nitrógeno, que ocurren a diferente velocidad durante las 24 horas del día. Las necesidades reales son de aminoácidos y, por lo tanto, la composición en aminoácidos de las proteínas de la dieta es extremadamente importante; existen diez aminoácidos estrictamente indispensables para la nutrición humana (valina, leucina, isoleucina, treonina, fenilalanina, triptófano, lisina, metionina, histidina y la arginina) los cuales son indispensable para los niños.

Entre estos diez aminoácidos, principalmente cuatro limitan la calidad de las proteínas en la dieta del hombre: la lisina, los aminoácidos azufrados, la treonina y el triptófano.

La tirosina, cisteína y cistina se podrían clasificar como aminoácidos indispensables, cuando la dieta es deficiente en fenilalanina o metionina.¹⁰

Tabla 2. Papel biológico de los aminoácidos indispensables.¹¹

Naturaleza química	Fuente alimentaria	Funciones especiales (precursores de)
<i>Alifáticos</i> - Isoleucina - Leucina - Valina	Legumbres.	Regiones hidrofóbicas de las proteínas.
<i>Aromáticos</i> - Fenilalanina + tirosina - Triptófano	Huevos, leche y verduras.	Tirosina, epinefrina y tiroxina. Serotonina, ácido nicotínico.
<i>Básicos</i> - Lisina	Carne, pescado y legumbres.	Entrecruzadores en el colágeno y la elastina.
<i>Hidroxiaminoácidos</i> - Treonina	Carne, pescado y legumbres.	Entrecruzadores en el colágeno y la elastina.
<i>Aminoácidos azufrados</i> - Cisteína + metionina	Huevos y cereales.	Estructura terciaria de las proteínas y centros activos de las enzimas, queratina y otras proteínas estructurales, la metionina como donador de grupos metilo.

III.4 COMPLEMENTACIÓN

Para que una proteína sea considerada de buena calidad, se requieren determinadas proporciones de cada aminoácido indispensable, justo lo que ocurre con los alimentos de origen animal; sin embargo, la mayoría de las proteínas de origen vegetal carece de esta proporción ideal, pero esto se puede solucionar si se consumen mezclas de cereales y leguminosas. La unión de estas dos especies vegetales, aumenta la calidad proteínica en la dieta; ya que los cereales tienen un bajo contenido del aminoácido lisina y alto en aminoácidos azufrados; en sentido opuesto las leguminosas, como el garbanzo y las alubias, son abundantes en lisina y carentes en aminoácidos azufrados (metionina y cisteína).⁸ A esto se le conoce como complementación, elaborar mezclas de dos o más alimentos con baja calidad proteínica cuando se encuentran individualmente, pero que al juntarlos eliminan la carencia de algún aminoácido indispensable. La complementación tiene como objetivo proporcionar alimentos de mayor calidad nutricional, que puedan ser de fácil adquisición, ya que por lo regular se emplean materias primas de gran disponibilidad.

III.5 MATERIAS PRIMAS

III.5.1 LECHE EN POLVO

La leche en polvo es el producto obtenido mediante la eliminación de agua en la leche. El contenido de grasa y/o proteínas podrá ajustarse únicamente para cumplir con los requisitos estipulados por la sección 3 de la Norma del Codex para las leches en polvo y la nata en polvo mediante la adición y/o extracción de los constituyentes de la leche, de manera que no se modifique la proporción entre la proteína del suero y la caseína de la leche utilizada como materia prima.¹²

La leche entera en polvo debe tener la siguiente composición:

- Materia grasa de la leche: mínimo 26 % y menos del 42 % m/m
- Contenido máximo de agua: 5 % m/m
- Contenido mínimo de proteínas de la leche en el extracto seco magro de la leche: 34 % m/m.

En la tabla 3 se muestra el contenido de agua en la leche fresca y la leche en polvo.

Tabla 3. Contenido porcentual de agua y de sólidos en la leche fresca y en polvo.¹³

	Agua	Sólidos*
Leche fresca	87.5	12.5
Leche en polvo	1.5 - 3.0	97.0
*Incluye grasa, minerales, lactosa y proteínas.		

En la tabla 4 se muestra el aporte nutrimental de la leche en polvo. La leche tiene crucial importancia en la nutrición, tanto humana como animal, por ser el alimento más completo y ser la materia prima de una gran variedad de productos alimenticios.

Tabla. 4 Valor nutrimental de la leche en polvo entera adicionada.¹⁴

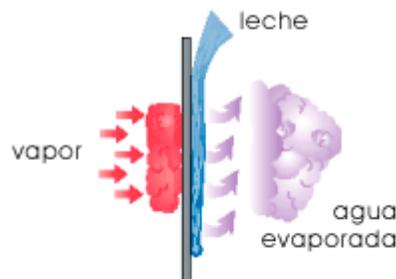
Información nutrimental	Tamaño de la porción: (100 g)
Energía (kJ)	2070.31
Proteína (g)	26.25
Lípidos (g)	26.56
Hidratos de carbono (g)	38.44
Colesterol (mg)	96.87
Vitamina A (µg)	281.25
Calcio (mg)	912.50
Sodio (mg)	371.87

El propósito de hacer de la leche un producto instantáneo es explotar sus propiedades reconstituyentes, evitar el desarrollo de microorganismos y prolongar su vida útil. La leche en polvo constituye un medio para conservar los principios nutritivos de forma económica y facilitar el transporte y almacenamiento de la misma. Se considera la mejor tecnología para cubrir las necesidades de nutrición de la gente que no cuenta con sistemas de refrigeración en sus hogares, además de vivir en zonas cálidas o de clima extremo, lo cual no permite almacenar productos perecederos por mucho tiempo.

Para convertir leche fresca en leche en polvo, se necesita eliminar el agua mediante su evaporación, para ello:

1. Se pasa la leche a través de un evaporador, donde, mediante contacto indirecto con vapor, se aumenta la temperatura hasta llegar al punto de ebullición. El equipo opera con vacío lo que permite evaporar el agua de la leche, evitando trabajar a menor temperatura y dañar sus propiedades. Con esto se logra evaporar el 85.7 % de la cantidad de agua en la leche.

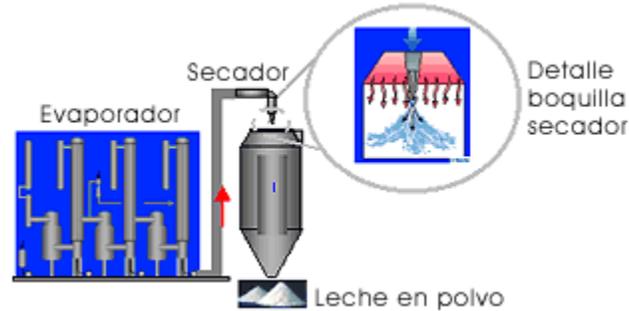
Figura 2. Primera parte del proceso de secado de la leche fresca.



2. Se transporta la leche a un secador, en donde se alcanza el objetivo de eliminar el resto de agua mediante un flujo de aire caliente (Figura 2). Los secadores son tambores que llegan a tener una altura equivalente a cinco pisos y un diámetro de entre 6 y 10 metros. En la parte superior entran tanto el flujo de leche evaporada como uno de aire caliente (alrededor de

300 °C), lo que permite que en los primeros 2 m se logre eliminar el agua necesaria para obtener el polvo final con 3.0 % de humedad.¹⁵

Figura 3. Segunda parte del proceso de secado de la leche fresca.



México no es autosuficiente en la producción de leche a nivel nacional, aunque existen zonas como La Laguna, que tiene el primer lugar en producción y en donde los productores se ven afectados por la importación de la leche en polvo; alrededor del 40 % se importa de países como Estados Unidos y la Comunidad Europea.¹⁶ En la tabla 5 se muestra la producción de leche en polvo en el mundo.

Tabla 5. Producción anual de leche fresca en el mundo (2007).¹⁷

País	Millones de toneladas (2007)
EUA	84,189,067
India	43,481,000
China	35,574,326
Rusia	31,914,914
Alemania	28,402,772
Brazil	26,944,064
Francia	24,373,700
Nueva Zelanda	15,618,288
Inglaterra	14,023,000
Polonia	12,096,005
Turquía	11,279,340
Italia	10,617,750
Paquistán	11,130,000
Argentina	10,500,000
Holanda	11,061,750
México	10,345,982
Ucrania	12,002,900
Australia	9,583,000
Canadá	8,145,000
Japón	8,007,000

III.5.2 LEGUMINOSAS

Las leguminosas son plantas cuyo fruto es una vaina, como las habas, los frijoles, los garbanzos, las lentejas y las alubias.

A medida que la planta madura, las vainas se secan y nacen las semillas; estas últimas al madurar, almacenan alimento para que germine otra planta, por lo que tienen más nutrimentos que cuando aún están frescas y verdes.

Si bien, la principal fuente de proteínas para el hombre es la carne, las leguminosas también son ricas en este nutrimento. La diferencia radica en que la calidad de proteína proveniente de los productos de origen animal es mayor, a diferencia de la proteína vegetal, que debe ser complementada con productos como los cereales o granos, como el arroz.

Las leguminosas además son excelentes fuentes de fibra y vitaminas del complejo B, como la tiamina y riboflavina, y contienen minerales como hierro y calcio. Desde el punto de vista sensorial, las leguminosas aportan sabor, textura y volumen a los platillos. Por ejemplo, en México se consume en gran medida los frijoles con tortillas de maíz.^{18,10}

Las leguminosas, al igual que todas las demás especies, buscan protegerse a sí mismas. Es por esto que con su propia capacidad genética las leguminosas generan sus propias sustancias tóxicas, para asegurar su supervivencia ante los insectos, y animales, incluido el hombre. Sin embargo los humanos hemos aprendido como eliminar esta toxicidad.

III.5.2.1 GARBANZO

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.

De los poco más de 10 millones de hectáreas que se siembran de garbanzo en el mundo, aproximadamente 7 millones se cultivan en la India, seguido de Pakistán y Turquía. En Latinoamérica la mayoría del cultivo se produce en México. En Europa los principales productores son España, Italia y Portugal.¹⁹

Tabla 6. Producción anual de garbanzo en el mundo (2007).¹⁷

País	Toneladas
India	6,333,700
Paquistán	838,000
Turquía	505,366
Australia	313,000
Etiopía	253,871
Irán	310,000
Myanmar	260,000
México	148,495
Canadá	224,800
Iraq	85,000
Yemen	54,000
Siria	50,044
Marruecos	33,380
Tanzania	31,000
Malawi	40,000
España	30,100
Federación Rusa	15,000
Sudán	12,096
Israel	12,220

El garbanzo (*Cicer arietinum*) pertenece a la familia *Fabaceae*. El sistema de reproducción fundamentalmente es la autogamia, situándose la alogamia en un porcentaje mínimo de 1 %.

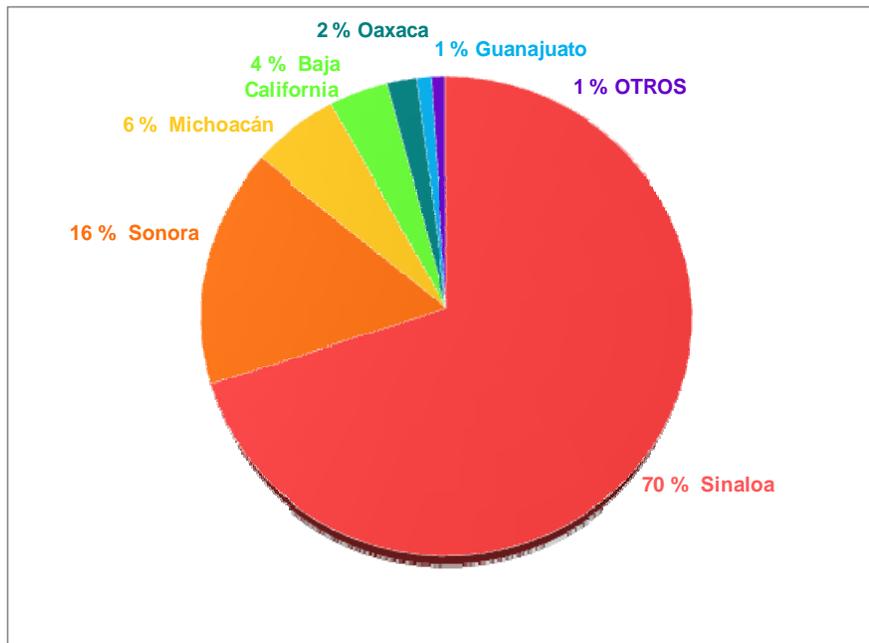
Existen tres tipos de garbanzos, que corresponden fundamentalmente a diferencias en el tamaño, forma y coloración de las semillas:

- Tipo "KABULI": tamaño del garbanzo medio a grande, redondeados y arrugados, color claro y flores no pigmentadas. Su cultivo se localiza en la región mediterránea, América Central y América del Sur.
- Tipo "DESI": grano de tamaño pequeño, formas angulares y color amarillo o negro. Las flores y los tallos son generalmente pigmentados y en algunas ocasiones también las hojas. Se cultivan principalmente en la India.
- Tipo "GULABI": grano de medio a pequeño tamaño, liso, redondeado y de color claro.^{19,20}

Los principales consumidores de este producto son India, Turquía y España. Sin duda la India es el productor y consumidor más importante del mundo, produce más del 60 % del total mundial y su consumo oscila entre los 4 y 6 millones de toneladas. España es el consumidor más importante de Europa, estimándose un consumo de 84 mil toneladas en 1995, cuando tuvo que importar el 20 % del producto para satisfacer su demanda.

En México, el estado de Sinaloa (Gráfica 1) es el principal productor nacional de garbanzo blanco y destaca por el alto porcentaje de la producción que destina al mercado de exportación. Sin embargo otros estados como Sonora, Baja California Sur, Chihuahua, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Querétaro y San Luis Potosí, también cuentan con importantes superficies sembradas. Sus agricultores compiten ventajosamente gracias a la calidad de sus productos.¹⁹

Gráfica 1. Principales estados productores de garbanzo en México.²⁰



La rusticidad de esta leguminosa le proporciona una ventaja adicional. Por su baja demanda de agua de riego, el garbanzo es más competitivo en comparación con otros cultivos que requieren mayor riego, como el maíz y las hortalizas. Este cultivo, además de las áreas de riego, prospera en zonas de humedad residual o temporal.

La superficie cosechada de garbanzo en Sinaloa, durante el ciclo otoño-invierno 2000-2001, fue de 115,322 hectáreas en condiciones de riego y 17,732 en temporal, de donde se obtuvieron 214,025 y 18,322 toneladas respectivamente. La productividad hizo del garbanzo una de las mejores opciones de cultivo en el otoño-invierno.

El garbanzo se adapta a una amplia gama de tipos de suelos, pero prefiere los profundos y textura media. Se puede cultivar tanto en suelos de barrial como de aluvión: sin embargo, tiene algunos problemas para su establecimiento en suelos arenosos y poco profundos.²⁰

Las principales variedades de garbanzo en México son:

- Blanco de Sinaloa
- Jamu
- Mocerito

Los garbanzos tienen ciertos factores anti-nutricionales como los inhibidores de proteasas. Los inhibidores de proteasas son sustancias con la habilidad de inhibir la actividad proteolítica de ciertas enzimas. El garbanzo posee inhibidores de proteasas, hacia la tripsina y la quimotripsina.²¹ Sin embargo se ha observado que la actividad de estos inhibidores, así como su efecto biológico se reduce al ser sometidos a procesos de cocción.^{11,22}

Tabla 7. Valor nutrimental de la harina de garbanzo.²³

Información nutrimental	Tamaño de la porción: 100 g
Energía (kcal)	354.5
Proteína (g)	20.0
Lípidos (g)	7.0
Hidratos de carbono (g)	56.7
Fibra (g)	4.5
Hierro (mg)	7.2
Sodio (mg)	25.7

III.5.2.2 ALUBIA

Las alubias son las semillas maduras y secas extraídas de las vainas que crecen en las plantas del género *Phaseolus*. Es originaria de América Latina, se le atribuyen varios orígenes (México, Perú, Ecuador, Bolivia). Se cultivó en España tras el descubrimiento de América y se le conoce con diversos nombres como, judía, frijol, habichuela, faba entre otros.

Las alubias son ricas en fibra, aunque su componente principal son los hidratos de carbono. Son una buena fuente de proteínas vegetales y de minerales como el

hierro, el magnesio y el zinc. Son ricas en ácido fólico, un elemento asociado con la reducción de defectos en el nacimiento tales como la espina bífida; además de que protege contra los problemas cardíacos. Las alubias son también una buena fuente no-láctea de calcio. Son ricas en fibras dietéticas solubles que ayudan a reducir el nivel de colesterol. Contienen estrógenos de origen vegetal que contribuyen a reducir los riesgos de cáncer en relación con la acción hormonal.²⁴

Tabla 8. Valor nutrimental de la alubia cocida.²³

Información nutrimental	Tamaño de la porción: (100 g)
Energía (kcal)	127.3
Proteína (g)	8.7
Lípidos (g)	0.5
Hidratos de carbono (g)	22.8
Fibra (g)	7.4
Hierro (mg)	2.9
Sodio (mg)	2.2
Fósforo (mg)	143.23

Las principales regiones productoras de frijol en el mundo son América Latina, África y Asia. En América Latina los principales países productores y consumidores de frijol son Brasil y México.²⁵

Tabla 9. Producción anual nacional de frijol (2009).²⁶

Estado	Toneladas
Aguascalientes	1,491
Baja California Sur	2,008
Campeche	1,437
Chiapas	56,671
Chihuahua	115,731
Coahuila	894
Colima	57

Distrito Federal	175
Durango	132,695
Guanajuato	24,697
Guerrero	10,222
Hidalgo	24,583
Jalisco	9,835
Micoacán	3,822
Morelos	1,196
Nayarit	75,762
Nuevo León	741
Oaxaca	16,257
Puebla	18,148
Querétaro	4,132
Quintana Roo	2,308
San Luis Potosí	13,995
Sinaloa	163,700
Sonora	8,329
Tabasco	2,167
Tamaulipas	867
Tlaxcala	9,933
Veracruz	22,088
Yucatán	533
Zacatecas	264,644
Total	997,541

III.5.3 CEREALES

Los cereales son semillas comestibles (granos) de las plantas herbáceas (*Gramineae*). La característica común de estas plantas es su semilla o grano, conocida botánicamente como *caryopsis*, en cuya formación, la cubierta de la

semilla (testa) se fusiona con la pared del ovario. La semilla se encuentra frecuentemente rodeada de brácteas (cascarillas) que se mantienen después de la recolección. Los granos, una vez separados de sus cáscaras son comestibles y contienen almidón, proteínas, grasas y algunas vitaminas.²⁷

Los granos de cereales contienen del 60 – 70 % de almidón y son alimentos excelentes para los humanos. En las zonas rurales de los países en desarrollo, la gente puede comer más de 500 gramos de cereales al día, lo que les proporciona las proteínas que necesitan (y más del 50 % de los requerimientos de energía total diaria). Alrededor del 90 % de la energía total consumida por los seres humanos en el mundo la tomamos directa o indirectamente de los cereales; también aportan una elevada proporción de las proteínas que consumen las personas de menores recursos económicos en todas las regiones geográficas.^{27,28}

III.5.3.1 AVENA

La avena (*Avena sativa*) se distingue de otras especies de avenas silvestres debido a que no despoja o expulsa el grano de la espiga durante la maduración. La avena, al igual que el centeno, se introdujo en Europa procedente de Asia, como una mala hierba de las cosechas de cebada y de trigo. Sin embargo, los cambios climáticos que ocurrieron 1000 años a.C. favorecieron a la avena ya que ésta pudo tolerar estos cambios mejor que la cebada y el trigo.

Los granos de avena constan de dos fracciones anatómicas distintas, la cascarilla y la semilla mondada que se separa durante la operación de molturación. En ambos productos los hidratos de carbono son el componente mayoritario. Sin embargo, este macronutriente se encuentra en menor cantidad en el salvado, el cual tiene valores más altos de fibra dietética, proteína y cenizas, lo que indica que estos componentes se encuentran en mayores cantidades en las capas externas del grano mondado o pelado. La fibra de la avena tiene un interés especial ya que la fracción de fibra soluble es el principal componente de la avena con capacidad para reducir las tasas de colesterol.²⁸

La avena es única entre los cereales ya que presenta concentraciones más elevadas de los aminoácidos indispensables, por lo que tiene un valor nutrimental superior al de los otros cereales. La distribución de proteína en la avena, es diferente a la de los otros cereales. Las prolaminas solubles en alcohol, predominantes en la mayoría de los cereales, constituyen solamente el 10-15 % de la proteína total de la avena. La clase dominante en la avena son las globulinas (55 %), con glutelinas formando un 20-25 %. Del mismo modo, en comparación con otros cereales, la avena tiene una alta cantidad de lípidos, ricos en ácidos grasos insaturados, predominando el linoleico y el oleico.²⁷

En cuanto a los micronutrientes, la avena contiene cantidades significativas de potasio, sodio, calcio, fósforo, magnesio, hierro, zinc, cobre y manganeso. También contiene vitaminas solubles en agua del grupo B (tiamina, riboflavina, niacina, vitamina B₆, pantotenato, folato, biotina) y la vitamina E liposoluble.

La avena tiene diversos componentes con actividad antioxidante, como los tocoferoles, tocotrienoles, esteroides, ácido fólico y diversos compuestos fenólicos, de hecho la harina de avena se ha utilizado como antioxidante alimentario.²⁷

Tabla 10. Valor nutrimental de la avena ²³

Información nutrimental	Tamaño de la porción: (100 g)
Energía (kcal)	250.0
Proteína (g)	17.6
Lípidos (g)	7.3
Hidratos de carbono (g)	67.3
Fibra (g)	15.8
Ácido fólico (mg)	52.3
Calcio (mg)	58.8
Hierro (mg)	5.4
Sodio (mg)	3.5

En la producción mundial de cereales la avena ocupa el quinto lugar, siendo el cereal de invierno de mayor importancia en los climas fríos del hemisferio norte. Es una planta muy sensible a altas temperaturas sobre todo durante la floración y la formación del grano. La avena está más adaptada que los demás cereales a los suelos ácidos, cuyo pH esté comprendido entre 5 y 7, por tanto suele sembrarse en tierras recién roturadas ricas en materias orgánicas.

Tabla 11. Principales países productores de avena durante el año 2003/2004.²⁹

País	Toneladas
Federación de Rusia	6,000,000
Canadá	3,720,00
Estados Unidos	2,100,000
Australia	1,400,000
Polonia	1,200,000
Ucrania	800,000
China	600,000
Argentina	400,000
Chile	350,000
Brasil	330,000
Turquía	250,000
México	100,000

Tabla 12. Producción nacional de avena (2008).²⁶

Estado	Producción (Ton)
Baja California	63
Chihuahua	89,048
Durango	96
Hidalgo	4,760
Edo. de México	15,069
San Luis Potosí	800
Zacatecas	1,625
Total	111,461

III.5.3.2 ARROZ

El arroz (*Oryza sativa*) pertenece al grupo de las gramíneas, es un cereal originario de Indochina y Java. Es uno de los cereales de mayor consumo en el mundo y constituye la base de la alimentación de casi la mitad de la población mundial. En México, el arroz complementa la dieta básica de maíz, frijol y chile; su consumo per cápita varía de 4 a 8 kilogramos anuales. Los estados productores de arroz son: Sinaloa, Chiapas, Michoacán, Nayarit, Jalisco, Campeche y Tamaulipas.³⁰

Tabla 13. Producción de arroz palay en México 2007.²⁶

Estado	Producción (Ton)
Campeche	72,519.5
Chiapas	2,197.6
Colima	16,608.8
Guerrero	1,318.2
Jalisco	4,984.0
México	543.2
Michoacán	29,190.0
Morelos	10,146.3
Nayarit	33,407.0
Oaxaca	70.0
Quintana Roo	995.4
Sinaloa	10,623.0
Tabasco	51,108.3
Tamaulipas	7,787.0
Veracruz	53,198.8
Total	294,697.2

El arroz es una planta que posee características de una planta terrestre normal, capaz de pasar humedad de las raíces al tallo y oxígeno del tallo a las raíces, sin embargo sus raíces las mantiene sumergidas en charcas, naturales o construidas artificialmente. Crece en climas diversos, pero requiere de abundante agua y temperaturas elevadas (20–38 °C).²⁷ Se considera que el éxito de este cultivo depende de la abundante cantidad de agua dulce que se disponga, por el hecho

de que esta planta requiere que la tierra en la cual crece esté sumergida en ella. Requiere de suelos con alto contenido de materia orgánica y elevada capacidad de retención de agua, por esto los suelos arcillosos, son los adecuados para el cultivo de arroz.

Las variedades de arroz pertenecen a los siguientes grupos geográficos:

- Grupo Índica: crece en las regiones tropicales de la India, Indochina, Filipinas, parte de Estados Unidos y México.
- Grupo Japónica: es el arroz que se cultiva en las regiones subtropicales de Japón, Corea, zona del Mediterráneo, oeste de los Estados Unidos y parte de Sudamérica.
- Grupo Javánica: es un grupo que se cultiva principalmente en Bruma e Indonesia.

Para su consumo es necesario remover la cascarilla y someterlo a una molienda abrasiva, también llamada pulido de arroz, en la que se separa el salvado y el pericarpio; el producto obtenido después de este proceso es el arroz pulido o blanco.

En la tabla 14 se muestra el valor nutrimental del arroz. El contenido proteínico del arroz es inferior al de los otros cereales, sin embargo es altamente digestible (98 %). La proteína en el arroz está dada por: $N \times 5.95$ factor inferior al de otros cereales, pero superior al del trigo. La composición de aminoácidos se encuentra relativamente bien equilibrada, con valores de lisina de 3.5 % de la proteína total. Sin embargo, en poblaciones en donde el consumo de arroz blanco pulido es alto, se pueden presentar riesgos de contraer enfermedades, como el beriberi por deficiencia de tiamina y deficiencias de otras vitaminas del complejo B, en particular la riboflavina. Por lo que se aconseja aplicar procedimientos para enriquecer el arroz con estas vitaminas. De acuerdo con los estándares de algunos países, cada kilogramo de arroz se enriquece para contener 4-8 mg de tiamina, 2-5 mg de riboflavina, 32-65 mg de niacina y 26-56 mg de hierro.²⁷

Tabla 14. Valor nutrimental de la harina de arroz.²³

Información nutrimental	Tamaño de la porción: 100 g
Energía (kcal)	360.0
Proteína (g)	7.0
Lípidos (g)	3.0
Hidratos de carbono (g)	75.5
Fibra (g)	4.5
Ácido fólico (mg)	15.5
Calcio (mg)	10.5
Hierro (mg)	2.0
Sodio (mg)	8.0

III.5.3.3 HARINA DE MAÍZ NIXTAMALIZADA

El maíz es uno de los cereales utilizados por el hombre desde épocas muy remotas y una de las especies vegetales más productivas, tanto en su producción global –cerca de 600 millones de toneladas por año– como en su productividad más de 4 t/ha (toneladas por hectárea).

Se difundió a todo el mundo después del primer viaje de Cristóbal Colón a América a fines del siglo XV; sin embargo, todavía existen discrepancias respecto a su origen. Se considera que el maíz fue una de las primeras plantas cultivadas por los agricultores entre 7,000 y 10,000 años. La evidencia más antigua del maíz como alimento humano proviene de algunos lugares arqueológicos de México, donde algunas pequeñas mazorcas de maíz estimadas en más de 5,000 años de antigüedad fueron encontradas en cuevas de los habitantes primitivos.³¹

El maíz es una planta que tiene múltiples usos y que puede ser utilizada en varias etapas de su desarrollo desde, las mazorcas muy jóvenes –maíz *baby*-, hasta las mazorcas verdes tiernas y los granos ya maduros. El grano de maíz, sobre todo el blanco, es un cereal importante para el consumo humano, especialmente en África y América Latina.

Unas variedades de plantas de maíz no llegan a los 2 metros de altura, mientras que otras pueden desarrollarse hasta alcanzar los 6 metros de altura. Cada planta tiene un tallo alto, fibroso y leñoso. En el desarrollo de la planta influyen los factores ambientales tales como temperatura, disponibilidad de nutrimentos y humedad. El maíz requiere una temperatura de 25 a 30°C, así como bastante incidencia de luz solar, para que se produzca la germinación en la semilla la temperatura óptima debe situarse entre los 15 a 20°C, llega a soportar temperaturas mínimas de 8°C y a partir de los 30°C pueden aparecer problemas serios debido a mala absorción de nutrientes minerales y agua.²⁷

En cuanto a su valor nutrimental el maíz se compara favorablemente con respecto al arroz y al trigo; es más rico en grasa, hierro y contenido de fibra, pero su aspecto nutrimental más pobre son las proteínas.

Tabla 15. Valor nutrimental de la harina de maíz nixtamalizado.²³

Información nutrimental	Tamaño de la porción (100 g)
Energía (kcal)	371.4
Proteína (g)	9.5
Lípidos (g)	3.8
Hidratos de carbono (g)	77.6
Fibra (g)	9.5
Ácido Fólico (mg)	24.3
Calcio (mg)	143.8
Hierro (mg)	7.1
Sodio (mg)	5.2

Cerca de la mitad de las proteínas del maíz están compuestas por zeína la cual tiene un bajo contenido de aminoácidos indispensables, especialmente lisina y triptófano. Sin embargo el proceso de nixtamalización compensa este desequilibrio nutrimental. El efecto de la nixtamalización en el valor nutricio del maíz incluye: incremento de la digestibilidad; mejoramiento del balance

isoleucina/leucina, lo que a su vez favorece el aprovechamiento de la proteína; y la liberación de una parte de la niacina, que no está biodisponible inicialmente en el grano y que evita la pelagra, enfermedad de deficiencia vitamínica que casi no se presenta en Mesoamérica, gracias al consumo del producto nixtamalizado.

La nixtamalización es un proceso prehispánico, que consiste en la lixiviación del grano de maíz, mediante un tratamiento térmico alcalino. Este tratamiento consiste en la cocción del grano en agua con 1 a 3 % de Ca(OH)_2 , a 95–100 °C durante 60 a 180 minutos, seguido de un reposo de 12 horas. Después del reposo, el agua de cocimiento o nejayote se drena, el nixtamal se lava con agua limpia para remover el pericarpio y el exceso de cal.

El pH alcalino, el calor y el prolongado tiempo de reposo en la solución, incrementan la humedad de grano hasta 48 a 51 % y logran la remoción del pericarpio porque debilitan las paredes celulares por la solubilización parcial de hemicelulosas, suavizan la estructura del grano por el hinchamiento, por la destrucción parcial de los gránulos de almidón y por la incipiente gelatinización; modifican la estructura de las proteínas y dan un sabor característico a los productos nixtamalizados. Además, gracias al ion calcio bivalente, se forman puentes que son determinantes para la textura y cohesividad de la masa. La masa puede ser secada y molida, con el fin de obtener harina de maíz nixtamalizada, como la que se utiliza en la formulación de los atoles. En las tablas 16 y 17 se presentan los datos de producción mundial y nacional de maíz respectivamente.³⁰

Tabla 16. Producción mundial anual de maíz (2007).¹⁷

Región	Toneladas
EUA	331,175,072
China	152,418,870
México	23,512,752
Brasil	52,112,200
Argentina	21,755,364
India	18,955,400
Francia	14,357,300
Indonesia	13,287,527

Hungría	4,026,734
Nigeria	6,724,000
Ucrania	7,421,100
Turquía	3,535,000
Tanzania	3,659,000
Etiopía	3,336,795
África	7,125,000
Malawi	3,226,418
Kenia	2,928,793
Pakistán	3,605,000
Filipinas	6,736,940
Paraguay	1,900,000

Tabla 17. Producción nacional anual de maíz (2007).²⁶

Estado	Toneladas
Aguascalientes	47,305.15
Baja California Sur	27,331.55
Campeche	164,039.87
Chiapas	1,525,577.66
Chihuahua	848,565.87
Coahuila	23,953.14
Colima	43,403.45
Distrito Federal	9,467.11
Durango	290,316.51
Guanajuato	1,374,286.84
Guerrero	1,304,262.81
Hidalgo	590,510.49
Jalisco	3,251,674.74
México	2,002,701.13
Michoacán	1,566,712.09
Morelos	102,470.15
Nayarit	227,780.43
Nuevo León	59,418.70
Oaxaca	766,994.06
Puebla	942,315.80
Querétaro	376,460.23
Quintana Roo	15,692.04
San Luis Potosí	174,875.39
Sinaloa	5,132,808.61
Sonora	143,891.35

Tabasco	91,936.52
Tamaulipas	632,825.00
Tlaxcala	287,555.44
Veracruz	966,462.62
Yucatán	139,257.68
Zacatecas	381,899.42
Total	23,512,751.85

III.6 ADITIVOS ALIMENTARIOS

El uso de aditivos alimentarios se ha expandido en corto tiempo y cada vez son más utilizados, por las múltiples ventajas que pueden dar a un producto. Generan y expanden el mercado, extienden la vida de anaquel, ayudando a la conservación de los alimentos, para que puedan llegar a un gran número de personas a larga distancia.

Se define a los aditivos, como cualquier sustancia permitida que, sin tener propiedades nutrimentales se incluya en la formulación de los productos y que actúa como estabilizante, conservador o modificador de sus características organolépticas, para favorecer ya sea su estabilidad, conservación, apariencia o aceptabilidad. Nunca utilizándolos para cubrir malas prácticas de manufactura.³²

III.6.1 COLORANTES

Un aditivo colorante es cualquier tintura, pigmento o sustancia que cuando se agrega o aplica a un alimento, medicamento o producto cosmético, o al cuerpo humano, es capaz (ya sea solo o como consecuencia de reacciones con otras sustancias) de impartir color.

La FDA (Food and Drug Administration) está encargada de regular en los Estados Unidos de América todos los aditivos colorantes para asegurar que los alimentos que los contienen sean seguros y puedan ingerirse, contienen sólo ingredientes

aprobados y están correctamente etiquetados. Los aditivos colorantes se utilizan en los alimentos por muchas razones:

1. Para compensar la pérdida de color que se produce por la exposición a la luz, aire, temperaturas extremas, humedad y condiciones de almacenamiento.
2. Para corregir las variaciones naturales en color.
3. Para realzar los colores naturales.
4. Para proporcionar color a alimentos que carecen de éste.³³

La FDA clasifica a los colores permitidos en 2 grupos: los que necesitan certificación y los exentos de certificación. Igualmente, ambos deben aprobar rigurosos estándares de seguridad antes de ser aprobados e incluidos en las listas de productos autorizados para usarse en los alimentos.³⁴

- Los colores certificados son producidos artificialmente, se usan ampliamente porque imparten colores intensos, uniformes, son más económicos y se combinan más fácilmente para crear una variedad de tonalidades. Hay nueve aditivos colorantes certificados aprobados para su uso en los Estados Unidos.
- Los colores que están exentos de certificación incluyen a los pigmentos que se derivan de fuentes naturales como los vegetales, los minerales o los animales. Los aditivos colorantes derivados de productos naturales son más costosos que los colores artificiales certificados y pueden agregar sabores no deseados a los alimentos. Algunos ejemplos de estos colores son el extracto de annatto (amarillo), las remolachas deshidratadas (rojo azulado a marrón), caramelo (amarillo a tostado), betacaroteno (amarillo a naranja) y el extracto de hollejo de uva (rojo, verde).^{32,34}

III.6.2 ANTIOXIDANTES

La mayoría de los lípidos en los alimentos están presentes en forma saturada, mono-insaturada o poli-insaturada, en cuanto a los ácidos grasos se refiere. Estos

ácidos grasos a su vez se esterifican al glicerol, formando los triglicéridos (forma más común en la que encontramos a los lípidos en cualquier organismo).

Los lípidos son las moléculas alimenticias más susceptibles a la oxidación por radicales libres, esta inestabilidad se debe al contenido de ácidos grasos poli-insaturados, en triglicéridos y fosfolípidos. La oxidación de los lípidos se lleva a cabo en varios pasos y es multifactorial. En los alimentos y en otros productos que contienen lípidos, las variables son: la susceptibilidad de los ácidos grasos, la estructura molecular de los lípidos, el estado físico de los lípidos y los hidroperóxidos formados por descomposición catalítica en presencia de metales. Evitar este tipo de oxidación en los alimentos es de suma importancia, ya que propicia olores y sabores de rancidez, el color y la textura se ven dañados y descende el valor nutrimental al disminuir las vitaminas (las vitaminas por su carácter reductor, captan el oxígeno, impidiendo de modo secundario la oxidación de las grasas) y perderse ácidos grasos (poli-insaturados principalmente).^{35,36}

Para evitar esta oxidación se utilizan diferentes técnicas, como el envasado al vacío o en recipientes opacos, pero también se utilizan antioxidantes que pueden ser naturales (ácido ascórbico y tocoferoles) o artificiales (TBHQ, BHT, BHA).^{35,36}

III.6.3 SABORIZANTES

El sabor es uno de los atributos más importantes en los alimentos y es detectado por los sentidos del gusto y el olfato. El gusto está constituido por los cuatro grupos primarios (dulce, ácido, salado y amargo) que son detectados por las papilas gustativas en la boca, principalmente en la lengua, el paladar y las mejillas. El olfato es detectado por células sensibles situadas en la parte superior de la cavidad nasal.

Los agentes saborizantes se han utilizado desde los tiempos más remotos para aumentar el atractivo de los alimentos. Originalmente, los saborizantes eran las formas desecadas, y a menudo pulverizadas de especias, hierbas, bayas, raíces y

tallos de plantas. Por ejemplo, las especias como pimienta, clavos y jengibre eran apreciadas por su capacidad de añadir interés y palatabilidad a los alimentos.

Conforme aumentó la demanda de saborizantes se idearon métodos para extraer los principios activos de los mismos. Los tipos más importantes de saborizantes naturales son los aceites, que se extraen de los tejidos vegetales. Los sabores sintéticos se disuelven por lo general en alcohol etílico u otro disolvente permitido pero también se obtienen formas en polvo, preparadas mediante secado por aspersión del material saborizante.³⁷

Los jueces entrenados perciben los sabores mediante el gusto y el olor, sin embargo un consumidor percibe los sabores utilizando otros sentidos como el de la vista, ya que el color, la textura y la apariencia participan también en la evaluación de un producto.

III.6.4 GOMAS Y ALMIDONES

Los agentes texturizantes son utilizados para añadir o modificar la textura de los alimentos. La mayoría de los productos instantáneos los contienen ya que contribuyen a mejorar la viscosidad, la textura, estabilidad, apariencia y la calidad del producto.

Los almidones que se utilizan para alimentos instantáneos tienen por lo menos 5 % de humedad. Los almidones modificados requieren de otro ingrediente para dispersarse de forma adecuada, la sacarosa y las harinas son un buen transporte, utilizarlas, evita conglomerados.³⁷

III.6.4.1 GOMA CARRAGENINA

La carragenina es un hidrocoloide extraído de algas marinas rojas de la clase *Rodophyta* y de las especies *Gigartina*, *Hypnea*, *Eucheuma*, *Chondrus* e *Iridaea*. Las algas son recolectadas manualmente por pescadores con equipamientos

especiales. Después de la recolección, las algas son colocadas al sol para secarlas hasta que lleguen a un nivel de humedad ideal para su procesamiento.³⁸

Figura 4. Alga marina Clase Rodophyta



La carragenina es utilizada en diversas aplicaciones en la industria alimentaria como espesante, gelificante, agente de suspensión y estabilizante, tanto en sistemas acuosos como en sistemas lácticos. En agua, se presenta, típicamente como un hidrocoloide con propiedades espesantes y gelificantes. En la leche, tiene además, la propiedad de reaccionar con las proteínas y proveer funciones estabilizantes.

Su clasificación puede ser de acuerdo a su proceso de producción o a su estructura y propiedades físico-químicas.

1. Con respecto al proceso de producción, la carragenina se puede clasificar como:

Semi-refinada – gel opaco, con mucha celulosa y fibra, bajo grado de pureza.

Refinada – gel claro, transparente, alto grado de pureza.

2. Con respecto a la estructura y propiedades físico-químicas se puede clasificar como:

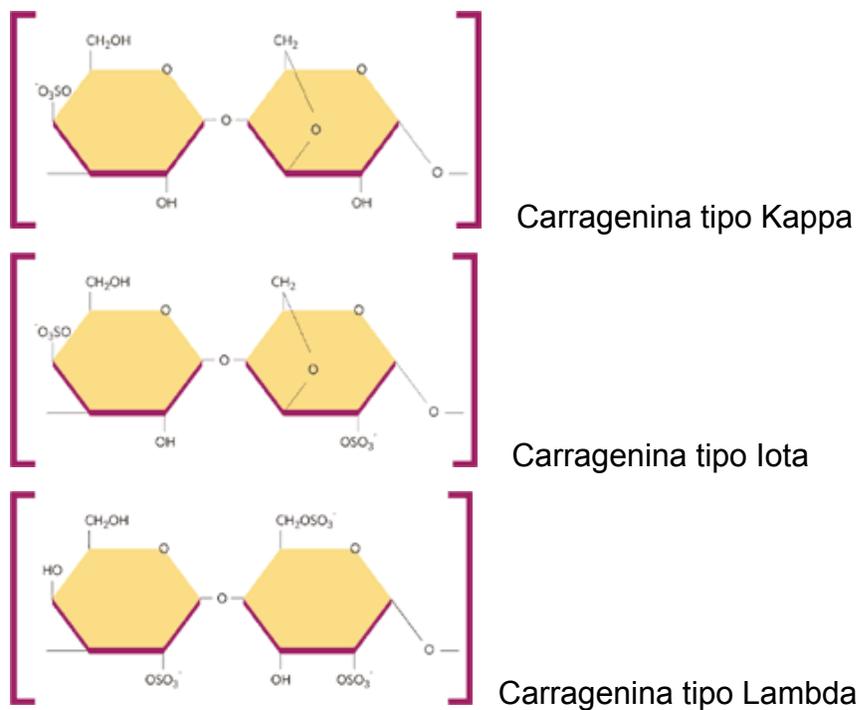
Kappa - gel rígido, quebradizo, termorreversible, alta fuerza de gel, presenta sinéresis.

Iota - gel elástico, termorreversible, no presenta sinéresis.

Lambda – soluble en frío, no gelificante, produce altas viscosidades.³⁸

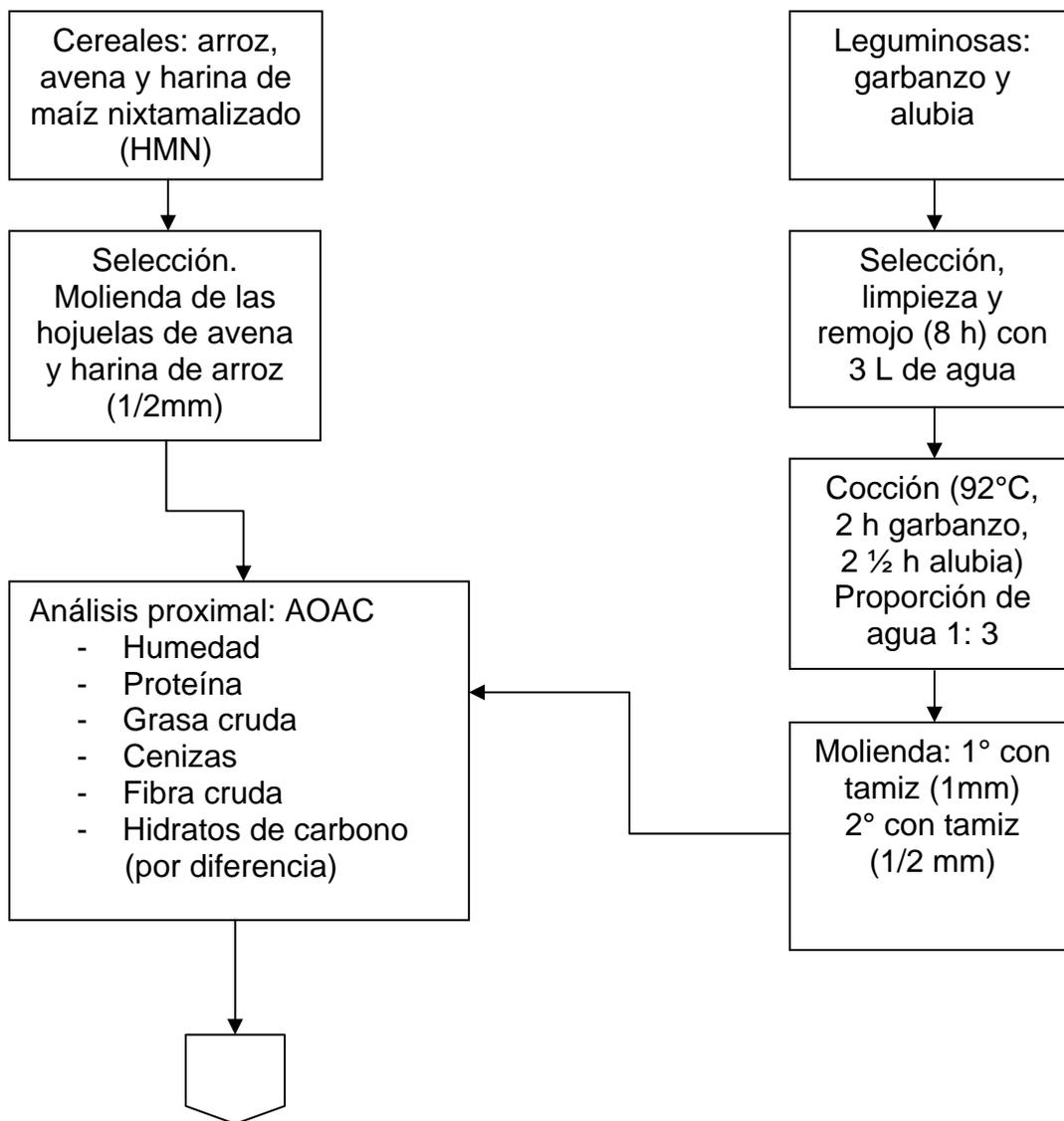
La carragenina contiene grupos éster sulfato de 15 - 40 % formada por unidades alternadas de D-galactosa y 3,6-anhidro-galactosa (3,6-AG) unidas por ligaduras α -1,3 y β -1,4-glucosídica. La posición y el número de grupos éster sulfato así como el contenido de 3,6-AG determinan las diferencias primarias entre los tipos de carragenina kappa, iota y lambda. Los mayores niveles de éster sulfato implican en una menor fuerza de gelificación y baja temperatura de solubilización. La carragenina tipo kappa contiene de 25 - 30 % de éster sulfato y de 28 - 35 % de 3,6-AG. La carragenina tipo iota contiene de 28 - 35 % de éster sulfato y de 25 - 30 % de 3,6-AG. La carragenina tipo lambda contiene de 32 - 39 % de éster sulfato y no contiene 3,6-AG.

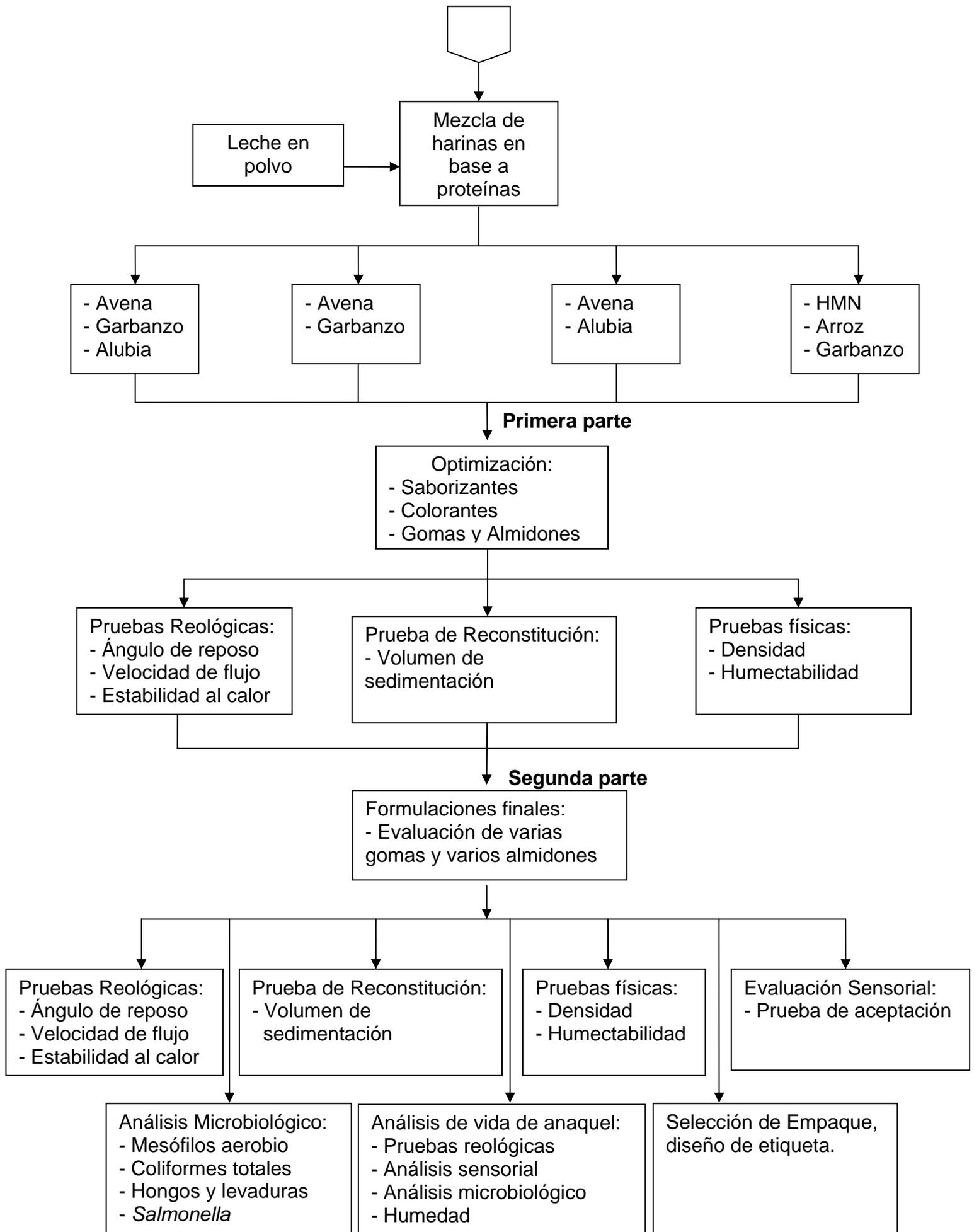
Figura 5. Estructuras químicas de los tres tipos de carragenina.³⁸



IV. METODOLOGÍA

IV.1 DIAGRAMA GENERAL DE LA INVESTIGACIÓN





IV.2 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Como se muestra en el diagrama de la investigación, los procedimientos y análisis que se realizaron durante el desarrollo del producto fueron los siguientes:

- Investigación bibliográfica
- Elaboración teórica de formulaciones
- Elaboración de harinas
- Análisis proximal de harinas
- Mezcla de harinas
- Formulación y optimización de las 4 formulaciones, con 5 sabores
- Pruebas reológicas, físicas y de reconstitución.
- Desarrollo de formulaciones finales
- Empaque y análisis de vida de anaquel
- Diseño de etiqueta

IV.3 MATERIAS PRIMAS

Las materias primas utilizadas en la elaboración del atole fueron:

- Cereales:
 - Harina de Arroz (Tres Estrellas ®)
 - Harina de maíz nixtamalizado (HMN) (Maseca ®)
 - Avena (Avena 1 ®)
- Leguminosas:
 - Garbanzo (Morelos ®)
 - Alubia (El Labrador ®)

IV.4 DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA

IV.4.1 ELABORACIÓN DE HARINAS

Material:

- Ollas de aluminio para cocción
- Mechero Bunsen, base para calentamiento y tela de asbesto
- Secador con corriente de aire (Lab-line Imperial III)
- Molino (Thomas-Wiley, Arthur H. Thomas Company. Model 4).
- Papel aluminio y charolas metálicas
- Bolsas resellables
- Guantes, cubre boca y cofia.

Para el desarrollo de los atoles instantáneos fue necesario tener los cereales y leguminosas en forma de harina. En el caso de la HMN, se empleó tal cual se compró, y en cuanto a las harinas de arroz y avena, se llevó a cabo un proceso de molienda y posteriormente se tamizó utilizando una malla de ½ mm de diámetro.

Procedimiento para las leguminosas:

- Selección y limpieza: La cantidad de 2 kg de leguminosas, se sometieron a estos procesos, en base a la calidad física de los granos, señalada por la NMX-FF-038-1995-SCFI³⁹ y la Consejería Comercial de México en España⁴⁰.
- Remojo: posteriormente se mantuvieron en agua durante 8 h previas a la cocción.
- Cocción: los garbanzos se mantuvieron expuestos al fuego constante durante 2 h a 92°C y las alubias durante 2.5 h. Se emplearon 3 L de agua purificada durante el remojo y otros 3 L para su cocción.
- Secado: las leguminosas y el caldo de cocción, se secaron en una estufa con corriente de aire, a una temperatura constante de 60°C; durante 24 h y durante 48-72 h el caldo de cocción.

- Molienda: por último se llevó a cabo la molienda tanto de las leguminosas como de los sólidos en el caldo de cocción. La molienda primero se lleva a cabo utilizando una malla de 1 mm de diámetro y posteriormente de ½ mm.

Una vez obtenidas las cinco harinas en su tamaño deseado de partícula, se les realizó un análisis proximal, de modo que nos indicara la cantidad de proteína, fibra cruda, grasa, humedad, y cenizas en cada una de ellas. Esto permitió elaborar mezclas de harinas balanceadas.

IV.4.2 ANÁLISIS PROXIMAL

El análisis proximal se realizó a las materias primas, (harinas).

Las determinaciones realizadas fueron:

- Humedad (AOAC-14.004)⁴¹
- Cenizas (AOAC-7.009)⁴¹
- Proteína cruda (AOAC-2.055)⁴¹
- Grasa cruda (AOAC-7.063)⁴¹
- Fibra cruda (AOAC-7.074)⁴¹
- Hidratos de carbono asimilables (se determinaron por diferencia)⁴¹

IV.4.2.1 DETERMINACIÓN DE HUMEDAD

Fundamento

Es un método que se basa en la pérdida de peso debida a la evaporación de agua de la muestra durante el calentamiento a una temperatura no mayor a la de ebullición, por lo tanto, es importante comparar sólo los resultados obtenidos empleando las mismas condiciones de secado. La determinación se realizó por triplicado.

Material:

- Estufa de vacío (Lab-line duo-vac oven)
- Balanza analítica
- Desecador
- Pesafiltros
- Estufa con corriente forzada (Lab-line Imperial III)

Procedimiento (Técnica descrita por la AOAC-14.004)⁴¹

Primeramente se pone a peso constante el recipiente en donde se va a efectuar la determinación. Las charolas de aluminio se colocan 2 a 4 horas en la estufa de secado de 60-65°C. A continuación se adiciona la muestra (de 2 a 5 g), tratando de que presente la mayor superficie de evaporación, se introduce en la estufa que se encuentra entre 100 - 110°C. El tiempo de permanencia dentro de la estufa depende del material del que se trate. Para el caso de harinas y productos de baja humedad basta con 4-8 horas.

Todas las pesadas que se efectúen deben hacerse inmediatamente después que son sacadas del desecador. Se consideran a peso constante una muestra cuando al pesarla en la balanza analítica solo se presente variación en la cuarta cifra decimal.

Cálculos

Teniendo el peso de la charola con muestras antes y después de secada, y con el peso del pesafiltro solo, se puede hacer la determinación. Generalmente la pérdida del material que se volatiliza bajo estas condiciones, se le acostumbra denominar como humedad.

$$\% \text{ HUMEDAD} = \frac{P_i - P_f}{m} \times 100$$

Donde:

P_i = peso pesafiltros con muestra antes de secada (en gramos)

P_f = peso pesafiltros con muestra después de secada (en gramos)

m = peso de muestra (en gramos)

IV.4.2.2 DETERMINACIÓN DE CENIZAS

Fundamento

La determinación de cenizas se basa en la destrucción de la materia orgánica contenida en una matriz alimentaria, considerándose a las cenizas como el residuo inorgánico que queda después de incinerar dicha materia orgánica en una mufla. La determinación se realizó por triplicado.

Material:

- Mufla THERMOLYNE, mod.1500
- Balanza analítica
- Mechero Bunsen
- Crisoles de porcelana
- Desecador

Procedimiento (Técnica descrita por la AOAC-7.009)⁴¹

Previamente se ponen a peso constante los crisoles, los cuales se colocan en la mufla a una temperatura de 550°C, marcándolos con lápiz o cualquier sustancia que no se elimine en el proceso de incineración.

Al crisol se le coloca de 2-3 gramos de muestra aproximadamente, se pone a carbonizar a la flama de un mechero y bajo una campana, ya que se desprende una gran cantidad de humo. Cuando ya no se presente desprendimiento de humo se puede introducir el crisol a la mufla, la cual debe encontrarse entre 500-550°C. El tiempo de permanencia es muy variable, y depende del material con el que se esté trabajando.

Si después de la incineración se obtienen cenizas con manchas negras, es conveniente adicionar unas gotitas de agua destilada a estas cenizas una vez que estén frías, con el fin de obtener cenizas grisáceas o blancas homogéneas; lo que indica el punto final de esta determinación. Es conveniente dejar enfriar un poco el crisol antes de meterlo al desecador, para su posterior pesada en la balanza analítica.

Cálculos

El cálculo de cenizas en términos de porcentaje es el siguiente:

$$\% \text{ CENIZAS} = \frac{P_f - P_o}{m} \times 100$$

Donde:

P_f = Peso del crisol con la muestra después de incinerada (en gramos)

P_o = Peso del crisol a peso constante (en gramos)

m = Peso de muestra (en gramos)

IV.4.2.3 DETERMINACIÓN DE GRASA CRUDA

Fundamento

La determinación del extracto etéreo, incluye una gran variedad de compuestos orgánicos, únicamente unos pocos de ellos tienen interés nutricional; aquellos que se encuentran en gran cantidad incluyen la grasa verdadera, ácidos grasos y sus ésteres, vitaminas liposolubles y provitaminas tales como los carotenoides.

Al escoger el solvente de extracción (éter etílico, éter de petróleo o hexano), se deben tomar en cuenta sus ventajas y desventajas para una buena elección. El éter de petróleo 30-60°C, es el solvente más eficaz y se utiliza en el establecimiento de las normas existentes. La desventaja es que el material debe estar libre de agua o alcohol, ya que el éter húmedo disuelve el azúcar y algunos otros hidratos de carbono; por lo cual es indispensable que la muestra se encuentre seca.

La primera razón por la cual es importante determinar el dato de grasa o extracto etéreo, es poder aislar la fracción alta en contenido energético.

Material:

- Aparato de extracción (Goldfish Labconco)
- Cartuchos de celulosa de 22x80mm
- Estufa de vacío LAB-LINE, mod.3620

- Vasos de borde esmerilado KIMAX
- Éter de petróleo 30 – 60°C (anhidro)
- Balanza analítica

Procedimiento (Técnica descrita por la AOAC-7.063)⁴¹

Se colocan los vasos esmerilados en la estufa de vacío hasta que su peso es constante, este peso se registra y se conserva para los cálculos siguientes.

Para esta determinación es necesario trabajar con la muestra previamente seca, por lo cual a la muestra que se le haya determinado humedad, se le aplica el procedimiento de grasa.

Dentro de los cartuchos de celulosa se colocan de 2 – 5 g de muestra (dependiendo del contenido de grasa), posteriormente se tapan con algodón y se introducen en los porta dedales de vidrio, los cuales a su vez se colocan en el seguro metálico del aparato Goldfish.

En los vasos esmerilados se colocan aproximadamente 50 mL de éter de petróleo y con ayuda de un anillo metálico con rosca se asegura al aparato de extracción el cual se conecta con una bomba de recirculación de agua helada.

Para iniciar el proceso se sube la parilla de calentamiento hasta que esté en contacto con el vaso, además se abre la llave del agua para que esta circule sobre los refrigerantes. Cuando se trabaja con éter de petróleo, es conveniente colocar el control de calentamiento en LOW (bajo).

Al término del tiempo de extracción (3 horas o más dependiendo de la cantidad de grasa a extraer) se bajan las parrillas de calentamiento, se retiran los vasos y se colocan los platillos de seguridad, se quita el anillo de rosca y se saca el porta dedal con el cartucho, sustituyéndose por el tubo recuperador. Posteriormente se vuelve a colocar el vaso, para nuevamente calentar, pero en este caso el solvente quedará retenido en el tubo recuperador.

Para asegurar la completa remoción del disolvente los vasos se colocan en una estufa a 60-65°C hasta alcanzar peso constante, el cual se registra.

Cálculos

Para realizar los cálculos se debe contar con los pesos del recipiente colector tanto antes como después del procedimiento de extracción.

$$\% \text{ GRASA} = \frac{P_f - P_i}{m} \times 100$$

Donde:

P_f = peso del vaso con el extracto etéreo (después de la extracción)

P_i = peso del vaso a peso constante (antes de la extracción)

m = peso de la muestra en gramos (muestra seca)

IV.4.2.4 DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA CRUDA

Fundamento

El método de Kjeldahl, es la técnica más confiable para la determinación de nitrógeno orgánico, en una matriz alimenticia. Este método se basa en la combustión en húmedo de la muestra por calentamiento con ácido sulfúrico concentrado en presencia de catalizadores metálicos y de otro tipo para reducir el nitrógeno orgánico de la muestra hasta amoníaco, el cual queda en solución en forma de sulfato ácido de amonio. El digerido, una vez alcalinizado con NaOH, se destila directamente o por arrastre con vapor para desprender el amoníaco, el cual es atrapado en ácido bórico y luego se titula con ácido clorhídrico. La determinación se hace por triplicado.

Material:

- Digestor (Tecator mod.20/40)
- Equipo de microdestilación (Kjeltec Auto Analyzer Tecator mod.1030)
- Tubos para digestión de 75 mL (Tecator)
- Mezcla digestiva (3g de CuSO₄• 5H₂O, 50 mL de H₃PO₄ y 430 mL de H₂SO₄ concentrado)
- Peróxido de hidrógeno al 30%

- Sulfato de potasio (reactivo analítico)
- Solución de NaOH al 40%
- Solución de ácido bórico con indicadores (se pesaron 5g de ácido bórico, 35 mL de rojo de metilo y 10 mL de verde de bromocresol y se llevó a un volumen final de 1 L)
- Solución de HCl 0.01 N valorada

Procedimiento (Técnica descrita por la AOAC-2.055)⁴¹

Se colocan de 20-60 mg de muestra, (de acuerdo a la cantidad de proteína esperada), en un tubo de digestión. Se agregan 0.5 g de K₂SO₄ y 3 mL de mezcla digestiva en los tubos de digestión y se colocan en el digestor a una temperatura inferior a 370°C por 15 min. Después de este tiempo se sacan los tubos y se dejan enfriar a temperatura ambiente 5-10 minutos, se adicionan 1.5 mL de H₂O₂ al 30% y se colocan de nuevo en el digestor a 370°C hasta que el contenido del tubo sea translúcido, sin restos de material orgánico. Posteriormente se realiza la destilación recibiendo en ácido bórico con indicadores, valorando con HCl 0.01 N. Se realiza el mismo tratamiento con caseína (88.88 % de proteína) para corregir el valor obtenido. Se utiliza como blanco dextrosa.

Cálculos

$$\% \text{Nitrógeno} = [(A-B) * N * \text{meq} * 100] / m$$

$$\% \text{Proteína} = \% \text{ de nitrógeno} * F$$

Donde:

A = mL de HCl gastados en la titulación de la muestra

B = mL de HCl gastados en la titulación del blanco

N = Normalidad de HCl

meq = miliequivalentes de nitrógeno (0.014)

m = peso de la muestra en gramos

F = Factor de conversión (6.25 para el garbanzo y 5.95 para las demás muestras)

IV.4.2.5 DETERMINACIÓN DE FIBRA CRUDA

Fundamento

La fibra o fibra cruda, se refiere a las partes de la pared celular de los tejidos vegetales, las cuales no pueden ser digeridas por las enzimas del intestino. Durante el paso a través del tracto digestivo, la fibra se hincha y forma una masa gelatinosa, con una muy alta capacidad de retención de agua; con lo cual se facilita el transporte del bolo alimenticio en el tracto digestivo. Podemos dividir a los hidratos de carbono de origen vegetal en dos partes: por un lado los hidratos de carbono no-estructurales como lo son los almidones y azúcares; y por otro lado los hidratos de carbono estructurales, tales como la celulosa y hemicelulosa, los cuales corresponden a la fibra cruda.

La fibra cruda es el residuo orgánico insoluble y comestible que queda después de tratar la muestra desengrasada en las condiciones descritas a continuación: hidrólisis ácida con sulfúrico al 1.25 % seguido de una hidrólisis alcalina con hidróxido de sodio al 1.25 % y un lavado con alcohol e incineración del material insoluble, de tal modo que por diferencia es posible obtener el contenido de hidratos de carbono no degradables. La determinación se realizó por triplicado.

Material:

- Aparato de digestión para fibra Labconco
- Estufa de vacío Lab-Line mod 3620
- Mufla Thermolyne mod 1500
- Vasos de Berzelius de 600 mL Kimax
- Crisoles de porcelana
- H₂SO₄ al 1.25% (m/v)
- NaOH al 1.25% (m/v)
- Solución antiespumante
- Silicato de aluminio
- Alcohol etílico
- Matraces de vidrio Kitasato marca Kimax (150 mL)

Procedimiento (Técnica descrita por la AOAC-7.074)⁴¹

Se coloca la muestra desengrasada en el vaso Berzelius (3 -5 g) y aproximadamente 0.5 g de silicato de aluminio (limpio y calcinado), a continuación se agregan 200 mL de H₂SO₄ al 1.25 % (m/v), en ebullición, así como unas gotas de antiespumante y perlas de vidrio. Se coloca el vaso en el digestor y se sube la parrilla (previamente calentada) y se deja digerir por 30 minutos exactos. Al término de este tiempo se filtra en buchner con ayuda de vacío y se lava con agua destilada caliente hasta que se elimine el ácido (aproximadamente 500 mL).

La muestra lavada se transfiere cuantitativamente al vaso Berzelius, se adicionan unas gotas de antiespumante y 200 mL de NaOH al 1.25 % (m/v) en ebullición, y se mantiene en el digestor por un tiempo de 30 minutos exactos. Posteriormente se retira el vaso del digestor y se filtra, lavando nuevamente con agua destilada caliente hasta eliminar el álcali. Finalmente se adiciona 25 mL de alcohol etílico para eliminar la humedad.

La muestra lavada se traslada a un crisol de porcelana el cual fue puesto a peso constante previamente y se registra el valor. Se coloca en la estufa de vacío para su secado hasta que está a peso constante y se registra este valor. Finalmente se carboniza la muestra con un mechero y se introduce en la mufla, los crisoles se pesan hasta que alcancen peso constante.

Cálculos

$$\% \text{Fibra cruda} = [(P_s - P_c) / m] * 100$$

Donde:

P_s = peso del crisol con el residuo seco

P_c = peso del crisol con el residuo calcinado

m = peso de la muestra

IV.4.2.6 DETERMINACIÓN DE HIDRATOS DE CARBONO

Fundamento

Se calculan por diferencia, restando al 100 % la suma de los porcentajes de humedad, cenizas, proteína cruda, grasa cruda y fibra cruda.

Cálculo

$$\%CHO^* = 100 - (\%humedad + \%cenizas + \%proteína + \%grasa + \%fibra)$$

* Hidratos de carbono

IV.4.3 MEZCLA DE HARINAS DE ACUERDO A SU CONTENIDO PROTEÍNIC

Para realizar la combinación de harinas, se parte de la cantidad inicial de proteína que cada una de las materias primas presentó en el análisis proximal inicial; posteriormente se realizan las mezclas manteniendo siempre la complementación entre cereales y leguminosas, de forma tal que el producto contenga 15 % de proteína en base seca. Este 15 % de proteína en base seca es preciso e ineludible, en productos que deban prepararse con agua antes de ser consumidos.⁴²

Las mezclas obtenidas con un 15 % de proteína final, considerando las características reológicas, y sensoriales, fueron las siguientes:

Tabla 18. Porcentajes de proteína aportados por las materias primas.

	% de proteína aportado por cada	
crema limón	leche	69,2
	garbanzo	20,1
	avena	10,6
piña	leche	70,8
	alubia	18,3
	avena	10,9
CAJETA-NUEZ	leche	77,3
	garbanzo	15,4
	HMN	2,9
	arroz	4,4
champurrado	leche	70,5
	avena	7,4
	garbanzo	11,7
	alubia	10,4

IV.4.4 OPTIMIZACIÓN DE LAS FORMULACIONES

Con el objetivo de mejorar las características sensoriales, así como de alargar la vida de anaquel del producto, se incluyó en la formulación, saborizantes, colorantes, y estabilizantes.

Los saborizantes que se añadieron a este producto fueron desarrollados con el objetivo de complacer a los consumidores a los que va dirigido. De la misma manera los colorantes se seleccionaron para complementar la idea total del producto.

La goma carragenina fue específicamente usada por las cualidades que la aporta en una matriz alimenticia como la que presenta este producto. El almidón pregelatinizado por su parte ayuda al producto a adquirir las características propias de esta bebida tradicional mexicana.

IV.5 PRUEBAS FÍSICAS, REOLÓGICAS, DE RECONSTITUCIÓN Y ESTABILIDAD

IV.5.1 Pruebas Físicas

- Densidad aparente

Fundamento

La densidad se determina como la relación que existe entre su masa y el volumen ocupado. Debido a que las harinas están formadas por partículas de diferentes tamaños y afinidad, poseen diferentes grados de empaquetamiento.

El volumen aparente, incluye los espacios que existen entre las partículas y las burbujas de aire que hayan incrustadas en estas, por lo tanto la densidad aparente no es un número definido, pero si es una medida indirecta que depende de muchos factores como el tamaño, forma y distribución de partícula.⁴³

Material:

- Balanza analítica
- Soporte universal
- Anillo metálico
- Probeta de vidrio de 100 mL
- Papel para-film

Procedimiento

Se toma el peso de la probeta vacía (limpia y seca), se introduce la muestra en polvo y se tapa con el papel parafilm, para evitar las fugas del producto. Se deja caer la probeta veinte veces a una altura de 10 cm y se toman las medidas de peso y volumen.

Cálculos:

$$P = m / v$$

Donde P = densidad

m = masa

v = volumen

$$m = pf - pi$$

m = masa

pf = peso final

pi = peso inicial

$$v = vf - vi$$

v = volumen

vf = volumen final

vi = volumen inicial

IV.5.2 Pruebas de Reconstitución

- Volumen de sedimentación

Fundamento

El volumen de sedimentación se define como la relación entre el volumen de equilibrio y el volumen total de la suspensión. De modo que si el resultado de esta prueba es igual a uno, no hay sedimento visible, se trata de una suspensión ideal, por lo tanto la suspensión tendrá un aspecto estético, por que no habrá un sobrenadante visible.⁴⁴

Material:

- Probeta de 100 mL
- Balanza analítica
- Espátula
- Cinta parafilm

Procedimiento

Pesar 10 g de muestra, colocarlos dentro de la probeta de 100 mL, y llevar hasta 100mL con agua, por último tapar con cinta parafilm y agitar cada dos horas y tomando las lecturas correspondientes antes de volver a agitar. Tomar las mediciones durante 12 horas.

Cálculos:

$$\text{Volumen de sedimentación} = \frac{\text{Volumen de sedimentación final}}{\text{Volumen de sedimentación inicial}}$$

Volumen de sedimentación Ideal: 1

- Humectabilidad

Fundamento

Es una medida de la capacidad del polvo para ser humedecido con agua a una temperatura determinada, en un tiempo determinado. Es directamente dependiente del tamaño de superficie de los aglomerados o partículas sencillas. Un factor determinante para la humectación de las partículas es la tensión interfacial, formada entre las partículas y el líquido.

Al humectarse los componentes empiezan a disolverse y dispersarse formando así una solución concentrada; al mismo tiempo las partículas empiezan a hundirse cuando su densidad es mayor que la del agua.⁴⁴

Material:

- Vaso de precipitados 100 mL
- Cronómetro
- Balanza analítica
- Termómetro
- Parrilla de calentamiento

Procedimiento

Se pesan 10 g de muestra en polvo y se vierten en el vaso de precipitados que contiene 100 mL de agua a una temperatura de $20 \pm 2^\circ \text{C}$.

Se mide el tiempo que se requiere para que todo el polvo se humecte. Para poder llamar a un alimento instantáneo la humectabilidad se debe llevar a cabo en aproximadamente 60 s.

- Solubilidad

Fundamento:

La determinación del valor de la solubilidad es fundamentalmente empírica y depende de factores como el método de secado la temperatura de secado y la acidez. Por lo tanto los resultados tienden a ser comparativos.⁴⁴

Material:

- Espátula y pinzas de metal
- Balanza analítica
- 3 tubos de centrífuga de 50 mL
- 6 charolas de aluminio a peso constante
- Centrífuga (Eppendorf centrifuge 5702)
- Estufa de vacío (Lab-line duo-vac oven)
- Baño de agua a 50°C
- Termómetro
- Refrigerador

Procedimiento

Pesar 4 g de muestra, transferirlos a un tubo de centrífuga de 50 mL y agregar 32 mL de agua a 50°C . Agitar el tubo durante 10 segundos y se coloca en un baño de agua a 50°C durante 5 min. Centrifugar la suspensión a 2000 r.p.m durante 10 min, dejar enfriar dentro del refrigerador durante 2 h. Posteriormente se retira la capa de grasa formada en la superficie y una vez que esté a temperatura

ambiente, el tubo se agita vigorosamente hasta obtener una suspensión homogénea. Se transfiere 2 mL de la suspensión a una charola previamente puesta a peso constante y se pesa. El contenido de la charola se evapora a sequedad en la estufa y posteriormente, se transfiere a una estufa de vacío hasta peso constante.

La suspensión sobrante en el tubo se vuelve a centrifugar a 2000 r.p.m /10 min. Se transfieren 2 mL del líquido sobrenadante a una charola puesta previamente a peso constante y se pesa. Se evapora a sequedad y se seca a 100°C hasta peso constante.

Cálculo:

$$\% \text{ de solubilidad} = \frac{100 (T1) (S2)}{(T2) (S1)}$$

Donde:

T1 = peso de la suspensión tomada para la determinación de sólidos totales después de la primera centrifugación.

T2 = peso de la suspensión para la determinación de sólidos totales después de la segunda centrifugación.

S1 = peso de sólidos totales correspondientes a T1

S2 = peso de sólidos totales correspondientes a T2

IV.5.3 Pruebas Reológicas

- Ángulo de reposo

Fundamento

Es una medida relativa de la fricción de las partículas de polvo y la medida que forma la superficie lateral del cono con la horizontal. El ángulo de reposo es pequeño cuando se trata de partículas finas, angulares o pegajosas, los valores óptimos para obtener un polvo de buena calidad están entre 30 y 40 grados.⁴⁴

Material:

- Pinzas metálicas para soporte universal
- Soporte universal
- Embudo de vidrio
- Base sólida

Procedimiento

Se pesan 10 gramos de muestra, se transfieren a un embudo de vidrio, colocado con la ayuda de un soporte universal y unas pinzas, a una altura de 10 cm.

Se dejan caer los 10 g de muestra en el embudo y a su vez en una base sólida marcada con varios círculos concéntricos con radio delimitado. Al formar una pila o cono de polvo se toman dos medidas: el radio y la altura.

Cálculos:

$$\text{Ángulo de reposo} = \text{tang}^{-1}$$

$$\text{tang} = h/r$$

h = altura del cono de polvo

r = radio del cono de polvo

- Velocidad de flujo

Fundamento

La velocidad de flujo permite saber que tan fácil fluye un polvo, considerando el tiempo que tarda en pasar una cierta cantidad de polvo a través de un embudo.⁴⁴

Material:

- Soporte universal
- Anillo metálico
- Embudo de vidrio
- Cronómetro

VI.5.4 Prueba de Estabilidad

- Estabilidad al calor

Fundamento

Es una prueba que se aplica normalmente para el control de calidad de las leches en polvo. Como norma oficial, no deben presentar presencia de coagulación de proteínas después de un calentamiento con presión de 0.49 kg/cm^2 .⁴⁴

Material:

- Autoclave con manómetro
- Matraz Erlenmeyer de 250 mL
- Balanza analítica
- Probeta de 100 mL

Procedimiento

Pesar 7.5 g de muestra, transferir a un matraz Erlenmeyer de 150 mL. Adicionar 6 mL de agua destilada y fría, (proporcional a la muestra). Mezclar y tapar con una torunda de algodón. Calentar en la autoclave, mantener una presión de 0.49 kg/cm^2 durante 7 min.

Observar si existe precipitación en las proteínas. El hecho de que no exista precipitación es un indicativo de que el producto es estable al calor.

IV.6 ENVASADO Y PRUEBA DE VIDA DE ANAQUEL

La vida de anaquel de un producto (*shelf life*) es el límite de tiempo que se da a un alimento, bebida, u otro producto perecedero, antes de considerarlo no apto para su consumo.

El tiempo de vida de anaquel depende de varios factores: la exposición a la luz, cambios de temperatura, intercambio de gases (humedad).

Estos factores pueden interferir, acelerando las reacciones que ocurren en los alimentos, originando una disminución en la calidad sensorial y nutricional del alimento. Un buen empaque y almacenamiento del producto pueden disminuir la interferencia de estos factores y no acelerar o provocar reacciones entre los diferentes sustratos en el alimento.

Es necesario determinar la vida de anaquel cuando se requiere estudiar los efectos de uno o varios factores, como la temperatura de almacenamiento, parámetros del proceso, efecto de aditivos (conservadores) y materiales de empaque. Esta determinación es necesaria en este caso en particular, en donde se está desarrollando un nuevo producto.

Existen varias metodologías para evaluar la vida de anaquel, sin embargo la más exacta y adecuada para este tipo de producto es la prueba de envejecimiento acelerado (ASLT: *Accelerated Shelf Life Testing*).

Esta prueba consiste en producir un deterioro acelerado del producto, controlando las condiciones ambientales. Por lo tanto, al final de la prueba se podrá conocer el efecto de las condiciones ambientales en la vida de anaquel.

En esta prueba se asume que los principios de cinética química pueden ser aplicados para cuantificar los efectos que tienen factores como la temperatura, humedad, aire y luz en las reacciones de deterioro. Al someter un alimento a condiciones ambientales superiores a las normales, el deterioro se acelerará, y se podrán observar signos que indiquen cuando el alimento deje de ser apto para consumirse.

El ASLT es una manera de investigar de una forma relativamente rápida la vida de anaquel de un producto, usualmente aumentando la temperatura de almacenamiento.⁴⁵

Procedimiento

1. Elaboración de producto.

Preparar la materia prima necesaria para cubrir el análisis de vida de anaquel durante 4 semanas. Realizar las mezclas necesarias para cada una de las 4 formulaciones y los 4 sabores.

2. Empaque

Pesar la cantidad exacta de porción por cada envase. Realizar este proceso en condiciones de higiene. Utilizando material estéril, como espátulas o cucharas y portando guantes de látex, cofia y cubre bocas. Cerrar los envases herméticamente, utilizando el papel con doble cara y pegamento implementado. Por ser este proceso cien por ciento manual, se debe evitar dejar espacios abiertos, en donde pueda existir un intercambio de gases, modificando así la humedad inicial del producto. Por último el producto se cubre con una capa de plástico, la cual se sella con calor, evitando al máximo la presencia de aire dentro del empaque. La selladora se aplica sobre el plástico durante un periodo de 2 segundos. El plástico no protege al alimento de la luz, ya que es transparente, pero sí realiza una función impermeable.

(Las características del empaque se detallan en la parte de resultados y análisis V.7)

Material:

- Balanza analítica
- Espátulas y cucharas estériles
- Vasos de unicel Marca BOSCO. No.12
- Papel doble cara con pegamento integrado
- Bolsas de plástico impermeable, transparente
- Selladora eléctrica

3. Etiquetado de producto.

Se rotula cada producto con el nombre distintivo de cada sabor. Se anota la temperatura a la que será sometido durante el estudio de vida de anaquel.

Tabla 19. Condiciones de ASLT

Temperatura (°C)	Champurrado	Cajeta-nuez	Piña	Crema-limón
25	4 muestras 	4 muestras 	4 muestras 	4 muestras 
37	4 muestras 	4 muestras 	4 muestras 	4 muestras 
45	4 muestras 	4 muestras 	4 muestras 	4 muestras 

4. Parámetros de evaluación de deterioro

Para analizar los cambios que se presentaron en el producto durante la determinación de vida de anaquel, se evaluaron los siguientes parámetros:

- Sensoriales (color, aroma, sabor)
- Físicos (humedad) (Método AOAC-14.004)³⁸
- Reológicos (Volumen de sedimentación, ver apartado IV.5)
- Químicos (índice de peróxidos)
- Microbiológicos (mesófilos aerobios, coliformes totales, hongos y levaduras, *Salmonella*)

El análisis de estas pruebas se realizó al inicio del periodo de almacenamiento (t_0) y cada 7 días consecutivamente, con el objetivo de verificar la prevalencia de la calidad del producto, a pesar de las condiciones de temperatura.⁴⁵

IV.7 EVALUACIÓN SENSORIAL

Las evaluaciones sensoriales se llevaron a cabo después de obtener los resultados del t_0 del análisis microbiológico. Para la evaluación sensorial se hicieron dos tipos de pruebas que se describen a continuación.

IV.7.1 Prueba de aceptación

El objetivo es evaluar, de acuerdo con un criterio personal-subjetivo, si la muestra presentada es aceptable o rechazable para su consumo. Esta prueba de aceptación requiere de por lo menos una muestra para evaluar; en el caso de que sean varias, cada una debe considerarse por separado o independiente de la siguiente. Esta prueba no requiere de referencia o muestras para comparar, ya que el juez-afectivo utiliza su propio criterio y gusto personal para juzgar a la muestra como aceptable o rechazable para el consumo. La muestra se presentará en la forma y, si es posible dentro del contexto, en que la evaluaría un consumidor normal. Con el objetivo de cumplir este lineamiento la prueba se llevó a cabo durante la mañana a la hora del desayuno.

En este tipo de pruebas afectivas se les llama jueces-afectivos o simplemente consumidores a las personas participantes. No requieren de entrenamiento alguno, y se aconseja que por lo menos deseen participar en dicha evaluación. La población elegida debe corresponder a los consumidores potenciales o habituales del producto en estudio. Estas personas no deben conocer la problemática del análisis, sino entender el procedimiento de la prueba y responder a ella.

Se trata de una prueba sencilla y rápida que proporciona una idea general de la aceptación o rechazo del producto en cuestión. La única limitante es que se requiere de un gran número de evaluaciones para considerar a los resultados como representativos de las respuestas de la población o del mercado. Mediante esta prueba sólo determinamos la aceptación o rechazo hacia el producto más no la razón que hay tras dicha decisión.⁴⁶

Procedimiento

Preparación de la muestra, (ejemplo: atole sabor piña 52.2 g): Adicionar 250 mL de agua purificada, previamente hervida a cada uno de los vasos en donde se encuentra la muestra en polvo; agitar y disolver.

Depositar 20 mL de cada sabor en vasos pequeños de plástico, codificados con etiquetas de colores, específicamente para que los niños relacionen el color con el sabor del producto. Acomodar los vasos con el orden que se indica en la hoja de respuestas.

Esta evaluación fue realizada a 30 niños del orfanato, Hogar Dulce Hogar, los cuales se les considera consumidores potenciales de este producto.

Material:

- 2 muestras de atole de cada sabor
- Agitador
- Agua purificada caliente
- Cuestionarios a color
- Vasos pequeños de plástico
- Etiquetas de colores
- Crayolas de colores
- Servilletas
- Galletas

Cuestionario:

Nombre: _____ Fecha: _____ Serie: _____

INSTRUCCIONES: Prueba cada uno de los vasitos con atole.

Colorea la carita feliz 😊 si te gustó el atole, o la carita fea 😞 si no te gustó. Utiliza las crayolas de colores.

Vaso 1	Vaso 2	Vaso 3	Vaso 4
CHAMPURRADO	CREMA-LIMÓN	CAJETA-NUEZ	PIÑA
			
 	 	 	 

!!!MUCHAS GRACIAS!!!

IV.7.2 Prueba dúo-trío (duo-trio Test)

El objetivo de esta prueba es determinar si existe diferencia sensorialmente perceptible entre dos muestras, comparando dos muestras desconocidas contra una tercera llamada referencia, para indicar cuál de las desconocidas es igual a la referencia dada.

La probabilidad de escoger la muestra correcta por casualidad es del 50 % ($p=1/2$). Esta prueba es fácil y sencilla, tanto en su ejecución como en su comprensión. Aunque por otro lado puede llegar a causar confusión a los jueces, ya que algunas veces éstos escogen la muestra que no es igual a la referencia. Por esta razón es necesario que los jueces tengan cierta experiencia en las pruebas sensoriales y entiendan claramente la mecánica del método.⁴⁶

Procedimiento

Preparación de la muestra, (ejemplo: atole sabor piña 52.2 g): calentar 250 mL de agua purificada, agregar al vaso de unicel con el contenido de atole en polvo, disolver y agitar hasta una homogeneidad total.

Depositar de 15 a 20 mL de muestra en vasos pequeños de plástico codificados, acomodarlos en las charolas, junto con un vaso de agua, un vaso para residuos y una servilleta.

Los 20 jueces participantes contaban con experiencia en pruebas sensoriales y colaboraron con las evaluaciones consecutivamente.

Material:

- Muestras de atole de cada sabor
- Agitador
- Agua purificada caliente
- Cuestionarios en papel
- Vasos de plástico para muestras
- Vasos de plástico para agua
- Vasos de plástico opacos

- Etiquetas
- Plumas
- Servilletas
- Galletas

Cuestionario:

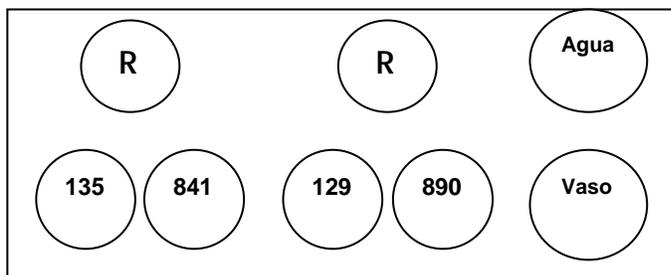
Nombre: _____ Edad: _____ Fecha: _____

Instrucciones:

Frente a usted tiene dos bloques de muestras. Primero pruebe la referencia R y después las muestras, de izquierda a derecha, del primer par; encierre en un círculo aquella muestra del par que sea **igual** a R. Enjuague su boca y continúe con el siguiente par, después de haber vuelto a probar R. No se trague la muestra. ¡Gracias!

Par	Muestras	
1	135	841
2	129	890

*Ejemplo del acomodo de las muestras en la charola.



R= referencia

IV.8 PRUEBAS QUÍMICAS

Para hacer la determinación de peróxidos es necesario extraer primero la grasa de la muestra. Para dicha extracción se realizó el método de Bligh-Dyer.

IV.8.1 Extracción de grasa con disolventes. Método Bligh-Dyer ⁴⁷

El objetivo es obtener la grasa de un alimento homogeneizado mediante extracción directa con disolventes en frío.

El método se basa en la homogeneización de alimentos húmedos con metanol y cloroformo en proporción tal que se forma una sola fase miscible con el agua del alimento. Al agregar mayores cantidades de cloroformo y agua, se separan dos fases con el material lipídico contenido en la capa de cloroformo.

Reactivos y material:

- Cloroformo
- Metanol: Agua (2 : 0.8)
- Solución acuosa de Cloruro de magnesio al 20 % p/v
- Solución acuosa de cloruro de sodio al 0.1 % p/v
- Sulfato de sodio anhidro
- Tubos de ensayo (12 x 75 mm)
- Papel filtro
- Buchner con alargadera
- Vortex
- Matraces de vidrio Kitasato de 50 mL

Procedimiento

1^{er} paso.- Pesar 5 g de muestra en un tubo de ensayo de 200 mm de longitud. Añadir 5 mL de cloroformo, 10 mL de metanol y 0.05 mL de cloroformo de magnesio al 20 % (para evitar la formación de una emulsión). Mezclar con vortex durante 2 min. Añadir 5 mL de cloroformo y mezclar de nuevo durante 2 min.

Agregar agua destilada hasta que el contenido total de agua sea de 9 mL. Mezclar medio minuto más.

2^{do} paso.- Remover la capa superior y transferirla a un tubo nuevo. Adicionar 1 mL de cloroformo y volver a extraer mezclando y dejando separar las dos fases. Remover la capa superior de esta segunda extracción y combinar con la otra fase de cloroformo que quedó en la primera extracción. Lavar esta fase adicionando 3 mL de metanol/agua. Mezclar en vortex por 30 s y permitir la separación de fases. Remover la capa superior.

A la capa inferior añadir de 1 a 2 g de sulfato de sodio anhidro en polvo, cerrar y sacudir vigorosamente para desecar el cloroformo. Filtrar hacia un tubo de ensayo seco aplicando ligera succión. Transferir el extracto de cloroformo desecado a un vial o matraz tarado. Evaporar a sequedad en estufa de vacío y mantener así hasta su análisis.⁴⁸

IV.8.2 Índice de peróxidos

El índice de peróxido es la cantidad en microgramos de oxígeno activo, en un gramo de sustancia, que nos indica el grado de envejecimiento en los aceites.

El fundamento de este método es la oxidación del yoduro de potasio por los peróxidos presentes en la muestra. El yodo así liberado es titulado con tiosulfato de sodio.⁴⁷

Material y reactivos:

- | | |
|--------------------------------------|------------------------------------|
| - Balanza analítica | - Solución saturada de yoduro de |
| - Bureta de 50 mL | potasio en agua destilada |
| - Soporte universal y | - Mezcla de cloroformo : ácido |
| pinzas metálicas. | acético (3:2) |
| - Matraz Erlenmeyer de 250 mL | - Tiosulfato de sodio 0.01 N |
| - Tapón de hule o torunda de algodón | - Indicador de almidón 1 % en agua |

- Pipeta graduada de 1 mL, 5 mL y 10 mL
- Probeta de 50 mL
- Papel filtro de porosidad media
- Agua destilada

Procedimiento

Pesar de 4 a 5 g de muestra en un matraz Erlenmeyer de 250 mL, adicionar 30 mL de la solución de cloroformo-ácido acético, agitar hasta la disolución total. Añadir 0.5 mL de solución saturada de yoduro de potasio. Tapar y agitar ocasionalmente, dejar reposar durante 15 min, protegiendo de la luz.

Se agregan 30 mL de agua destilada, se agita para disolver el yodo liberado en el agua. Se adicionan 4 mL de la solución de almidón; con la cual aparecerá un color azul, si la prueba es positiva.

Por último titular con solución de tiosulfato de sodio 0.01 N con agitación vigorosa y cerca del punto final continuar con la titulación gota a gota, hasta la desaparición del color azul.

Las determinaciones se efectúan por duplicado.⁴⁸

Cálculos:

$$\text{Índice de peróxidos} = \frac{\text{miliequivalentes}}{\text{kg de muestra}}$$

$$\text{IP} = \frac{(\text{mL de Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \text{ de muestra} - \text{mL de Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \text{ de blanco}) (N) (1000)}{\text{g de muestra}}$$

donde:

IP = Índice de peróxidos

N = es la normalidad del tiosulfato de sodio

IV.9 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

IV.9.1 Preparación y dilución de las muestras de alimentos para el análisis microbiológico

Fundamento

El realizar la dilución primaria tiene por objeto obtener una distribución lo más uniforme posible de los microorganismos contenidos en la muestra destinada para el análisis. El realizar la preparación de diluciones decimales, tiene como objetivo reducir el número de microorganismos por unidad de volumen, de modo que después de la incubación, la observación de la prueba sea clara en el caso de tubos o en la cuenta en placa.⁴⁹

Material y medios:

- Vaso de precipitados 250 mL
- Matraz Erlenmeyer de 150 mL
- Pipeta de 1 mL
- Puntas para micro-pipeta
- Autoclave con manómetro
- Solución diluyente: agua peptonada

**Fórmula:*

Peptona	10.0 g
Cloruro sódico	5.0 g
Fosfato sódico dibásico	3.5 g
Fosfato potásico monobásico	1.5 g
Agua destilada	1000 mL

Procedimiento

- Dilución primaria

Pesar 10 g de la muestra en un matraz Erlenmeyer de 150 mL estéril, adicionar 90 mL de diluyente a la misma temperatura de la muestra. Mezclar la muestra, hasta obtener una homogeneidad. Permitir la sedimentación si es que se presenta.

- Diluciones decimales adicionales

Transferir 1mL de la dilución primaria tomando de las capas superiores de la suspensión, a un tubo que contenga 9 mL de diluyente estéril a temperatura adecuada, evitando contacto entre pipeta y diluyente, (dilución 10^{-1}).

Tomar 1mL del tubo con la primera dilución y transferir a otro que contenga 9 mL de diluyente, realizar este procedimiento, hasta obtener una dilución de 10^{-6} . Mezclar por igual todos los tubos.

Las diluciones de la muestra deben ser preparadas inmediatamente antes del análisis y éstas deben ser usadas para inocular el medio de cultivo dentro de los 20 minutos posteriores a su preparación.

IV.9.2 Determinación de mesófilos aerobios

Fundamento

El fundamento de esta técnica consiste en contar las colonias que se desarrollan en el medio de elección después de cierto tiempo y temperatura de incubación, presuponiendo que cada colonia proviene de un microorganismo de la muestra bajo estudio. El método admite numerosas fuentes de variación, algunas de ellas controlables, pero sujetas a la influencia de varios factores.

En realidad esta técnica no pretende poner en evidencia todos los microorganismos presentes. El número de colonias contadas constituyen una

estimación de la cifra realmente presente y la misma refleja si el manejo sanitario del producto ha sido el adecuado.⁵⁰

Material y medios de cultivos:

- Cajas petri estériles
- Puntas para micropipeta
- Micropipeta Genex Beta 0,5 – 10 µL
- Matraces Erlenmeyer de 250 mL con medio de cultivo estéril
- Medio de cultivo agar triptona – extracto de levadura (agar para cuenta estándar).

*Fórmula:

Extracto de levadura	2.5 g	Agua	1.0 g
Triptona	5.0 g	Agar	15.0 g
Dextrosa	1.0 g		

Procedimiento

Distribuir las cajas estériles en la mesa de trabajo de manera que la inoculación, la adición de medio de cultivo y homogeneización, se puedan realizar cómoda y libremente. Rotular las cajas con los datos correspondientes a la fecha, muestra y concentración de inóculo, correr por duplicado.

Después de realizar la dilución primaria y las diluciones decimales. Colocar 1 mL de cada dilución en cajas de petri estériles. Agregar de 12 a 15 mL de medio preparado, mezclarlo mediante 6 movimientos de derecha a izquierda, 6 en el sentido de las manecillas del reloj, 6 en sentido contrario y 6 de atrás a adelante, sobre una superficie lisa y horizontal hasta lograr una completa incorporación del inóculo en el medio; cuidar que el medio no moje la cubierta de las cajas. Dejar solidificar.

Incluir una caja sin inóculo para cada lote de medio y diluyente preparado como testigo de esterilidad.

El tiempo transcurrido desde el momento en que la muestra se incorpora al diluyente hasta que finalmente se adiciona el medio de cultivo a las cajas, no debe exceder de 20 min.

Incubar las cajas en posición invertida (la tapa hacia abajo) por el tiempo y la temperatura requeridos.

Para la determinación de mesófilos aerobios, se utilizan temperaturas de $35 \pm 2^\circ\text{C}$, durante 48 ± 2 h. Después de este tiempo se seleccionan las placas donde aparezcan entre 25 a 250 UFC, para disminuir el error en la cuenta. Contar todas las colonias desarrolladas en las placas seleccionadas (excepto las de mohos y levaduras), incluyendo las colonias puntiformes.

Cálculos:

Reportar como: Unidades formadoras de colonias, UFC/g o mL, de bacterias aerobias en placa en agar triptona extracto de levadura o agar para cuenta estándar, incubadas a $35 \pm 2^\circ\text{C}$, durante 48 ± 2 h. Después de contabilizar las colonias en las placas seleccionadas, multiplicar por la inversa de la dilución para obtener el número de UFC por mililitro de la muestra. Redondear la cifra obtenida en la cuenta de manera que sólo aparezcan dos dígitos significativos al inicio de esta cifra.

$$\text{UFC/ mL} = \text{UFC} \times \frac{1}{\text{dilución}}$$

IV.9.3 Determinación de bacterias coliformes, técnica: número más probable

Las bacterias coliformes son un grupo heterogéneo, no pertenecen a un solo género taxonómico, por esta razón los métodos recomendados para la detección de coliformes han presentado algunas complicaciones: la primera irregularidad es que *Escherichia coli* es aceptada como bacteria coliforme, la especie contiene variantes que no producen gas de la lactosa o lo hacen después de 48 horas, por

lo que no se les identifica por medio de esta técnica. Segundo, la capacidad de fermentar la lactosa está frecuentemente asociada a genes localizados en plásmidos. Estos determinantes extracromosomales son fácilmente transferidos entre otras bacterias Gram negativas no relacionadas a las coliformes, que pueden, en consecuencia, ser recuperadas en la etapa inicial del análisis. No obstante en la práctica, la técnica ha demostrado su efectividad.

El número de organismos se establece mediante la cuenta de unidades formadoras de colonias o el uso de la técnica del número más probable, también llamada técnica de dilución en tubo. La cual proporciona una estimación estadística de la densidad microbiana presente; basándose en que la probabilidad de obtener tubos con crecimiento positivo disminuye conforme es menor el volumen de muestra inoculado.⁵¹

Fundamento: El método se basa en que las bacterias coliformes, fermentan la lactosa incubadas a $35 \pm 1^\circ\text{C}$ durante 24 a 48 horas, resultando una producción de ácidos y gas el cual se manifiesta en las campanas de fermentación.

Material, reactivos y medios de cultivos:

- Puntas estériles para micropipetas
- 4 matraces Erlenmeyer de 250 mL, estériles con torundas de algodón
- Espátulas estériles
- 72 tubos de ensayo
- 72 campanas de fermentación (tubos de Durham)
- Gradilla
- Asa metálica

Aparatos e instrumentos:

- Autoclave
- Incubadora con termómetro

Medios de cultivo:

- Caldo lactosado

*Fórmula:

Peptona	10.0 g
Lactosa	10.0 g
Extracto de carne	6.0 g

- Caldo lauril sulfato triptosa

*Fórmula:

Triptosa	20.0 g
Lactosa	5.0 g
Cloruro de sodio	5.0 g
Lauril sulfato de sodio	0.1 g
Fosfato dipotásico	2.7 g
Fosfato monopotásico	2.7 g

Procedimiento:

Diluciones.- se lleva a cabo la dilución primaria y las diluciones decimales adicionales, utilizando caldo lactosado.

Inoculación.- se toma 1 mL de cada una de las diluciones decimales de la muestra y se inocula en el medio de selectivo de enriquecimiento. Usar una punta diferente para cada dilución o iniciar de la dilución más pequeña a la más grande. Mezclar suavemente el inóculo con el medio. Incubar los tubos a $35\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ por 24 ± 2 horas y observar si hay formación de gas, en caso contrario prolongar la incubación hasta 48 ± 2 horas.

Cálculos:

Tomar la serie de tubos de la prueba confirmativa que dé formación de gas después del periodo de incubación requerido.

Informar “Número más probable (NMP) de coliformes por gramo o mililitro de muestra”.

Es necesario buscar en las tablas de NMP en los cuadros presentados en la NOM-112-SSA1-1994, bienes y servicios. Determinación de bacterias coliformes. Técnica del número más probable.⁵¹

IV.9.4 Determinación de hongos y levaduras

Fundamento

El método se basa en inocular una cantidad conocida de muestra de prueba en un medio selectivo específico, acidificado a un pH 3.5 e incubado a una temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$, dando como resultado el crecimiento de colonias características para este tipo de microorganismos.

Los mohos y levaduras están ampliamente distribuidos en la naturaleza y se pueden encontrar formando parte de la flora normal de un alimento o como agentes contaminantes, provocando el deterioro fisicoquímico de éstos, debido a la utilización en su metabolismo de los hidratos de carbono, ácidos orgánicos, proteínas y lípidos originando mal olor, alterando el sabor y el color en la superficie de los productos contaminados. Además los mohos y levaduras pueden sintetizar metabolitos tóxicos termoresistentes, capaces de soportar algunas sustancias químicas, así como la irradiación y presentan capacidad para alterar sustratos desfavorables, permitiendo el crecimiento de bacterias patógenas.

Es de gran importancia cuantificar los mohos y levaduras en los alimentos, puesto que al establecer la cuenta de estos microorganismos, permite su utilización como un indicador de prácticas sanitarias inadecuadas durante la producción y el almacenamiento de los productos, así como el uso de materia prima inadecuada.⁵²

Material, reactivos:

- Balanza analítica
- Matraz Erlenmeyer de 250 mL
- Tubos de ensaye 16 x 150

- Puntas para micro-pipeta
- Micro-pipeta Genex Beta 0,5-10 μ L
- Ácido tartárico estéril al 10%
- Potenciómetro Corning pH meter 430
- Autoclave con manómetro

Solución diluyente y medio de cultivo:

- Agua de fosfatos

*Fórmula:

Fosfato de potasio monobásico	34.0 g
Agua	1.0 L

- Agar papa-dextrosa

*Fórmula:

Agar	15.0 g
Dextrosa	1.0 L
Infusión de papa	4.0 g
Ajustar a: pH = 5.6 +/- 0.2	

Procedimiento

Colocar por duplicado en cajas Petri, 1 mL de la muestra de las diluciones 10^{-1} , 10^{-3} , 10^{-5} utilizando puntas estériles. Verter de 15 a 20 mL de agar papa dextrosa acidificado, fundido y mantenido a 45 ± 1 °C en un baño de agua. El tiempo transcurrido entre la preparación de la dilución primaria y el momento en que es vertido el medio de cultivo, no debe exceder 20 minutos.

Mezclar cuidadosamente el medio con seis movimientos de derecha a izquierda, seis en el sentido de las manecillas del reloj, seis en el sentido contrario y seis de atrás para adelante, sobre una superficie lisa. Permitir que la mezcla se solidifique dejando las cajas Petri reposar sobre una superficie horizontal fría.

Preparar una caja control con 15 mL de medio, para verificar la esterilidad.

Invertir las cajas y colocarlas en la incubadora a $25 \pm 1^\circ\text{C}$.

Contar las colonias de cada placa después de 3, 4 y 5 días de incubación. Después de 5 días, seleccionar aquellas placas que contengan entre 10 y 150 colonias. Si alguna parte de la caja muestra crecimiento extendido de mohos o si es difícil contar colonias bien aisladas, considerar los conteos de 4 días de incubación y aún de 3 días. En este caso, informar el periodo de incubación de 3 o 4 días en los resultados del análisis.

Si es necesario, cuando la morfología colonial no sea suficiente, examinar microscópicamente para distinguir las colonias de levaduras y mohos de las bacterias.

Cálculos:

Considerar las cuentas de placas con 10 a 150 colonias como las adecuadas para el informe.

$$\text{UFC/ mL} = \text{UFC} \times \frac{1}{\text{dilución}}$$

Informar:

- Unidades formadoras de colonias por gramo o mililitro (UFC/g o mL) de mohos en agar papa - dextrosa acidificado, incubadas a $25 \pm 1^\circ\text{C}$ durante 5 días.
- Unidades formadoras de colonias por gramo o mililitro (UFC/g o mL) de levaduras en agar papa-dextrosa acidificado, incubadas a $25 \pm 1^\circ\text{C}$ durante 5 días.

IV.9.5 Determinación de Salmonella sp.

Fundamento

La detección de *Salmonella* en alimentos, describe un esquema general que consiste de 5 pasos básicos:

- a. Preenriquecimiento, es el paso donde la muestra es enriquecida en un medio nutritivo no selectivo, que permite restaurar las células de *Salmonella* dañadas a una condición fisiológica estable.
- b. Enriquecimiento selectivo, empleado con el propósito de incrementar las poblaciones de *Salmonella* e inhibir otros organismos presentes en la muestra.
- c. Selección en medios sólidos, en este paso se utilizan medios selectivos que restringen el crecimiento de otros géneros diferentes a *Salmonella* y permite el reconocimiento visual de colonias sospechosas.

Salmonella es un género de bacterias que pertenece a la familia *Enterobacteriaceae*, formado por bacilos gram negativos, anaerobios facultativos, con flagelos peritricos y que no desarrollan cápsula ni esporas. Son bacterias móviles que producen sulfuro de hidrógeno (H₂S). Fermentan glucosa por poseer una enzima especializada, pero no lactosa, y no producen ureasa.⁵³

Material, equipo, reactivos y medios de cultivo:

Equipo:

- Incubadora con termómetro
- Autoclave con manómetro
- Balanza granataria con sensibilidad de 0.1 g
- Mechero Fisher
- Potenciómetro

Material:

- Matracas Erlenmeyer de 500 mL
- Puntas estériles para micropipeta
- Micropipetas con sensibilidad 0,5-10 µL
- Cajas de Petri estériles
- Asa microbiológica
- Tubos de ensaye de 20 x 100 mm

Medio de pre-enriquecimiento:

- Agua peptonada

*Fórmula:

Peptona	10.0 g
Cloruro sódico	5.0 g
Fosfato sódico dibásico	3.5 g
Fosfato potásico monobásico	1.5 g
Agua	1.0 g

- Caldo de tetrionato

*Fórmula:

Proteosa peptona o triptona	5.0 g
Sales biliares	1.0 g
Carbonato de calcio	10.0 g
Tiosulfato de sodio pentahidratado	30.0 g
Agua destilada	1.0 g
pH final: 7.0 ± 0.1	

- Caldo selenito-cistina

*Fórmula:

Triptona o polipeptona	5.0 g
Lactosa	4.0 g

Fosfato disódico	10.0 g
Selenito ácido de sodio	4.0 g
L-cistina	0.01 g
Agua destilada	1.0 g
pH final = 7.0 ± 0.2 a 25°C	

Medios de aislamiento:

- Agar verde brillante (VB)

*Fórmula:

Extracto de levadura	3.0 g
Polipeptona	10.0 g
Cloruro de sodio	5.0 g
Lactosa	10.0 g
Sacarosa	10.0 g
Rojo de fenol	0.08 g
Agar	20.0 g
Verde brillante	0.0125 g
pH final = 6.9 ± 0.2	

- Agar xilosa lisina desoxicolato (XLD)

*Fórmula:

Xilosa	3.75 g
L-lisina	5.0 g
Lactosa	7.5 g
Sacarosa	7.5 g
Cloruro de sodio	5.0 g
Extracto de levadura	3.0 g
Rojo de fenol	0.08 g
Agar	15 g
Desoxicolato de sodio	2.5 g

Citrato férrico-amónico	0.08 g
Tiosulfato de sodio	6.80 g
Agua destilada	1.0 g
pH final = 6.9 ± 0.2	

- Agar entérico Hektoen (HK)

*Fórmula:

Proteosa peptona	12.0 g
Extracto de levadura	3.0 g
Sales biliares	9.0 g
Lactosa	12.0 g
Sacarosa	12.0 g
Salicina	2.0 g
Cloruro de sodio	5.0 g
Tiosulfato de sodio	5.0 g
Citrato de hierro y amonio	1.5 g
Agar	14.0 g
Azul de bromotimol	0.065 g
Fuscina ácida	0.1 g
pH final 7.5 ± 0.2	

Procedimiento:

Pesar asépticamente 25 g de muestra en un vaso estéril. Adicionar 225 mL de medio de preenriquecimiento (caldo lactosado) estéril. Mezclar y transferir asépticamente la mezcla homogeneizada a un recipiente estéril de boca ancha con tapón de rosca o con una torunda de algodón. Dejar reposar 60 min a temperatura ambiente con la tapa o torunda bien enroscada o fija. Mezclar bien y determinar el pH aproximado con papel pH. Ajustar si es necesario, a un pH de 6.8 ± 0.2 , con hidróxido de sodio 1 N o ácido clorhídrico 1 N estériles. Incubar 24 ± 2 h a 35°C .

Aislamiento de Salmonella:

Cerrar firmemente el tapón de rosca de los matraces con los cultivos de preenriquecimiento y agitar suavemente. Transferir 1 mL de la mezcla a un tubo que contenga 10 mL de caldo tetrionato y a otro con 10 mL de caldo selenito cistina. Incubar de 18 a 24 h a 35°C.

Mezclar el tubo con caldo selenito cistina y estriar en agar xilosa lisina desoxicolato (XLD), agar brillante (VB) y una tercera caja con cualquiera de los otros medios selectivos, en este caso se realizó con agar entérico Hektoen.

Realizar el mismo procedimiento con el caldo tetrionato.

Incubar las placas 24±2h a 35 °C.

Análisis de resultados:

Examinar las placas para investigar la presencia de colonias típicas de *Salmonella* de acuerdo con las siguientes características:

Agar XLD: colonias rosas o rojas que pueden ser transparentes con o sin centro negro. En algunos casos las colonias pueden aparecer completamente negras.

Agar VB: colonias rojas o rosas que pueden ser transparentes rodeadas por medio enrojecido, las bacterias fermentadoras de la lactosa dan colonias amarillas.

Agar entérico Hektoen: colonias verdes que pueden ser verdes o azulverdes con o sin centro negro. En algunos casos las colonias pueden aparecer completamente negras.

Informar: presencia o ausencia de *Salmonella* en determinados gramos o mililitros de muestra.⁵³

V. RESULTADOS Y ANÁLISIS

V.1 ANÁLISIS PROXIMAL DE LA MATERIA PRIMA

En la tabla 20 se muestran los resultados obtenidos en base húmeda del análisis proximal realizado a las materias primas: leche en polvo, garbanzo, arroz, harina de maíz nixtamalizado, avena y alubia.

El garbanzo, la leche en polvo y la alubia presentaron una alta cantidad de nitrógeno orgánico. Esta cantidad de nitrógeno al relacionarla con el factor de conversión proteínica de cada alimento (leche en polvo 6.38, garbanzo 6.25, arroz 5.95, harina de maíz nixtamalizado 6.25, avena 5.83, y alubia 6.25) dan como resultado una considerable cantidad de proteína, (25.87 %, 21.45 % y 19.11 % para leche en polvo, garbanzo y alubia respectivamente). La harina de arroz y maíz nixtamalizado presentaron valores de 7.29 % y 8.30 % respectivamente. Comparados con los valores indicados en el sistema mexicano de alimentos equivalentes (7 % para arroz y 9.5 % para la harina de maíz nixtamalizada) ²³ el arroz utilizado posee una adecuada cantidad de proteína, mientras que la harina de maíz nixtamalizado se encuentra un poco debajo de lo normal (1.5 % por debajo). En cuanto al contenido de grasa, la materia prima con mayor cantidad fue la leche en polvo (26.01 %), siguiendo la avena y el garbanzo.

La cantidad de fibra es considerable únicamente en avena y garbanzo (3.75 % y 2.68 % respectivamente).

Con respecto a los hidratos de carbono, la harina de maíz nixtamalizado (HMN) con un 85.96 % y la harina de arroz con un 90.59 % se perfilan como una fuente importante de este componente.

El porcentaje de humedad en las materias primas es apto para un alimento en polvo, sin embargo el garbanzo y la avena, sí presentaron valores elevados de humedad.

Tabla. 20. Análisis proximal de materia prima (Base Húmeda)

Determinación	Leche en polvo	Garbanzo	Arroz	Maíz nixtamalizado	Avena	Alubia
Humedad (%)	2.38±0.09	13.82±0.03	9.12±0.08	8.78±0.10	10.57±0.07	6.75±0.06
Grasa Cruda (%)	26.01±0.04	5.23±0.01	0.60±0.03	2.15±0.05	6.16±0.30	1.62±0.07
Proteína cruda (%)	25.87±0.03	21.45±0.33	7.29±0.03	8.30±0.06	11.37±0.36	19.11±0.26
Cenizas (%)	5.77±0.03	2.56±0.01	0.43±0.02	1.31±0.01	1.57±0.08	4.05±0.05
Fibra cruda (%)	ND	2.68±0.15	0.24±0.01	1.05±0.00	3.75±0.34	1.30±0.03
Hidratos de carbono (%)	39,97	54,26	82,32	78,41	66,58	67,17

- * Hidratos de carbono obtenidos por diferencia.
- * Factor de conversión de proteína: Leche en polvo 6.38, arroz 5.95, garbanzo 6.25, avena 5.83, maíz nixtamalizado y alubia 6.25.
- * ND: no detectado
- * Los datos representan la media de tres valores (n) ± la desviación estándar (s)

Tabla 21. Análisis proximal de materia prima (Base Seca)

Determinación	Leche en polvo	Garbanzo	Arroz	Maíz nixtamalizado	Avena	Alubia
Grasa Cruda (%)	26.64±0.04	6.07±0.01	0.66±0.03	2.36±0.05	6.88±0.30	1.73±0.07
Proteína cruda (%)	26.51±0.03	24.89±0.33	8.02±0.03	9.09±0.06	12.71±0.36	20.49±0.26
Cenizas (%)	5.91±0.03	2.97±0.00	0.47±0.02	1.44±0.01	1.75±0.08	4.34±0.05
Fibra cruda (%)	ND	3.11±0.15	0.26±0.01	1.15±0.00	4.19±0.34	1.39±0.03
Hidratos de carbono (%)	40,94	62,96	90,59	85,96	74,47	73,92

- * Hidratos de carbono obtenidos por diferencia.
- * Factor de conversión de proteína: Leche en polvo 6.38, arroz 5.95, garbanzo 6.25, avena 5.83, maíz nixtamalizado y alubia 6.25.
- * ND: no detectado
- * Los datos representan la media de n (n=3) ± la desviación estándar (s)

V.2 FORMULACIONES BASE

Para el desarrollo de las cuatro formulaciones de atole presentadas en la tabla 24 se tomaron en cuenta varios factores. Uno de ellos fue la NOM-131-SSA1-1995. Bienes y servicios. Alimentos para lactantes y niños de corta edad.⁴² La cual señala que los alimentos a base de cereales, que deban prepararse con agua antes de ser consumidos, deben contener un mínimo del 15 % de proteínas en base seca. Del mismo modo señala que el cacao se podrá adicionar únicamente en aquellos productos que se destinen a niños mayores de nueve meses de edad; en una cantidad que no exceda de 5 % (m/m) en base seca. Esta norma se refiere a los niños de corta edad, como los mayores de doce meses y hasta cuarenta y ocho meses de edad: incluye al lactante mayor (un año a un año once meses) y al preescolar (de dos a cuatro años).

Del mismo modo se tomaron en cuenta los datos del análisis proximal de cada una de las materias primas, así como también los informes bibliográficos sobre el contenido de aminoácidos de las mismas. Este último punto influyó en gran medida al elaborar las mezclas, ya que siempre se tomó en cuenta la base de la complementación, por lo tanto en todas las combinaciones se introdujo un cereal y una leguminosa.

En la tabla 23 se demuestra la complementación entre aminoácidos. Las leguminosas como el garbanzo y la alubia limitadas en aminoácidos azufrados como la metionina, (aminoácido indispensable); se complementa con la presencia de cereales, ya que éstos contienen una alta cantidad de aminoácidos azufrados, sin embargo son carentes en lisina, otro aminoácido indispensable. Esta deficiencia de los cereales a su vez es contrarrestada por la considerable cantidad de lisina presente en las leguminosas.

Tabla 22. Composición de aminoácidos: avena, arroz y garbanzo.⁵⁴

Materia prima		Isoleucina	Leucina	Lisina	Metionina	Cisteína	Total S-cont.aa.ac	Fenilalanina	Treonina	Triptófano	Valina	Arginina	Histidina	Total aa. esenciales.	Total. aa.	Aminoácido limitante
AVENA (<i>Avena sativa</i>)	g aa / 100 g Proteína	4	7.3	3.7	1.7	2.7	4.3	5.0	3.3	-	5.1	6.3	2.1	37.1	93.3	Isoleucina
ARROZ (<i>Oryza ssp.</i>)	g aa / 100 g Proteína	4	8.2	3.6	2.1	1.5	3.6	4.8	3.3	-	5.8	7.6	2.3	38.2	96.1	Lisina
GARBANZO (<i>Cicer arietinum</i>)	g aa / 100 g Proteína	4	7.5	6.8	1.0	1.2	2.2	5.7	3.8	-	4.5	9.4	2.6	38.8	96.0	S-c

Tabla 23. Complementación en la formulación sabor crema – limón.

Crema - limón			Complementación	
	Cantidad (g)	Proteína (g)	aa. Azufrados (g)	Lisina (g)
Garbanzo	7	1,5	0,03	0,1
Avena	7	0,8	0,03	0,03
Total	14	2,3	0,06	0,13

Tabla 24. Porcentaje de proteína aportado por cada materia prima, logrando obtener un 15 % de proteína total en cada formulación.

Cuatro Formulaciones	Materias primas que aportan proteínas.						
	Leche entera en polvo (%)	Garbanzo (%)	Alubia (%)	HMN* (%)	Avena (%)	Arroz (%)	15 g = 100% de proteína
1.Crema-limón	69,2	20,1	-	-	10,6	-	<input checked="" type="checkbox"/>
2. Piña	70,8	-	18,3	-	10,9	-	<input checked="" type="checkbox"/>
3. Cajeta-nuez	77,3	15,4	-	2,9	-	4,4	<input checked="" type="checkbox"/>
4.Champurrado	70,5	11,7	10,4	-	7,4	-	<input checked="" type="checkbox"/>

*HMN: Harina de maíz nixtamalizado.

V.3 OPTIMIZACIÓN DE LAS FORMULACIONES

Para hacer del producto un alimento apetecible y de interés para los niños, se agregó azúcar, saborizante líquido y colorante en polvo.

Se realizaron varias pruebas, utilizando distintos saborizantes, para lograr algo diferente y apetecible. Después de una búsqueda de sabores, finalmente se desarrolló un concepto más amplio en cuanto a la variedad de sabores aplicados a este producto, originando un atole instantáneo con sabores inspirados en los

dulces y las tradiciones mexicanas, que los niños disfrutaban plenamente y con los cuales se sienten más identificados.

Tomando en cuenta la información en las fichas técnicas de los aditivos, se llegó a las cantidades indicadas para la formulación del atole instantáneo. A cada una de las cuatro formulaciones se les agregó 15 gramos de azúcar refinada pulverizada marca Catarino's ®; se agregaron 0.15 % de saborizante y 0.01 % de colorante. Únicamente en el caso del champurrado, se añadieron los ingredientes originales que le proporcionan el sabor característico a este tipo de bebida.

Casas comerciales de los saborizantes: Distribuidor Virgilio Guajardo ®, Sodexim sabores y perfumes ®, Quest internacional de México ®, David Michael México ®.

Los saborizantes utilizados fueron:

- crema de leche
- limón
- piña
- nuez
- cajeta

Al atole de champurrado se le añadió cocoa (Hershey's ®), y canela molida (McCormick ®).

Los colorantes en polvo marca Takasago ®, que se utilizaron en la elaboración de los atoles fueron los siguientes:

- Amarillo No.5. (actualmente no existen disposiciones del CODEX para tartrazina, anteriormente se señalaba como cantidad máxima recomendada, 300 mg/Kg).⁵⁵
- Azul No.1 (150 mg/kg máxima cantidad permitida en bebidas lácteas).⁵⁶

V.4 PRUEBAS FÍSICAS, REOLÓGICAS, DE ESTABILIDAD Y RECONSTITUCIÓN

Las pruebas físicas, reológicas y de reconstitución fueron realizadas por primera vez antes de integrar los aditivos a la formulación y por segunda ocasión después de haberlos integrado. Dichas pruebas fueron determinantes para la formulación final de los atoles, ya que materias primas como garbanzo y alubia son difíciles de integrar y estabilizar en una disolución homogénea, como el atole.

Para impedir situaciones como la sedimentación del atole en polvo, se añadió un estabilizante que lograra evitar la precipitación de las harinas, y otro espesante que colaborara con las cualidades de textura propias de este tipo de bebida tradicional mexicana.

Primero se realizaron pruebas de reconstitución añadiendo únicamente almidón modificado (Colswell 3681 de la Empresa Fabpsa®), los resultados no fueron los esperados, la sedimentación se seguía presentando y la textura mejoró en pequeña medida.

Con el fin de evitar la sedimentación se agregó a la formulación goma xantana. La textura mejoró y el problema de la sedimentación disminuyó; sin embargo, se buscaron otros aditivos que pudieran mejorar las cualidades de textura del producto. El estudio más profundo sobre las interacciones entre los ingredientes del atole y los aditivos en el mercado, permitieron llegar a dos aditivos que proveyeron, a las cuatro diferentes formulaciones, una buena textura y estabilidad.

Los aditivos utilizados fueron:

- Cargill Tex-Instant™ 12604: Almidón pregelatinizado, estabilizado y entrecruzado de maíz waxy E 1422 (Adipato acetilado de dialmidón).

Funcionalidad: Es un almidón resistente al calor, acidez y trabajo mecánico, se hidrata fácilmente, provee alta viscosidad sin cocimiento, provee buena estabilidad en el almacenamiento en frío y a los ciclos de congelado-descongelado, provee retención de humedad y extiende la vida de anaquel de los productos de panadería.

- Carralact DCM 5298: es una carragenina estandarizada con muy alta reactividad en leche.

Función: diseñada para ser usada como estabilizante en productos lácteos. Proporciona una alta suspensión de cacao en leche chocolatada a muy bajas concentraciones, presenta moderada viscosidad en leche.⁵⁷

Estos dos aditivos fueron patrocinados por la Empresa MAKYMAT S.A. de C.V.[®] la cual también proporcionó asesoría en la elección de los mismos.

Cuando los resultados de estas pruebas fueron positivos para clasificar al producto como instantáneo, la formulación se declaró idónea.

V.4.1 Prueba Física

- Densidad Aparente

La propiedad física como la densidad aparente, es de utilidad práctica al realizar el control de calidad de alimentos en polvo, del mismo modo permite proporcionar información útil para determinar el tipo de equipo que requiere para su elaboración, transportación y diseño de empaque.⁴⁴

Tabla 25. Resultados de densidad aparente con y sin aditivos.

Formulación	DENSIDAD APARENTE		
	Sin aditivos (g/mL)	Con aditivos (Cargill Tex-instant y Carralact DMC) (g/mL)	t de Student p = 0.05, g.l. = 2
1. Crema-limón	0.32±0.010	0.37±0.008	No hay s
2. Piña	0.25±0.009	0.26±0.003	No hay s
3. Cajeta-nuez	0.16±0.006	0.18±0.005	No hay s
4. Champurrado	0.51±0.010	0.58±0.010	Sí hay s

*Los datos representan la media de n (n=3) ± la desviación estándar (s)

*s = desviación estándar

Los resultados de densidad aparente con y sin aditivos, indican que el producto es un polvo con baja densidad. Lo que puede contribuir a una humectabilidad difícil o baja; sin embargo, con el efecto de los aditivos al ponerse en contacto con el agua

y realizando una adecuada agitación antes de ingerir el atole, se puede lograr una preparación eficaz.

La diferencia entre los resultados de la densidad aparente, antes y después de añadir los aditivos no es significativa en los sabores crema-limón, piña y cajeta-nuez. Sin embargo en el caso del champurrado sí existe una diferencia significativa, posiblemente ocasionada por la formación de algunos conglomerados únicamente en su forma de polvo, entre aditivos y materias primas como la avena; los cuales se disuelven al añadir agua caliente y agitar la mezcla.

Tabla 26. Porcentaje de aditivos en cada formulación (en polvo, % Base seca)

Formulación	Almidón (%)	Goma carragenina (%)
1. Crema-limón	5.41	0.14
2. Piña	5.38	0.14
3. Cajeta-nuez	3.35	0.15
4. Champurrado	4.82	0.14

El atole de cajeta-nuez presentó la densidad más baja, esto se debe a que en su formulación predominan las materias primas industrializadas (44 % de leche en polvo, 9 % de arroz, y 5 % de HMN) las cuales contienen un menor porcentaje de humedad, lo que representa una menor aglomeración entre partículas, una mayor expansión en el espacio y por lo tanto una mayor dispersión del peso.

Las formulaciones de los atoles crema-limón y piña son similares en sus formulaciones (tabla 24) y por lo tanto sus densidades son muy parecidas, no obstante sí existe una diferencia de 0.1 g/L; la cual se atribuye a la leguminosa, único componente desigual entre ambos sabores. La formulación sabor crema-limón contiene garbanzo, el cual por contener un mayor porcentaje de humedad comparado con otras materias primas (13.82 % humedad de garbanzo) propicia la aglomeración de las partículas de harina, concentrando el peso en una fracción pequeña de espacio, aumentando así la densidad del producto. En cambio la alubia presente en la formulación de piña contiene un menor porcentaje de humedad (6.75 % humedad de alubia), esta divergencia entre los valores de

humedad, podría significar la causa de la pequeña variación entre las densidades de estos dos sabores.

En cuanto al sabor champurrado, la causa de su elevada densidad aparente con respecto a las demás formulaciones se debe igualmente a la inclusión de materias primas con mayor humedad como el garbanzo y la avena, ambos con los mayores porcentajes de humedad entre las materias primas (13.82 % y 10.57 % respectivamente). Además dentro de la formulación del champurrado se encuentran el cacao y la canela, los cuales aportan más peso a la porción de atole, sin elevar el volumen.

La densidad aparente que presenta cada formulación (como se verá en el punto V.7 de envasado), no modificó la decisión de empaque, ya que tanto el peso como el espacio que ocupa el producto es óptimo para el tipo de materia prima en polvo que conforma el atole instantáneo y su reconstitución con agua. Por lo tanto, en términos económicos, la densidad aparente del producto no perjudica la producción del mismo.

V.4.2 Pruebas de Reconstitución

- Volumen de sedimentación

En la tabla 27 se observa mejoría en los valores de sedimentación conforme se agregaron los estabilizantes. En la formulación sabor piña y champurrado, los resultados finales fueron exactamente uno (V.S. = 1), y en los sabores crema-limón y cajeta-nuez fue muy semejante (V.S. = 0.9), esto nos indica que las soluciones obtenidas son estables y mantienen una homogeneidad que con el paso del tiempo, aparte de conservar una buena apariencia, no presentan la separación de fases.

La goma carragenina fue de significativa importancia para llegar al tipo de disolución ideal alcanzado en los sabores piña y champurrado y conseguido en su totalidad en los sabores crema-limón y cajeta-nuez. La goma carragenina, a diferencia de otros hidrocoloides como la goma xantana inicialmente utilizada, tiene la habilidad de interactuar con las proteínas de la leche. La alta reactividad

de la carragenina en la leche se debe a la fuerte interacción electrostática entre los grupos de éster sulfato negativamente cargados de la molécula de carragenina con la micela de caseína de la leche que posee regiones de fuerte carga positiva. Otra de las interacciones que pudieron beneficiar la estabilidad en los atoles es la relación que se puede dar a través de los puentes entre los grupos éster sulfato de la carragenina con residuos carboxílicos de los aminoácidos que componen la proteína.^{36,38}

Tabla 27. Resultados del volumen de sedimentación.

Formulación	VOLUMEN DE SEDIMENTACIÓN			
	Sin aditivos	Con almidón modificado Colswell	Con almidón modificado Colswell y goma xantana	Con almidón pregelatinizado Cargill y goma carragenina Carralact DCM
	SA	A-Colswell	A-Colswell + G.Xantana	A-Cargill + G.Carralact
1. Crema-limón	0.4 ± 0.014	0.6 ± 0.020	0.7 ± 0.026	0.9 ± 0.005
2. Piña	0.5 ± 0.017	0.6 ± 0.018	0.7 ± 0.021	1.0 ± 0.008
3. Cajeta-nuez	0.4 ± 0.003	0.7 ± 0.006	0.8 ± 0.011	0.9 ± 0.034
4. Champurrado	0.4 ± 0.007	0.6 ± 0.008	0.6 ± 0.009	1.0 ± 0.027

*Los datos representan la media de n (n=3) ± la desviación estándar (s)

*s = desviación estándar

De acuerdo a la tabla 27, sí existe una diferencia significativa al 5% en las cuatro formulaciones, entre los resultados obtenidos al ir aumentando y variando los aditivos.

SA vs. A-Colswell → sí hay diferencia significativa al 5 %.

SA vs. A-Colswell + G.Xantana → sí existe una diferencia significativa al 5 %.

SA vs. A-Cargill + G.Carralact → sí existe diferencia significativa al 5 %.

A.Colswell vs. A.Colswell + G.Xantana → no existe diferencia significativa al 5 %.
 A-Colswell vs. A.Cargill + G.Carralact → sí existe una diferencia significativa entre ambas muestras al 5 %.

Por último, entre las muestras A-Colswell + G.Xantana vs. A.Cargill + G.Carralact sí hubo diferencia significativa al 5 %.

La diferencia entre las formulaciones no fue significativa; es decir que la formulación crema-limón sin aditivos no tuvo una diferencia significativa con respecto a la formulación de champurrado sin aditivos.

- Humectabilidad

La humectabilidad en las cuatro formulaciones originales es lenta y muy poco adecuada para un producto de rápida preparación; sin embargo, con ayuda de los aditivos esta característica mejora notablemente, de modo que se considera idónea para un producto instantáneo, ya que no supera los 60 segundos para lograr una humectabilidad al cien por ciento. Se debe considerar que estas pruebas se realizaron con agitación constante durante los segundos marcados. El champurrado es el único que requiere de mayor tiempo; esto se atribuye a la baja humectabilidad y solubilidad de la cocoa y canela.

Tabla 28. Resultados de humectabilidad con y sin aditivos (20° C ± 2° C).

Formulación	HUMECTABILIDAD		
	Sin aditivos (s)	Con aditivos (Cargill Tex-instant y CarralactDMC) (s)	t de Student p = 0.05, g.l. = 2
1. Crema-limón	104 ± 1.00	27.00 ± 0.24	Sí hay DS
2. Piña	119 ± 0.57	21.95 ± 0.17	Sí hay DS
3. Cajeta-nuez	132 ± 0.61	19.87 ± 0.29	Sí hay DS
4. Champurrado	192 ± 0.82	41.00 ± 0.42	Sí hay DS

*Los datos representan la media de n (n=3) ± la desviación estándar (s)

*s = desviación estándar

- Solubilidad

Los valores de solubilidad confirman la baja capacidad de incorporación que tienen la cocoa y la canela, ya que el champurrado presenta el menor porcentaje de solubilidad en esta prueba. Sin embargo, las cuatro formulaciones mantienen un porcentaje de solubilidad mayor al 90 % lo que satisface las necesidades del producto, como alimento instantáneo.

Tabla 29. Resultados de solubilidad.

Formulación	Solubilidad sin aditivos (%)	Solubilidad con aditivos (%)	t de Student p = 0.05, g.l. = 2
1. Crema-limón	54.76 ± 0.23	93.29 ± 0.19	Sí hay DS
2. Piña	58.12 ± 0.14	99.78 ± 0.09	Sí hay DS
3. Cajeta-nuez	57.71 ± 0.52	94.93 ± 0.06	Sí hay DS
4. Champurrado	43.90 ± 0.08	92.90 ± 0.60	Sí hay DS

*Los datos representan la media de n (n=3) ± la desviación estándar (s)

*s = desviación estándar

V.4.3 Pruebas Reológicas

- Ángulo de reposo

El ángulo de reposo es una medida empírica de la fluidez relativa de sólidos particulados y es significativamente influenciada por factores como humedad, tamaño de partícula, tiempo de almacenamiento, entre otros. La fluidez del polvo también se ha explicado en términos de interadherencia o pegajosidad de partículas, por lo tanto es de suma importancia para la calidad de este tipo de productos en polvo.⁴³

Existen dos clasificaciones de acuerdo al ángulo formado:

- * Primera clasificación: cuando $\theta < 45^\circ$: se considera fluidez alta para $25^\circ < \theta < 30^\circ$ fluidez media para $30^\circ < \theta < 38^\circ$, y baja para $38^\circ < \theta < 45^\circ$.⁵⁸
- * Segunda clasificación: cuando $\theta < 35^\circ$ se considera como material que fluye libremente, entre 35 a 45° como bastante cohesivo, de 45 a 55° cohesivo y si $\theta > 55^\circ$ como muy cohesivo.⁵⁸

Tomando en cuenta la primera clasificación, las cuatro formulaciones tienen una fluidez baja. De acuerdo a la segunda clasificación, el champurrado es cohesivo y los otros tres sabores son bastante cohesivos. Estos resultados no fueron los esperados ya que una fluidez aceptable para una bebida en polvo, tendría un ángulo de reposo alrededor de los 30° .^{44,59}

Esta diferencia entre el ángulo de reposo de los atoles instantáneos y el ideal, se atribuye a factores como:

- La interacción de las harinas que conforman la formulación en cada atole, dicha interconectividad imparte una cohesividad sinérgica que eleva el ángulo de reposo.
- El tamaño de partícula de los atoles es mayor al de los productos industrializados con los que se compara.

Los productos industrializados comparativos, como el Atole marca Maizena®, emplean únicamente una fuente de cereal, como la fécula de maíz, y sus materias primas son pulverizadas, logrando un tamaño de partícula menor al de los atoles, el cual es ideal para la preparación de su producto, pero poco adecuado para la de los atoles instantáneos, sobre todo por sus características sensoriales.

Los resultados obtenidos son una referencia para realizar procesos industriales, en los cuales se deben estandarizar los tiempos de llenado y dosificación de envases.

Tabla 30. Resultado de la medición del ángulo de reposo.

Formulación	Ángulo de reposo con aditivos
1. Crema-limón	40.28° ± 0.07
2. Piña	40.76° ± 0.08
3. Cajeta-nuez	40.76° ± 0.01
4. Champurrado	47.49° ± 0.12

- Velocidad de flujo

El objetivo práctico de las investigaciones de la fluidez de los polvos es proporcionar el conocimiento cualitativo y cuantitativo para el diseño de equipos y la predicción de su funcionamiento.

Los resultados indican que las formulaciones sabor crema-limón, piña y cajeta-nuez, presentan una mayor velocidad de flujo, comparado con la cuarta formulación correspondiente al champurrado, en donde la velocidad de flujo es menor. Estos resultados se correlacionan muy bien con el ángulo de reposo, ya que entre mayor sea el valor del ángulo, la fluidez del producto será menor.

Tabla 31. Tabla comparativa entre los resultados de la velocidad de flujo y ángulo de reposo.

Formulación	Velocidad de flujo (g/s)	Ángulo de reposo con aditivos
1. Crema-limón	0.4625	40.28° ± 0.07
2. Piña	0.4576	40.76° ± 0.08
3. Cajeta-nuez	0.4322	40.76° ± 0.01
4. Champurrado	0.4073	47.49° ± 0.12

V.4.4 Prueba de estabilidad al calor

En esta prueba, ninguna de las cuatro formulaciones presentó precipitación de proteínas, lo que significa un buen control de calidad principalmente por parte de la leche en polvo.

La precipitación de proteínas se presenta como una coagulación o formación de nata en la superficie de los atoles después de someterlos al calentamiento de la autoclave y a una presión de 0.49 kg/cm² durante 7 min.

También se evaluó la existencia de olores desagradables y la precipitación de las proteínas en el fondo de los matraces. Debido a que los resultados fueron negativos para los tres factores mencionados, se concluye que las cuatro formulaciones son estables al calor.

Tabla 32. Resultados de la prueba de estabilidad al calor.

Formulación	Estabilidad al calor (Negativo / Positivo precipitación de proteínas)
1. Crema-limón	Negativo
2. Piña	Negativo
3. Cajeta-nuez	Negativo
4. Champurrado	Negativo

V.5 FORMULACIONES FINALES

Tablas 33, 34, 35 y 36. Formulaciones de los cuatro tipos de atole instantáneo.

crema - limón	Ingrediente	Cantidad % m/m
	Leche	38.30
	Garbanzo	13.40
	Avena	13.40
	Azúcar	28.72
	Sabor (líquido)	0.075 limón 0.075 crema
	Color (lacas)	0.01 azul # 1 0.01 amarillo # 5
	Almidón	5.74
	Goma carragenina	0.23
	Ácido L-ascórbico	0.04

CAJETA-NUEZ	Ingrediente	Cantidad % m/m
	Leche	44.46
	Garbanzo	10.67
	HMN	5.34
	Arroz	8.90
	Sabor (líquido)	0.07 cajeta 0.07 nuez
	Color (laca amarillo # 5)	0.01
	Almidón	3.56
	Azúcar	26.70
	Goma carragenina	0.18
	Ácido L-ascórbico	0.04

piña	Ingrediente	Cantidad % m/m
	Leche	38.30
	Alubia	13.40
	Avena	13.40
	Azúcar	28.72
	Sabor (líquido)	0.15 piña
	Color (laca amarillo # 5)	0.01
	Almidón	5.75
	Goma carragenina	0.23
	Ácido L-ascórbico	0.04

champurrado	Ingrediente	Cantidad % m/m
	Leche	34.11
	Avena	10.23
	Garbanzo	10.23
	Alubia	8.53
	Azúcar	25.58
	Almidón	5.12
	Cocoa	5.12
	Canela	0.85
	Goma carragenina	0.20
	Ácido L-ascórbico	0.03

V.6 APOORTE DE NUTRIMENTOS POR PORCIÓN DEL PRODUCTO TERMINADO

Tomando en cuenta los valores obtenidos del análisis proximal de las materias primas, la ficha técnica de los aditivos y la información del Sistema Mexicano de Alimentos Equivalentes ²³, se obtuvo la cantidad de nutrientes que cada una de los atoles instantáneos contiene. El nutriente más importante en la formulación, es la proteína, acompañada de un contenido energético que cubre entre el 14 y 16 % del IDR para un niño de entre 4 y 6 años de edad. Este equilibrio en la fórmula se hizo, con el conocimiento de que la principal causa de la desnutrición en México, es por carencias energético – proteica; ambos factores, deben estar presentes en la alimentación de un niño, ya que si no existe una cantidad de hidratos de carbono y lípidos, que aporte la cantidad suficiente de energía, de acuerdo a las actividades del niño, el organismo utiliza las proteínas para suministrar energía; como resultado hay menos proteína disponible para el crecimiento, reposición celular y otras necesidades metabólicas.

Tabla 37. Aporte de energía y nutrimentos de cada formulación.

	Materias primas en polvo	Cantidad adicionada (g)	Cantidad adicionada BS (g)	Proteína (g)	Energía (kcal)	CHO's (g)	Lípidos (g)	Agua (g)	Calcio(mg)	Hierro (mg)	Sodio (mg)	Ácido Fólico (mg)	Fósforo (mg)	Vitamina A (µg)	Fibra (g)	Ácido L-ascórbico (g)	
crema - limón	Leche entera	20.00	19.52	5.17	99.37	7.90	5.20	0.50	182.50		74.40			56.25			
	Garbanzo cocido	7.00	6.03	1.50	11.52	3.80	0.40	1.00		0.48	1.80				0.32		
	Avena	7.00	6.26	0.79	16.85	4.60	0.40	0.70	4.02	0.36	0.23				0.26		
	Azúcar glass	15.00	14.90		60.00	14.85		0.10									
	Almidón	3.00	2.85		12.00	2.80		0.10									
	Goma carragenina	0.12	0.11			0.09		0.02									
	Ácido L-ascórbico	0.02	0.20													0.02	
	Total (g / porción) =	52.14	49.87	7.46	199.74	34.04	6.00	2.42	186.52	0.84	76.43				56.25	0.58	0.02
	% Porción BS =			15		68	12	5								1	
piña	leche entera	20.00	19.52	5.17	99.37	7.99	5.20	0.47	182.50		74.40			56.25			
	alubia	7.00	6.53	1.34	8.91	4.70	0.11	0.47		0.21	0.15		10.03		0.09		
	avena	7.00	6.26	0.79	16.86	4.66	0.43	0.74	4.02	0.36	0.23				0.26		
	azúcar	15.00	14.85		60.00	14.85		0.15									
	almidón	3.00	2.85		12.00	2.85		0.15									
	goma carragenina	0.12	0.11			0.09		0.02									
	ácido L-ascórbico	0.02	0.02													0.03	
	Total (g / porción) =	52.14	50.15	7.30	197.14	35.14	5.74	2.00	186.52	0.57	74.78		10.03	56.25	0.35	0.03	
	% Porción BS =			15		70	11	4								1	
CAJETA-NUEZ	leche entera	25.00	24.41	6.47	124.22	9.99	6.50	0.60	228.75		92.50			70.38			
	garbanzo cocido	6.00	5.17	1.29	9.88	3.25	0.31	0.83		0.43	1.54				0.27		
	HMN	3.00	2.74	0.25	11.14	2.35	0.06	0.26	4.31	0.21	0.16	0.7			0.03		
	arroz	5.00	4.54	0.36	18.00	4.11	0.03	0.46	0.52	0.10	0.40	0.8			0.01		
	azúcar	15.00	14.85		60.00	14.85		0.15									
	almidón	2.00	1.90		8.00	1.90		0.10									
	goma carragenina	0.12	0.10			0.09		0.02									
	ácido L-ascórbico	0.02	0.02													0.03	
	Total (g / porción) =	56.14	53.73	8.37	231.24	36.54	6.90	2.42	234	0.74	94.60	1.50		70.38	0.32	0.03	
% Porción BS =			16		68	13	5								1		
champurrado	leche entera	20.00	19.52	5.17	99.37	7.99	5.20	0.47	182.50		74.40			56.25	0.00		
	avena	6.00	5.37	0.68	14.44	3.99	0.37	0.63	3.45	0.34	0.17				0.22		
	garbanzo cocido	6.00	5.17	1.29	9.88	3.25	0.31	0.82		0.43	1.54				0.27		
	alubia	5.00	4.66	0.96	6.36	3.36	0.08	0.34		0.15	0.11		7.16		0.06		
	azúcar	15.00	14.85		60.00	14.85		0.15									
	almidón	3.00	2.85		12.00	2.85		0.15									
	cocoa	3.00	3.00	0.90	15.00	1.80	0.30				0.60						
	canela	0.50	0.50	0.03	1.25	0.40	0.02				0.25						
	goma carragenina	0.12	0.11			0.09		0.02									
	ácido L-ascórbico	0.02	0.02													0.03	
	Total (g / porción) =	58.64	56.06	9.01	218.30	38.58	6.28	2.58	186	0.92	77.07		7.16	56.25	0.56	0.03	
% Porción BS =			16		69	11	5								1		

En el atole sabor cajeta-nuez y champurrado, la cantidad de proteína es mayor; sin embargo, todos cumplen y superan el 15 % de proteína en base seca requerido en este tipo de alimentos.

Los hidratos de carbono y lípidos, dos macro nutrientes presentes en las cuatro formulaciones, son fuente importante de energía; a los niños con edad de 4 a 6 años les aporta entre un 14 a un 16 % de la energía diaria que necesitan. Al consumir dos porciones de atole al día, uno por la mañana y otro por la noche, el aporte energético, cubriría hasta un 32 % del IDR para un niño de entre 4 y 6 años, mientras que el aporte proteínico, cubriría hasta un 64 %.

Tabla 38. % IDR que aporta cada formulación.

GUÍA NUTRIMENTAL ATOLES NUTRI-MEL										
NUTRIMENTOS Y APORTE CALÓRICO	IDR para adultos mayores 65 y +	IDR para niños de 4-6 años	Una porción de atole sabor crema - limón aporta el siguiente % de nutrientes y energía diaria recomendada.		Una porción de atole sabor Piña aporta el siguiente % de nutrientes y energía diaria recomendada.		Una porción de atole sabor Cajeta-Nuez aporta el siguiente % de nutrientes y energía diaria recomendada.		Una porción de atole sabor Champurrado aporta el siguiente % de nutrientes y energía diaria recomendada.	
			%IDR para adultos	% IDR para niños	%IDR para adultos	% IDR para niños	%IDR para adultos	% IDR para niños	%IDR para adultos	% IDR para niños
Proteína (g)	1	28	746	27	730	26	837	30	901	32
Calcio (mg)	800	800	23	23	23	23	29	29	23	23
Hierro (mg)	15	10	6	8	4	6	5	7	6	9
Vitamina. A (µg eq a retinol)	1000	450	6	13	6	13	7	16	6	13
Folacina (µg)	200	65	0	0	0	0	1	2	0	0
Energía (kcal/kg)	2230.4 kcal* (34 kcal / kg)	1540 kcal** (88 kcal / kg)	10	14	10	14	11	16	11	16

* Peso promedio de un adulto mayor 65.6 Kg ± 16.4 Kg, Edad 71 ± 7.7 años.⁷⁹

** La media del peso normal de un niño de 4 años 11 meses es de 17.5, el peso con desnutrición moderada 13.7 y con desnutrición leve 15.6.⁸⁰

En la tabla 38, el % IDR de energía se expresan en kJ (kilojoule) y en kcal (kilocaloría) por kilogramo de peso teórico para la edad. Las proporciones deseables de las fuentes de energía son:

- A) En el adulto: hidratos de carbono 60 a 63% (sacarosa no más de 10%), lípidos 25% y proteínas 12 a 15%.
- B) En infantes y niños: hidratos de carbono 55% (hasta 15% sacarosa), lípidos 30% y proteínas 15%.

En los lípidos, la composición deseable por cada 100 g de ácidos grasos es: 26% AG Saturados, 47% AG Mono insaturados, 20% AG Poliinsaturados n-6 y 7% AG Poliinsaturados n-3 (si es posible, la mitad de los AG Poliinsaturados n-3 debe provenir de alimentos marinos).

El principal aporte de energía en las cuatro formulaciones proviene de la leche, debido a las proporciones de lípidos, hidratos de carbono y proteínas que contiene. Los cereales y las leguminosas aportan hidratos de carbono, proteínas, lípidos, sodio y, en algunos casos, calcio al igual que la leche, sin embargo el hierro proviene exclusivamente de los cereales y leguminosas.

El hierro es el componente principal de la hemoglobina de las células rojas en la sangre que transportan oxígeno desde los pulmones a los músculos y órganos del cuerpo. La carencia de hierro perjudica principalmente, a niños y mujeres. El 50% de las mujeres en países en desarrollo, presenta escasez de este mineral, causando anemia y peligro de sepsis, así como hemorragia durante el alumbramiento; mientras que en los menores de cinco años, el 40 - 50% tienen carencia de hierro, desarrollan dificultades para prestar atención y aprender, así como tener deficiencias motoras.⁶⁰

Otro de los micronutrientes que aportan las formulaciones es la vitamina A. La carencia de esta vitamina afecta frecuentemente y de manera importante a los ojos y puede llevar a la ceguera.

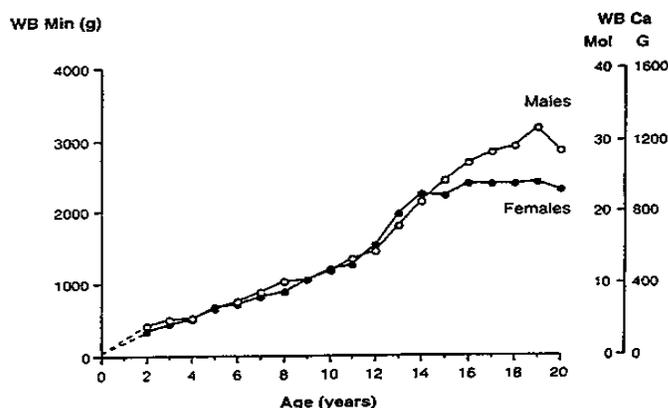
La falta de vitamina A tiene un papel en varios cuadros clínicos no relacionados con los ojos, y puede contribuir a aumentar la tasa de mortalidad infantil, sobre todo en niños con sarampión y pueden influir en la presencia de infecciones agudas.⁶¹

En el caso de que este producto fuera consumido por un adulto de edad avanzada, la recomendación sería que complementara su alimentación con una fuente de Vitamina A, ya que los requerimientos de este micro nutriente para esta población es mucho mayor, ver tabla 38.

El calcio es otro de los nutrimentos que aportan las cuatro formulaciones, el sabor cajeta - nuez aporta el 29 % de la ingesta diaria recomendada de calcio, mientras que las otras tres formulaciones restantes aportan hasta el 23 %. Esta cifra es adecuada si suponemos la ingesta de una porción de atole por la mañana y por la noche logrando un aporte de 46 % IDR calcio, dejando el porcentaje restante para la “comida” insumo más importante de la dieta.

El calcio es uno de los principales y más importantes minerales del hueso; el 99% del calcio corporal se encuentra en el esqueleto. El calcio constituye el 39% del contenido total mineral óseo, el decir, es el mineral dominante en el hueso. Durante los primeros dos años de vida el incremento diario de calcio en el esqueleto es de alrededor del 100 mg, sin embargo por medio de vías urinarias se pierden 10 mg/día y alrededor de otros 10 mg en funciones no cuantificables como desarrollo de uñas, cabello y piel. Por lo tanto para tener un crecimiento adecuado un niño necesita consumir alrededor de 120 mg/día. Estas cantidades de ingesta de calcio, van en constante crecimiento hasta los 10 años, como se observa en la gráfica 2.⁶² En la adolescencia las necesidades de calcio aumentan hasta los 1300 mg/día en lo que se conoce como el pico de crecimiento. Esta etapa de crecimiento es un período de rápido desarrollo, en donde la fase de formación ósea es mayor a la fase de resorción, se denomina modelamiento óseo, dando como resultado la acumulación de masa ósea. La masa ósea se acumula hasta llegar a un límite, llamado pico de masa ósea (PMO) y puede continuar hasta los 26 – 30 años aproximadamente. Una insuficiencia en este pico contribuye significativamente al riesgo de osteoporosis más tarde en la vida.⁶¹

Gráfica 2. Minerales del hueso en cuerpo completo (WB Min) y calcio en función de la edad, determinada por absorción de rayos-x.⁶¹



V.7 ENVASADO

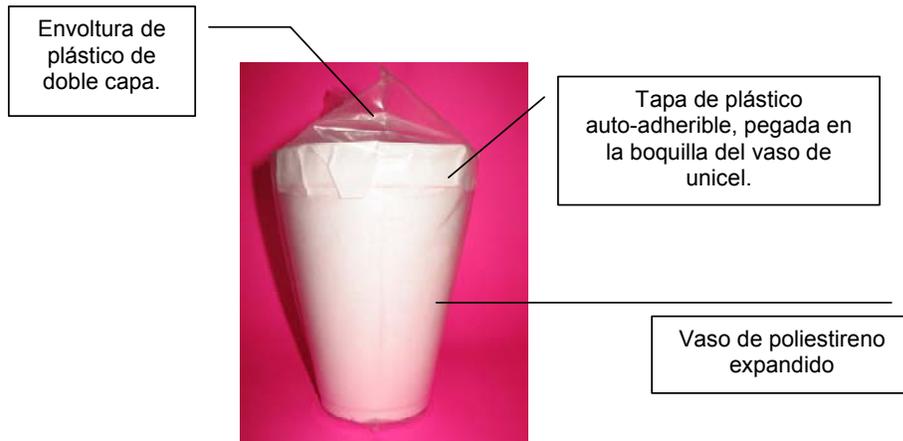
La dosificación del producto al empaque (vaso de poliestireno), así como el proceso de envoltura con plástico se realizó manualmente. Durante el proceso de empaquetamiento se utilizó material previamente esterilizado y se cumplieron las especificaciones señaladas para el empaquetamiento, personal y proceso marcadas por la NOM-120-SSA1-1994, bienes y servicios. Prácticas de higiene y sanidad para el proceso de alimentos, bebidas no alcohólicas y alcohólicas.⁶³ El objetivo fue evitar alguna posible contaminación cruzada o por manipulación.

El material de empaque consta de un vaso de unicel que evita el paso de luz y el intercambio de gases, entre el exterior y el interior del vaso. El empaque además permite que la preparación de la bebida sea eficiente, ya que su capacidad aislante evita un sobrecalentamiento, impidiendo alguna quemadura al sostener el vaso. El vaso de poliestireno expandido # 12 (grado alimenticio) con capacidad suficiente para 250 mL, es novedoso y de gran utilidad para el atole instantáneo. La desventaja de este tipo de envase es su capacidad contaminante; sin embargo, esto se podría solucionar mediante una conciencia de reciclaje, tanto de las empresas como de los consumidores.

El material con el cual se cubre la superficie del vaso se conformó por dos caras. Una de ellas fue un material plástico adherible (grado alimenticio), resistente al agua e impermeable a gases y la otra es un papel de grosor medio, que soporta la impresión de la etiqueta.

Por último para impedir el intercambio de gases y cualquier tipo de contaminación, se envuelve en una película plástica de 21 cm de largo por 15.5 cm de ancho, formada por una gruesa capa plástica de 50 micras, (Figura 6). Como se verá posteriormente, este empaque permitió que el atole se mantuviera en buenas condiciones, evitando la captación de humedad y la oxidación de los lípidos.

Figura 6. Fotografía del empaque.



V.8 PRUEBA SENSORIAL

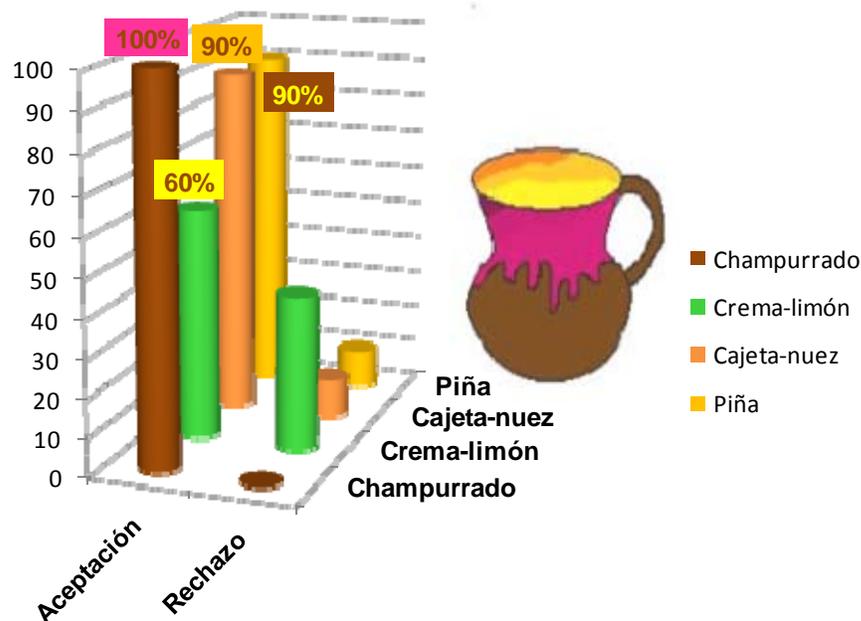
V.8.1 Prueba de aceptación

La prueba sensorial de aceptación fue realizada con la ayuda de los niños y niñas de entre 4 y 6 años de edad, de la Fundación Hogar Dulce Hogar IAP (Institución de Asistencia Pública). El objetivo de esta prueba de aceptación consiste en evaluar con el criterio personal, las muestras presentadas, así mismo se sugiere hacer la evaluación dentro del contexto en el que el juez consumiría este producto. Por último se indica que el juez no requiere de entrenamiento y se aconseja que por lo menos deseen participar en dicha evaluación.

Todas las indicaciones anteriores fueron cumplidas, ya que los niños evaluaron las muestras con su criterio, y por su naturaleza, también con sinceridad; de forma que se identificó el agrado de los niños por el atole sabor champurrado, cajeta-nuez y piña, y la desaprobación hacia el sabor crema-limón. La evaluación se realizó en la mañana, por lo que se llevó a cabo dentro del contexto en que los niños consumirían este producto, del mismo modo todos los participantes demostraron mucho entusiasmo por participar en la evaluación sensorial.

Los resultados de la Figura 7 muestran en porcentaje de aceptación y de rechazo, para cada sabor de atole.

Figura 7. Gráfica de resultados, de la prueba de aceptabilidad.



El champurrado fue el que más agradó a los consumidores, con un 100 % de aceptación superó a los sabores cajeta-nuez y piña, ambos con 90 % de preferencia, por último se encuentra el sabor crema-limón, el cual no encontró agrado sobre los jueces, obteniendo un 60 % de elección entre los consumidores. Debido a las limitaciones de esta prueba no se pudo conocer la causa del desagrado de este último sabor.

V.9 PRUEBA DE ESTABILIDAD

Se realizó la prueba de envejecimiento acelerado (ASLT), para conocer la vida útil del producto, evaluando consecutivamente el efecto de los aditivos, la calidad del empaque y la contaminación microbiana, en cada una de las cuatro formulaciones. Los resultados que se muestran en la tabla 39, pertenecen a los datos obtenidos en el tiempo cero (t_0).

Con el producto en tiempo cero, se llevaron a cabo las pruebas microbiológicas, químicas, reológicas, físicas y sensoriales. Esta última se dividió en dos estudios:

1° la prueba de aceptación a los consumidores (únicamente una sesión), y la prueba Dúo-trío a los jueces (en sesiones consecutivas).

Tabla 39. Resultados de la prueba de estabilidad al tiempo cero (t_0).

Análisis	Pruebas	Champurrado	Piña	Crema-limón	Cajeta-nuez	Límite máximo permitido
Microbiológico	Mesófilos aerobios	valor estimado 600 UFC/g	valor estimado 1600 UFC/g	valor estimado 700 UFC/g	valor estimado 1300 UFC/g	2500 UFC/g
	Coliformes	0 NMP/g	0 NMP/g	0 NMP/g	0 NMP/g	20 NMP/g
	Mohos y Levaduras	valor estimado 100 UFC/g de mohos	valor estimado 100 UFC/g de mohos	valor estimado 100 UFC/g de mohos	>100 UFC/g de mohos	300 UFC/g de mohos
		valor estimado 300 UFC/g de levaduras	valor estimado 700 UFC/g de levaduras	>100 UFC/g de levaduras	>100 UFC/g de levaduras	-
	Salmonella	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	25g Ausente
Físico	%Humedad	4.13± 0.06	3.97 ± 0.09	4.17 ± 0.08	4.53± 0.11	
Reológico	Humectabilidad (s)	40 ± 0.04	20 ± 0.14	26 ± 0.21	19 ± 0.01	
	Volumen de Sedimentación	1	1	0.9	0.9	
Química	Índice de peróxidos	ND	ND	ND	ND	
Sensorial	Prueba Dúo-Trío	No hay diferencia significativa con un nivel de confianza de 5% y g.l. = 1	No hay diferencia significativa con un nivel de confianza de 5% y g.l. = 1	No hay diferencia significativa con un nivel de confianza de 5% y g.l. = 1	No hay diferencia significativa con un nivel de confianza de 5% y g.l. = 1	

*ND: no detectado

Continuando con la prueba de estabilidad, se realizaron las pruebas anteriormente señaladas con el fin de verificar la prevalencia de la calidad en los atoles. En las tablas 40-43 se reportan los resultados.

Tabla 40. Condiciones después de 7 días, formulación sabor champurrado.

CHAMPURRADO				
Análisis	Pruebas	25°C	37°C	45°C
Microbiológico	Mesófilos aerobios	1000 UFC/g	1800 UFC/g	1700 UFC/g
	Coliformes	0 NMP/g	0 NMP/g	0 NMP/g
	Mohos y Levaduras	100 UFC/g de mohos 5° día	200 UFC/g de mohos 5° día	200 UFC/g de mohos 5° día
500 UFC/g de levaduras		800 UFC/g de levaduras	1000 UFC/g de levaduras	
Físico	%Humedad	4.10± 0.66	3.82± 0.05	3.17± 0.2
Reológico	Humectabilidad (seg)	42 ± 0.05	42 ± 0.3	40 ± 0.33
	Volumen de Sedimentación	1 (mL/mL)	1	0.87
Química	Índice de peróxidos	ND	ND	ND
Sensorial	Prueba Dúo-Trío	$\chi^2 = 2.71$ para una cola, g.l.=1, p=0.05 (5%) χ^2 prueba=0.0416 "no hay diferencia significativa"	$\chi^2 = 2.71$ para una cola, g.l.=1, p=0.05 (5%) χ^2 prueba = 2.04 "no hay diferencia significativa"	$\chi^2 = 2.71$ para una cola, g.l.=1, p=0.05 (5%) χ^2 prueba = 1.042 "no hay diferencia significativa"

Tabla 41. Condiciones después de 7 días, sabor piña.

PIÑA				
Análisis	Pruebas	25°C	37°C	45°C
Microbiológico	Mesófilos aerobios	1900 UFC/g	2000 UFC/g	1900 UFC/g
	Coliformes	0 NMP/g	0 NMP/g	0 NMP/g
	Mohos y Levaduras	200 UFC/g de mohos 5° día	200 UFC/g de mohos 5° día	300 UFC/g de mohos 5° día
700 UFC/g de levaduras		1900 UFC/g de levaduras	1700 UFC/g de levaduras	
Físico	%Humedad	3.83± 0.08	2.65± 0.04	2.127± 0.01
Reológico	Humectabilidad (seg)	25 ± 0.26	19 ± 0.03	15 ± 0.07
	Volumen de Sedimentación	1 (mL/mL)	1	0.87
Química	Índice de peróxidos	ND	ND	ND
Sensorial	Prueba Dúo-Trío	$\chi^2 = 2.71$ para una cola, g.l.=1, p=0.05 (5%) χ^2 prueba = 0.1 "no hay diferencia significativa"	$\chi^2 = 2.71$ para una cola, g.l.=1, p=0.05 (5%) χ^2 prueba = 0.1 "no hay diferencia significativa"	$\chi^2 = 2.71$ para una cola, g.l.=1, p=0.05 (5%) χ^2 prueba = 2.5 "no hay diferencia significativa"

Tabla 42. Condiciones después de 7 días sabor crema-limón.

Crema-limón				
Análisis	Pruebas	25°C	37°C	45°C
Microbiológico	Mesófilos aerobios	900 UFC/g	1000 UFC/g	1000 UFC/g
	Coliformes	0 NMP/g	0 NMP/g	0 NMP/g
	Mohos y Levaduras	100 UFC/g de mohos 5° día	200 UFC/g de mohos 5° día	200 UFC/g de mohos 5° día
200 UFC/g de levaduras		500 UFC/g de levaduras	500 UFC/g de levaduras	
Físico	%Humedad	4.00 ± 0.07	3.75 ± 0.08	2.57 ± 0.02
Reológico	Humectabilidad (seg)	24 ± 0.09	22 ± 0.13	20 ± 0.55
	Volumen de Sedimentación	1.14 (mL/mL)	1.14	1
Química	Índice de peróxidos	ND	ND	ND
Sensorial	Prueba Dúo-Trío	$\chi^2 = 2.71$ para una cola, g.l.=1, p=0.05 (5%) χ^2 prueba = 0.03 "no hay diferencia significativa"	$\chi^2 = 2.71$ para una cola, g.l.=1, p=0.05 (5%) χ^2 prueba = 0.03 "no hay diferencia significativa"	$\chi^2 = 2.71$ para una cola, g.l.=1, p=0.05 (5%) χ^2 prueba = 1.63 "no hay diferencia significativa"

Tabla 43. Condiciones después de 7 días sabor cajeta-nuez

Cajeta-nuez				
Análisis	Pruebas	25°C	37°C	45°C
Microbiológico	Mesófilos aerobios	1500 UFC/g	2000 UFC/g	1700 UFC/g
	Coliformes	0 NMP/g	0 NMP/g	0 NMP/g
	Mohos y Levaduras	200 UFC/g de mohos 5° día	200 UFC/g de mohos 5° día	200 UFC/g de mohos 5° día
200 UFC/g de levaduras		500 UFC/g de levaduras	600 UFC/g de levaduras	
Físico	%Humedad	4.27 ± 0.13	2.96 ± 0.002	2.64 ± 0.018
Reológico	Humectabilidad (seg)	19 ± 0.23	17 ± 0.04	18 ± 0.8
	Volumen de Sedimentación	1 (mL/mL)	1	0.87
Química	Índice de peróxidos	ND	ND	ND
Sensorial	Prueba Dúo-Trío	$\chi^2 = 2.71$ para una cola, g.l.=1, p=0.05 (5%) χ^2 prueba = 0.3 "no hay diferencia significativa"	$\chi^2 = 2.71$ para una cola, g.l.=1, p=0.05 (5%) χ^2 prueba = 0.033 "no hay diferencia significativa"	$\chi^2 = 2.71$ para una cola, g.l.=1, p=0.05 (5%) χ^2 prueba = 0.833 "no hay diferencia significativa"

*ND: no detectado

Después de siete días, los cuatro atoles aumentaron su cuenta bacteriana aproximadamente a la mitad del límite permitido por la Norma-131-SSA1-1995 (2500 UFC/g) ⁴²; en algunos casos, como el sabor piña y cajeta-nuez, el crecimiento bacteriano fue muy alto en la temperatura óptima de crecimiento microbiano (37° C).

La densidad de mohos no es sobresaliente aunque en algunos casos como en el sabor piña almacenado a una temperatura de 45° C, la abundancia se encuentra en el límite indicado por la norma (NOM-131-SSA1-1995)⁴² valor correspondiente a 300 UFC/g.

No se detectó la presencia de *Salmonella*, por lo que la prueba pudo continuar, así como los análisis sensoriales. Si la presencia de este microorganismo hubiera sido positiva, la muestra completa se hubiera desechado.

Un factor muy importante en el análisis del producto es el contenido de humedad, ya que una humedad alta propicia el crecimiento microbiano y modifica las características reológicas del atole. En los resultados de las tablas 38-41 se observa que la tendencia en la humedad es a disminuir, esta situación es inesperada, ya que este problema se esperaba evitar con la naturaleza del material de empaque. Sin embargo, la diferencia en la disminución de humedad en las muestras sometidas a una temperatura de 25°C no es significativa, en cambio la diferencia sí es significativa entre el t₀ y t_{7d} en las temperaturas de 37 y 45°C. Esta disminución se podría deber a la salida de agua libre o no-ligada desde la matriz del alimento hacia el espacio con el que tiene contacto la harina dentro del empaque. Como se observa en el análisis proximal, (Tabla 20) algunas materias primas como el garbanzo, alubia y avena, tienen una humedad alta.

Los resultados de las pruebas reológicas se vieron mejorados en el caso de la humectabilidad, en los productos que se mantuvieron a 37 y 45°C. Esto se podría deber a que una disminución en la humedad, evita la aglomeración de partículas, exponiendo en mayor medida el contacto entre las partículas y el líquido correspondiente. Esto beneficia los valores de humectabilidad, es decir que la

humectabilidad se realiza en forma más rápida. En el caso del volumen de sedimentación no se presentó una variación significativa.

La prueba de índice de peróxidos dio un resultado negativo en todos los casos. Este resultado se puede deber a que el antioxidante añadido al producto, el ácido L-ascórbico, realizó la función de evitar la oxidación lipídica. También podría ser consecuencia del efecto del antioxidante que incluye la leche en polvo (lecitina de soya) y a la baja actividad acuosa del polvo.

Debido a que no se encontraron los principales productos iniciales de la autooxidación, (los hidroperóxidos) no se continuó con la prueba de Kreiss, la cual identifica a los aldehídos, productos secundarios en la oxidación de lípidos.^{35,64}

Los resultados de la prueba Dúo-trío fueron los esperados, en ninguno de los sabores los jueces detectaron diferencia, por lo que se confirmó que efectivamente después de siete días el atole, mantiene sus principales características sensoriales y puede ser consumida.

Después de catorce días del estudio de vida de anaquel, se volvieron a tomar muestras a temperatura controlada y se realizaron igualmente las pruebas de monitoreo para conocer la permanencia de la calidad en el producto.

Tabla 44. Condiciones después de 14 días sabor champurrado.

CHAMPURRADO				
Análisis	Pruebas	25°C	37°C	45°C
Microbiológico	Mesófilos aerobios	1200 UFC/g	3000 UFC/g	3800 UFC/g
	Coliformes	0 NMP/g	0 NMP/g	0 NMP/g
	Mohos y Levaduras	200 UFC/g de mohos 5° día	400 UFC/g de mohos 5° día	500 UFC/g de mohos 5° día
		800 UFC/g de levaduras	1100 UFC/g de levaduras	2000 UFC/g de levaduras
Físico	%Humedad	4.08± 0.021	3.78± 0.05	2.91± 0.8
Reológico	Humectabilidad (seg)	41 ± 0.09	40 ± 0.67	40 ± 0.1
	Volumen de Sedimentación	1 (mL/mL)	1	1

Tabla 45. Condiciones después de 14 días sabor piña.

PIÑA				
Análisis	Pruebas	25°C	37°C	45°C
Microbiológico	Mesófilos aerobios	2400 UFC/g	4000 UFC/g	5000 UFC/g
	Coliformes	0 NMP/g	0 NMP/g	0 NMP/g
	Mohos y Levaduras	300 UFC/g de mohos 5° día	600 UFC/g de mohos 5° día	900 UFC/g de mohos 5° día
		800 UFC/g de levaduras	2200 UFC/g de levaduras	3000 UFC/g de levaduras
Físico	%Humedad	3.87± 0.065	2.31± 0.08	2.0± 0.014
Reológico	Humectabilidad (seg)	25 ± 0.07	24 ± 0.52	16 ± 0.03
	Volumen de Sedimentación	1 (mL/mL)	0.9	0.75

Tabla 46. Condiciones después de 14 días sabor crema-limón.

Crema-limón				
Análisis	Pruebas	25°C	37°C	45°C
Microbiológico	Mesófilos aerobios	2000 UFC/g	3900 UFC/g	4400 UFC/g
	Coliformes	0 NMP/g	0 NMP/g	0 NMP/g
	Mohos y Levaduras	300 UFC/g de mohos 5° día	500 UFC/g de mohos 5° día	500 UFC/g de mohos 5° día
		500 UFC/g de levaduras	1100 UFC/g de levaduras	2000 UFC/g de levaduras
Físico	%Humedad	4.21 ± 0.16	3.52 ± 0.02	2.11 ± 0.08
Reológico	Humectabilidad (seg)	24 ± 0.02	23 ± 0.09	18 ± 0.01
	Volumen de Sedimentación	1 (mL/mL)	1	0.71

Tabla 47. Condiciones después de 14 días sabor cajeta-nuez.

Cajeta-nuez				
Análisis	Pruebas	25°C	37°C	45°C
Microbiológico	Mesófilos aerobios	2200 UFC/g	3100 UFC/g	3500 UFC/g
	Coliformes	0 NMP/g	0 NMP/g	0 NMP/g
	Mohos y Levaduras	300 UFC/g de mohos 5° día	500 UFC/g de mohos 5° día	500 UFC/g de mohos 5° día
		400 UFC/g de levaduras	900 UFC/g de levaduras	1200 UFC/g de levaduras
Físico	%Humedad	4.08 ± 0.01	2.32 ± 0.006	2.30 ± 0.06
Reológico	Humectabilidad (seg)	18 ± 0.12	17 ± 0.22	17 ± 0.01
	Volumen de Sedimentación	0.9 (mL/mL)	0.75	0.75

Los resultados después de catorce días no fueron los esperados, debido a la alta densidad de microorganismos presentes en todas las muestras.

El objetivo era continuar cumpliendo con las especificaciones de la NOM-131-SSA1-1995; la cual señala como límite máximo, para alimentos deshidratados envasados; ⁴²

Mesófilo aerobio – 2500 UFC/g

Salmonella spp. – 25 g ausente

Coliformes totales – 20 NMP/g

Mohos – 300 UFC/g

En el caso del sabor piña, el número de UFC/g en el conteo de mesófilos aerobios y mohos, excedió de manera significativa los límites manifestados por dicha norma.

La calidad microbiológica de las materias primas entrantes, es decir antes de ser procesadas, afecta directamente la calidad de los productos finales. Las harinas con cuentas microbianas altas, son generalmente derivadas de materias primas con una baja calidad microbiológica.

En la molienda del trigo la parte superficial del grano, que conforma el salvado y el germen, es la porción con más densidad microbiológica, debido a los contaminantes adheridos en la superficie de los granos. Por esta razón la

fracción interna del trigo con la que se forma la semolina tiene una baja cuenta microbiana, y la harina que es el producto final del proceso de molienda es la porción más limpia de esta operación.⁶⁵

En el proceso de molienda de las materias primas utilizadas para la formulación de los atoles, (avena, garbanzo y alubia), no se lleva a cabo un sistema de triturado inicial y un secundario de reducción, de modo que no se logra una separación de fases según su contenido de salvado o germen. Por lo tanto la parte interior y la superficial del grano, se reducen progresivamente a un tamaño de partícula (ϕ) < a 250 μm , es decir, que puede pasar por la malla No.60. Esto beneficia la riqueza del producto, ya que de realizar una separación entre los elementos de los granos, se perderían ciertos componentes importantes como la fibra y algunos minerales. Sin embargo perjudica la densidad microbiológica ya que se piensa que al igual que el trigo presenta una mayor contaminación en su superficie y por lo tanto en los productos finales provenientes de esta sección; así mismo los granos como la avena, el garbanzo y la alubia que se molieron en su totalidad también presentan una densidad alta por la inclusión de esta porción en el producto final.

Cabe mencionar que a pesar de que la alubia y el garbanzo fueron sometidos a un prolongado calentamiento durante su cocción disminuyendo así la carga microbiana inicial; también se expusieron al medio ambiente durante su traslado a las charolas de secado, durante el enfriamiento antes de la molienda, y mientras se llevaba a cabo el proceso de deshidratación en la estufa con aireación, en donde se expuso a una corriente de aire y a un calentamiento. Estas exposiciones pudieron haber afectado la calidad microbiológica del producto, ya que a pesar de utilizar material estéril y cumplir al máximo las disposiciones sobre el personal señaladas en la NOM-120-SSA1-1994,⁶³ no se completaron al 100 % todos los requerimientos recomendados, para elaborar este producto.

Otra de las causas que pudo ocasionar el crecimiento microbiano, es el proceso de molienda. La trituración produce una considerable cantidad de calor, de modo que la humedad se condensa, permitiendo la permanencia de

residuos de harina dentro del equipo. Microorganismos especialmente del reino *fungi*, quedan en los residuos causando el desarrollo de la contaminación en el producto final. Por lo tanto la atención a la higiene del equipo de molienda es un factor importante en la producción de harina con bajas cuentas microbianas.⁶⁵

La vida útil de este producto se podría alargar aplicando la proposición para prevenir los peligros en el manejo de alimentos, sugerido por la Comisión Internacional de Especificaciones Microbiológicas en Alimentos (ICMSF – International Commission on Microbiological Specifications for Food, 2000).⁶⁵

La aplicación de estas especificaciones se podría llevar a cabo para mejorar la calidad microbiológica de los atoles, sin embargo el desarrollo del producto en el laboratorio presenta ciertas limitantes, las cuales se anularían en el momento de realizar el producto industrialmente.

En cuanto a las demás pruebas de monitoreo se observaron algunos cambios significativos.

En la humedad se continúa observando una tendencia a disminuir, sin embargo, la diferencia entre t7d y t14d no es significativa en ninguno de los casos.

El volumen de sedimentación se modificó notablemente en el caso del sabor piña. Esta alteración se puede deber en gran medida a las modificaciones causadas sobre las proteínas por parte de los microorganismos.

La humectabilidad mejoró mínimamente en algunos casos, debido también a la disminución en la humedad.

V.10 ETIQUETA

El diseño de la etiqueta se realizó con el objetivo de captar la atención de los niños, se tomaron en cuenta los criterios de la NOM-051-SCFI-1994 de especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados.⁶⁷

A continuación se muestra la etiqueta circular de la cubierta del vaso de unicel (11 cm de diámetro) y las dos etiquetas que cubren la circunferencia del vaso (13 cm de longitud).

Figura 8. Tapa para el atole sabor crema-limón.

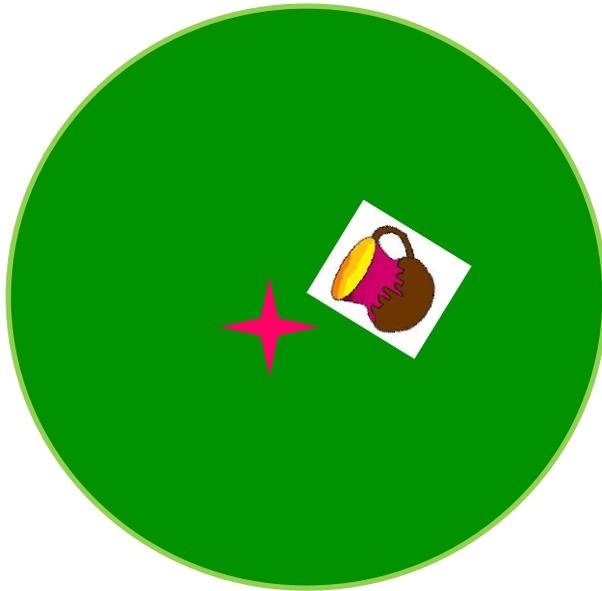


Figura 9. Tapa para el atole sabor cajeta-nuez.

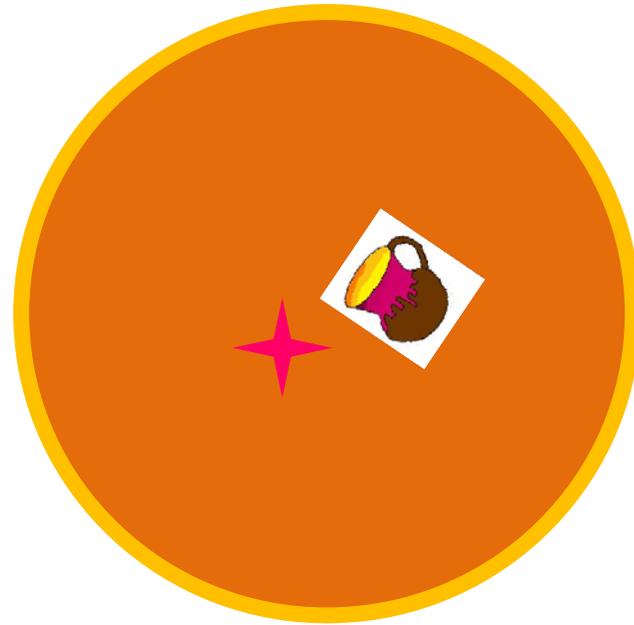


Figura 10. Tapa para el atole sabor piña.

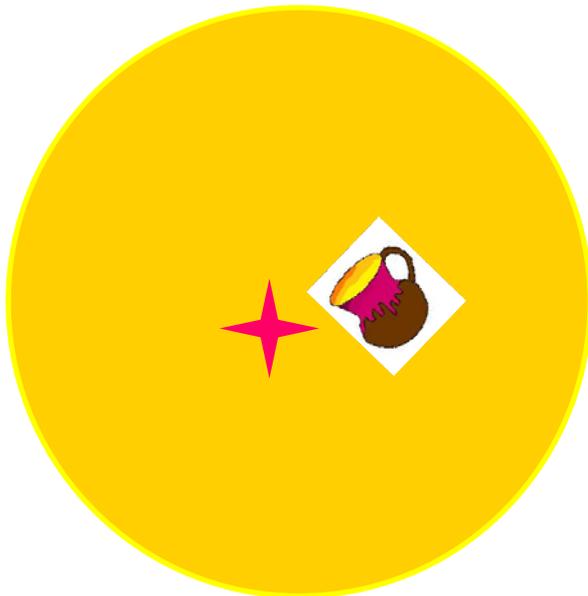


Figura 11. Tapa para el atole sabor champurrado.

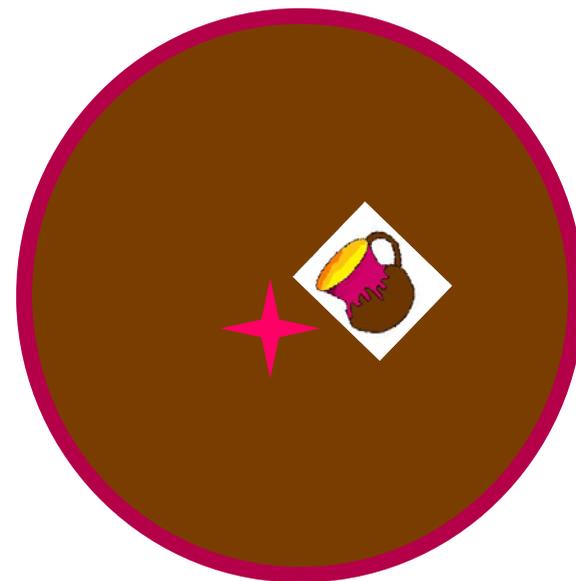


Figura 12. Etiquetas para el frente y la parte posterior del atole sabor crema-limón.

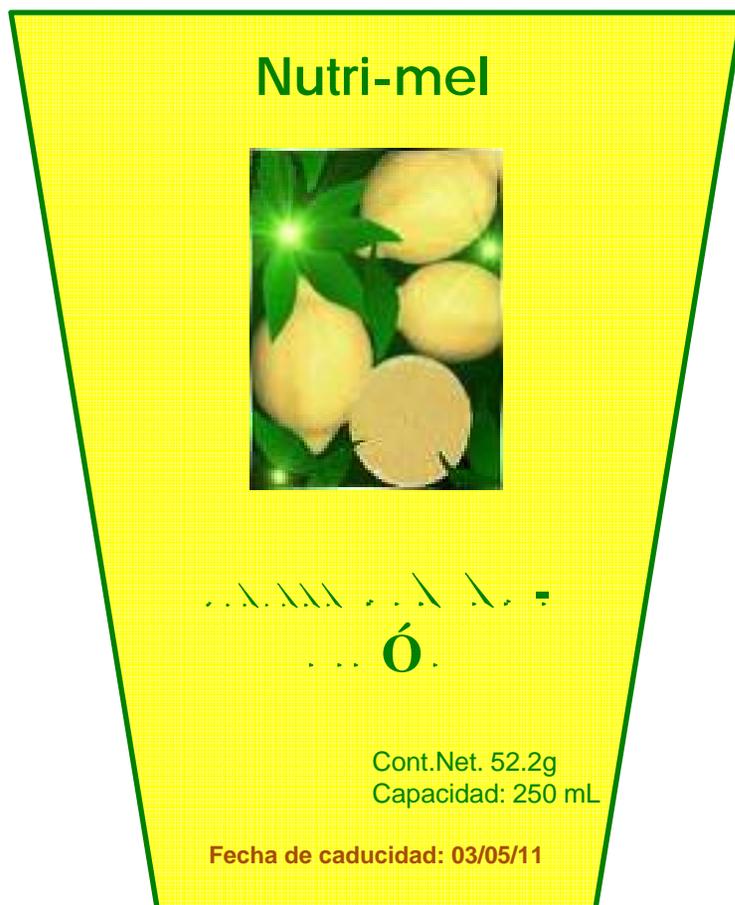


Figura 13. Etiquetas para el frente y la parte posterior del atole sabor piña.



Figura 14. Etiquetas para el frente y la parte posterior del atole sabor cajeta-nuez.

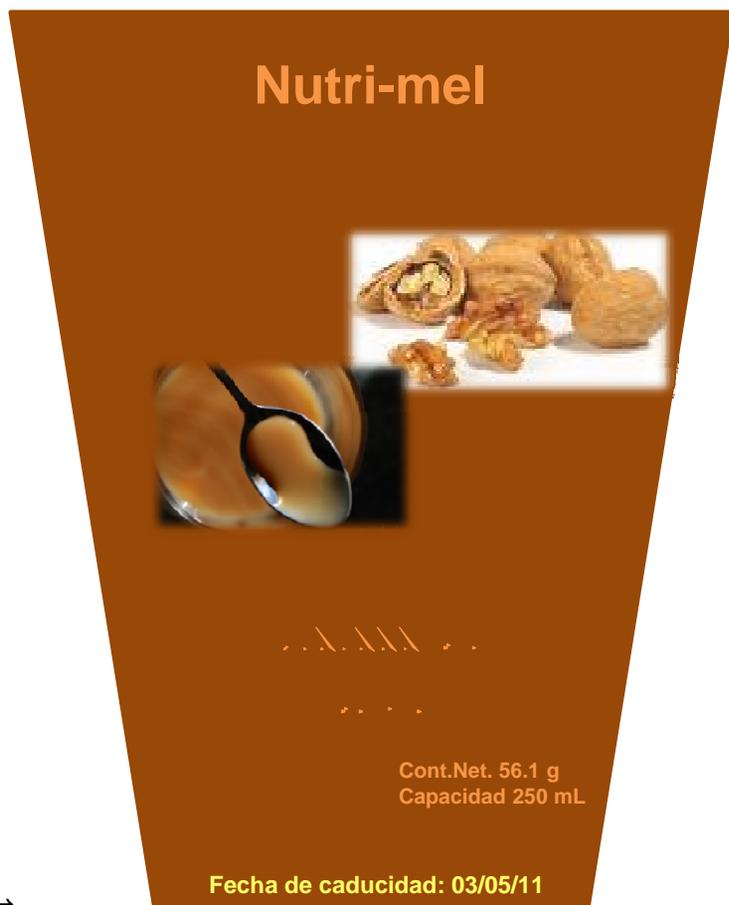


Figura 15. Etiquetas para el frente y la parte posterior del atole sabor champurrado.



V.11 EVALUACIÓN PRELIMINAR DE COSTOS

V.11.1 Estudio de mercado

De acuerdo a los objetivos planteados al iniciar la elaboración del producto, el mercado al que va dirigido éste producto cumple con las siguientes especificaciones:

* Rango de edad de la población, entre 4 – 6 años, en donde este producto es altamente adecuado.

* Niños en comunidades rurales, que padecen algún trastorno alimenticio por desnutrición o mala alimentación.

* Nivel socioeconómico bajo, con pocas oportunidades de abastecerse con alimentos de alta calidad energética y proteínica.

Tabla 48. Datos utilizados en la evaluación de costos.^{26, 67, 68}

Población nacional de niños con desnutrición	842,013.00
Población de niños con desnutrición en Edo. de México	103,471.00
Población que se abarcará en el Edo. de México	40,146.75
Porcentaje nacional que se abarcará (%)	4.77
Porcentaje que se abarcará del Edo. de México (%)	38.80
Precio de leche entera en polvo (\$/Ton)	50,854.89
Precio de azúcar en polvo (\$/Ton)	9,979.02
Precio de garbanzo (\$/Ton)	18,143.68
Precio de alubia (\$/Ton)	18,143.68
Precio de avena (\$/Ton)	2,934.70
Precio de HMN (\$/Ton)	5,600.00
Precio de Harina de arroz (\$/Ton)	12,283.27
Precio de molino y mezcladora (\$/unidad)	240,000.00
Precio de secador (\$/13 unidades)	171,989.35
Precio de maquinaria para empaques - selladora (\$/unidad)	300,000.00
Precio de goma carragenina - Carralact DCM 5298 (dólares/kg)	18.00
Precio de almidón modificado - Cargill Tex-Instant 12604 (dólares/kg)	2.50
Precio de ácido L-ascórbico (dólares/kg)	35.00
Costo total de maquinaria	712,000.00

V.11.2 Análisis de costos

Se obtuvo una demanda anual abarcando el 38.80 % de la demanda actual del Estado de México, ya que es uno de los estados con mayor porcentaje de desnutrición en México. Con este dato se obtuvo la producción anual de la planta (1,524.00 Ton de producto/año) y se calcularon los costos de materia prima y empaque.

Todas las materias primas se cotizaron en el mercado nacional, sin embargo los aditivos (almidón y carragenina) a pesar de ser una empresa mexicana la que los comercializa, las materias primas con las que se elaboran sí son de importación. De maquinaria se tomaron en cuenta los principales equipos, (molino, secador con sistema de aireación, mezcladora y selladora térmica).

Tabla 49. Evaluación de costos.^{67, 68}

Concepto	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Producción (kg/año)	1,523,970.55	1,676,367.61	1,844,004.37	2,028,404.81	2,231,245.29
Producción (porciones/año)	29,307,126.04	32,237,838.64	35,461,622.51	39,007,784.76	42,908,563.24
Porcentaje de capacidad máxima (%)	34.79	38.27	42.10	46.31	50.94
Precio de venta (\$/porción)	2.32	2.41	2.51	2.61	2.71
Precio de venta (\$/kg)	44.59	46.37	48.23	50.15	52.16
VENTAS TOTALES (\$/año)	67,949,425.48	77,734,142.75	88,927,859.30	101,733,471.04	116,383,090.87
Costos de ventas	63,040,926.64	71,912,900.08	82,054,200.89	93,647,282.75	106,900,859.47
Costo de materia prima (\$/porción)	1.78	1.85	1.93	2.01	2.09
Costo de materia prima(\$/kg)	34.30	35.67	37.10	38.58	40.12
Materia Prima	52,268,788.83	59,795,494.42	68,406,045.62	78,256,516.19	89,525,454.52
Empaque	8,792,137.81	10,058,205.66	11,506,587.27	13,163,535.84	15,059,085.00
Transporte	240,000.00	249,600.00	259,584.00	269,967.36	280,766.05
Agua	72,000.00	74,880.00	77,875.20	80,990.21	84,229.82
Salario de operarios	1,908,000.00	1,984,320.00	2,063,692.80	2,146,240.51	2,232,090.13
UTILIDAD BRUTA	4,908,498.84	5,821,242.67	6,873,658.41	8,086,188.30	9,482,231.41
Gastos de operación	3,169,840.00	3,294,640.00	3,424,432.00	3,559,415.68	3,699,798.71
Gastos administrativos	2,880,000.00	2,995,200.00	3,115,008.00	3,239,608.32	3,369,192.65
UTILIDAD DE OPERACIÓN	1,738,658.84	2,526,602.67	3,449,226.41	4,526,772.62	5,782,432.70
Depreciación	49,840.00	49,840.00	49,840.00	49,840.00	49,840.00
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS	1,738,658.84	2,526,602.67	3,449,226.41	4,526,772.62	5,782,432.70
ISR (30%)	521,597.65	757,980.80	1,034,767.92	1,358,031.79	1,734,729.81
UTILIDAD NETA	1,217,061.19	1,768,621.87	2,414,458.49	3,168,740.83	4,047,702.89
Tasa de retorno a la inversión (TIR) (%)	196.00				

A pesar de obtener una tasa de retorno a la inversión aceptable, para disminuir los gastos de inversión inicial, se podría contratar a un maquilador, que cuente con la maquinaria que necesitamos, de esta forma, podemos analizar y estudiar a detalle las complejidades de las máquinas; logrando un criterio más cercano a la realidad, para tomar a futuro, una mejor decisión de compra de la maquinaria.

VI. CONCLUSIONES

- Se obtuvo un producto de alto valor nutrimental, de sencilla preparación, con empaque resistente y de sabor agradable al gusto de los niños. Por lo que se puede distribuir a niños de escasos recursos en zonas alejadas.
- Se diseñaron cuatro formulaciones para aportar 15% de proteína por porción de producto, lo que significa que consumiendo dos porciones del producto al día, los niños cubre el 59% de sus requerimientos diarios de proteínas, además de satisfacer sus necesidades energéticas.
- El atole instantáneo de alto valor nutritivo, “Nutri-mel” perfila como una excelente propuesta para disminuir el problema de la desnutrición en México.
- La calidad del producto depende de la calidad de las materias primas y la higiene durante el proceso de elaboración. Por lo que la vida de anaquel se podrá extender hasta doce meses de ser cuidadosos en estos puntos.

VII. RECOMENDACIONES

- Durante el proceso de elaboración del producto se debe mejorar la aplicación de las buenas prácticas de higiene y manufactura, con el objetivo de mejorar los resultados microbiológicos.
- Continuar con el proceso de validación del aporte nutrimental del producto, por medio de un estudio de la composición de aminoácidos y por medio de un estudio biológico.
- Realizar un estudio de vida de anaquel extenso, para conocer la estabilidad del producto.
- Estudiar opciones de mejora en el empaque, buscar productos no contaminantes que compaginen con las necesidades del producto.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

1. Fas, B.R., (1991) Breakfast cereals and how are they made. American Association of Cereal Chemists, Inc. USA. pp. 5 – 17.
2. Instituto Nacional de Ciencia Médicas y Nutrición Salvador Zubirán. (2001). Ingestión diaria recomendada (IDR) de proteínas, vitaminas y nutrimentos inorgánicos para la población mexicana.
3. Rivera, J.A. MS,PhD., Muñoz, H.O. M en C., (2008) Consumo de bebidas para una vida saludable: recomendaciones para la población mexicana. Centro de Investigación en Nutrición y Salud, Instituto Nacional de Salud Pública. Cuernavaca, Morelos, México.
4. Loyd, L., (1982) Fundamentos de nutrición. Editorial Acribia. Zaragoza España pp.3-5.
5. Ávila Curiel A., Shamah Levy T. México ante los desafíos de desarrollo del milenio. “Diagnóstico de la magnitud de la desnutrición infantil en México”. Secretaría de Gobernación, CONAPO.
6. http://www.slan.org.mx/cont_desnut/Reloj de la Desnutrición en México.
Buscador: Google
Fecha: 26/08/08
Encargado de la página: Dr. Abelardo Ávila Curiel (aavila@slan.org.mx), tel: 54870900.
7. Hernández, D., Barberena, C., Camacho, J., Vera, H., (2003) Desnutrición Infantil y pobreza en México. Cuadernos de Desarrollo Humano No. 12. Secretaría de Desarrollo Social. SEDESOL.
8. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición, ENSANUT. Instituto Nacional de Salud Pública. Secretaría de Salud.
9. Barbosa-Canovas, G., Ortega-Rivas, E., Juliano, P., Yan, H., (2005). Food Powders: Physical properties, Processing, and Funcionality. Kluwer/Plenum. Nueva York, EEUU. 372 pp.
10. Vernon R. Young and Antoine E. El-Khoury. Human amino acid requirements: A re-evaluation. FAO/WHO/UNU.

11. Matthews, R., (1989) Legumes, chemistry, technology and human nutrition. Marcel Dekker Inc. New York and Basel. pp.340.
12. Norma del CODEX para las leches en polvo y la nata (crema) en polvo. *CODEX STAN 207 -1999*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO.
13. Byron H. Webb. Arnold H. Johnson. Fundamentals of Dairy Chemistry. Second Edition. pp. 2,82.
14. Etiqueta nutrimental. Leche en polvo, NIDO Clásica. Nestlé. 2009.
15. <http://www.inegi.gob.mx/inegi/contenidos/espanol/ciberhabitat/fabrica/leche/xtos/leche.htm>
Buscador: Google
Fecha: 26/01/09
Encargado de la página: Ing. Oscar Mendoza Luna. Director Técnico, Nestlé México, S.A. de C.V. servicios.consumidor@mx.nestle.com/ www.ciberhabitat.gob.mx. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (INEGI).
16. <http://www.milenio.com/node/155060>
Buscador: Google
Fecha: 28/01/09
Encargado: Luis Carlos Valdés de León. Edit. Milenio.
17. FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations, for a world without hunger. FAO Statistical Yearbook.
18. www.nestle.centroamerica.com/articulos/Nutricion/LasleguminosasProteinaalalcancedetodos.htm
Buscador: Google
Fecha: 12/11/08
Encargado de la página: Nestlé Región América Central. 2006.
19. <http://www.infoagro.com/herbaceos/legumbres/garbanzo.htm>
Buscador: Google
Fecha: 12/11/08

Encargado de la página: Infoagro Systems, S.L. C/Capitán Haya, 60, 3º, 28020, Madrid, España.

20. Estudio de las necesidades estratégicas de investigación y transferencia de tecnología en el estado de Sinaloa. Centro de agronegocios Noroeste. Gobierno del Estado de Sinaloa.
21. Liener, I. E., Kakade, M.L., (1980) Protease inhibitors. In: Toxic Constituents of Plant Foodstuffs. Edit. New York, Academic Press.
22. Gómez, G., Quesada, S., Nanne, C., (1998) Efecto de factores antinutricionales en el Pejibaye, sobre el metabolismo de ratas jóvenes. *Agronomía Costarricense* 22(2):191-198.
23. Marván, L., Pérez, A., Palacios, B., (2007) Sistema Mexicano de Alimentos Equivalentes. 2ª Edición. Edit. Arte e Imagen de México. Ogali.
24. http://www.legumechef.com/beneficios2_sp.htm
Buscador: Google.
Fecha: 17/11/09
Encargado de la página: United States Dry Bean Council, USA Dry Pea & Lentil Council.
25. Acosta-Gallegos Jorge A., Pérez Herrera P., Situación del cultivo de frijol común en México. Producción e Investigación. Programa de Frijol del INIFAP; Chapingo Edo. de México.
26. Resúmenes nacionales por cultivo. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), organismo de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA).
27. David A.V. Dendy, PhD. Cereales y productos derivados. Química y Tecnología. Editorial ACRIBIA, S.A. ZARAGOZA (España) pp.1-5 , 356, 457-480.
28. Hosney, C., (1991) Principios de ciencia y tecnología de los cereales. Editorial ACRIBIA, España, pp.1, 19, 24, 82, 83.
29. Agriculture Statistics. Grains: Oats production 2003 / 2004, by country. United States Department of Agriculture. Economics, Statistics and Market Information System, in collaboration with Cornell University.

30. Camacho, N., Díaz, K., Santillana, M., (2007) Productos de Cereales y Leguminosas. Manual de prácticas. Universidad Nacional Autónoma de México. 4ª Edición. pp. 127-133.
31. El maíz en los trópicos. Origen, evolución y difusión del maíz. Depósito de documentos de la FAO, departamento de Agricultura.
32. Diario Oficial. Secretaria de Salud. Acuerdo por el que se determinan las sustancias permitidas como aditivos y coadyuvantes en alimentos, bebidas y suplementos alimenticios. Primera sección. Lunes 17 de julio 2006.
33. Antonio, M., Javier, M., Los aditivos en los alimentos. Edit. Mundi Prensa. pp. 105-106.
34. FDA 21 CFR Part 172. Food Additives permitted for direct addition to food for human consumption; Food starch-modified by Amylolytic enzymes. Publication date: 04-02-01
35. Adrian Jean, Potos Jacques., Análisis Nutricional de los alimentos. Capítulo 3. Métodos Fisicoquímicos generales, 2000.
36. Owen R. Fennema. Química de los Alimentos, Capítulo 5: Lípidos. 2ª edición., Edit. ACRIBIA. España.
37. Larry, A., Michael, P., (2002) Food Additives. Edit. Marcel Dekker. pp. 707-708.
38. <http://www.agargel.com.br/carragenina-tec.html>
Buscador: Google
Fecha: 23/10/08
Encargado de la página: Dr. Samuel Porto, 351 cj.51 CEP 04054-010. Saúde. Sao Paulo SP Brasil. Tel: 55 11 5594-7585.
39. NMX-FF-038-1995-SCFI. Productos alimenticios no industrializados para consumo humano – fabáceas – frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Especificaciones y métodos de prueba.
40. Consejería Comercial de México en España. Banco Nacional de Comercio Exterior, S.N.C. Perfil del mercado español de garbanzo. (2005) BANCOMEXTMADRID.

41. <http://www.aoac.org/>
Buscador: Google
Fecha: 06/02/09
Encargado: "Association of Analytical Communities," AOAC INTERNATIONAL.
42. Norma Oficial Mexicana NOM-131-SSA1-1995, Bienes y servicios. Alimentos para lactantes y niños de corta edad. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales.
43. C. Mezquita, Pedro, Carrasco Verdejo, *et al.* Suplemento alimenticio de alto contenido proteico para niños de 2 - 5 años.: II. Propiedades físicas, químicas, reológicas y color. *INCI*, abr. 2008, vol.33, no.4, p.301-307. ISSN 0378-1844.
44. Sotelo Ángela y González Laura. Huevo en polvo con bajo contenido de colesterol: Características nutricias y sanitarias del producto. *ALAN*, jun. 2000, vol.50, no.2, p.134-141. ISSN 0004-0622.
45. Mizrahi S., Kilcast D., Subramaniam P. The stability and shelf life of food. Cambridge Woodhead Publishing Ltd. 2000, 107-128.
46. Pedrero, Daniel.L., Evaluación Sensorial de los Alimentos. Métodos Analíticos. Edit. Alambra Mexicana, S.A de C.V. pp.75-77.
47. Kirk, R.S., Sawyer, R., Egan, H., (2005) Composición y análisis de alimentos de Pearson. Edit.Continental. México.pp.25-27.
48. NMX-K-402-1973.Determinación del índice de peróxido en aceites esenciales.
49. Norma Oficial Mexicana NOM-110-SSA1-1994, Bienes y servicios. Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico. Secretaría de Salud.
50. Norma Oficial Mexicana NOM-092-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa. Secretaría de Salud.
51. Norma Oficial Mexicana NOM-112-SSA1-1994, Bienes y servicios. Determinación de bacterias coliformes. Técnica del número más probable. Secretaría de Salud.

52. Norma Oficial Mexicana NOM-111-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos. Secretaría de Salud.
53. Norma Oficial Mexicana NOM-114-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la determinación de *Salmonella* en alimentos. Secretaría de Salud.
54. FAO 1970, Rome 1970. Food Policy and Food Science Service, Nutrition Division, FAO (Food and Agriculture organization of the United Nations). Amino-Acid content of Foods and Biological Data on Proteins. Printed by Interprint (Malta) pp.Avena (38); Arroz (40); Garabanzo (53).
55. CODEX ALIMENTARIUS. FAO / OMS. Additives - Disposiciones de la GSFA para Tartrazina.
56. CODEX ALIMENTARIUS. FAO / OMS. Additives - Disposiciones de la GSFA para Brilliant blue FCF.
57. Información técnica y especificaciones. MAKYMAT.S.A. de C.V. Calle San Luis Tlatilco. No.6 - A, Col. San Luis Tlatilco, Naucalpan, Edo. De Méx. C.P.53630. e-mail: info@makymat.com
58. Alavi, S., Caussat, B., (2005) Experimental study on fluidization of micronic powders. Powder Technol. 157: 114 – 120.
59. Laurri, J.A., Borroto, B., Perdomo, U., Tabares, Y., (1995) Elaboración de una bebida en polvo a base de fibra dietética. Fibrilax. Alimentaria, 32: 23 -26.
60. <http://ucce.ucdavis.edu/datastore/datastoreview/showpage.cfm?usernumber=1310&surveynumber=199>
Buscador: Google
Fecha: 01/03/2010
Encargado: La deficiencia de hierro afecta más a niños y mujeres, Myriam Grajales Hall (951) 827-4397.
61. Depósito de documentos de la FAO. Departamento de agricultura.
- Capítulo 15. Nutrición Humana en el mundo en desarrollo. Carencia de Vitamina A.
 - Capítulo 11. Human vitamin and Mineral Requirments. (Calcium).

62. C. Palacios. Anales Venezolanos de Nutrición 2007; Vol 20 (2): 99 – 107.
Lo nuevo en los requerimientos de calcio, propuesta para Venezuela.
Departamento de desarrollo Humano. Escuela de Salud Pública.
63. Norma Oficial Mexicana NOM-120-SSA1-1994, Bienes y servicios.
Prácticas de higiene y sanidad para el proceso de alimentos, bebidas no
alcohólicas y alcohólicas. Secretaría de Salud.
64. www.depa.pquim.unam.mx/csa/Sub127/ExpoEstudiantil/Expo/Expo-01.doc
Buscador: Google
Fecha: 03/11/08
Encargado de la página: Arreguín, Z., Iturbe, C.F., Departamento de
Alimentos y Biotecnología. UNAM.
65. Berghofer, K., Hocking, D., (2003) Microbiology of wheat and flour milling in
Australia. International Journal of Food Microbiology 85. Pp. 137-149.
66. Norma Oficial Mexicana NOM-051-SCFI-1994. Especificaciones Generales
de Etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasadas.
67. http://www.campomexicano.gob.mx/portal_siap/Integracion/EstadisticaDerivada/ComercioExterior/Estudios/Boletines/nal090205.pdf
Buscador: Google
Fecha: 11/02/09
Encargado: SAGARPA.
68. <http://www.abaquim.com.mx/productos.html>
Buscador: Google
Fecha: 11/02/09
Encargado: QUIMINET.