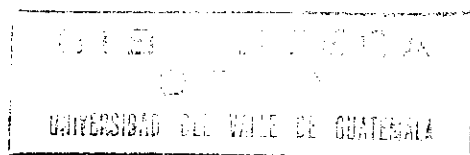


**FORMULACIÓN DE UNA LECHE VEGETAL A BASE DE
EXTRACTOS DE MAIZ TIERNO, FRIJOL DE SOYA Y
AJONJOLÍ**

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y CIENCIAS DE LOS ALIMENTOS

**FORMULACION DE UNA LECHE VEGETAL A BASE DE
EXTRACTOS DE MAIZ TIERNO, FRIJOL DE SOYA Y
AJONJOLI**



SANDRA MENEGAZZO MENA

Trabajo de graduación presentado para optar al grado académico de Ingeniería
en Ciencias de los alimentos

GUATEMALA
2000

Va.Bo.:

(f) *Ricardo Bressani*

Dr. Ricardo Bressani
Asesor

Tribunal:

(f) *Patricia de Palomo*
Lic. Patricia de Palomo

(f) *Ana Silvia Colmenares de Ruiz*

Lic. Ana Silvia Colmenares de Ruiz

(f) *Ricardo Bressani*

Dr. Ricardo Bressani

Fecha: 9 de Octubre del 2000

A mi familia y
Amigos

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo de investigación fue desarrollar una bebida vegetal a base de extractos acuosos de maíz tierno, ajonjolí y soya mezclados en las proporciones adecuadas de forma que posea una composición similar a la leche con respecto a sólidos totales, grasa, proteína y cenizas, y con propiedades organolépticas aceptables.

Para este propósito el trabajo se realizó en las siguientes fases: 1) Selección de las materias primas basándose en sus características nutricionales y el patrón aminoácido. 2) Elaboración de los extractos acuosos correspondientes, de acuerdo a la metodología clásica de elaboración de atole tradicional; selección de granos, lavado, pesado, molidenda con agua, licuado, tamizado, y finalmente la cocción, la cual fue modificada para optimizar las características de la formulación. Asimismo se disminuyó la cantidad de agua en la elaboración de los extractos para elevar el contenido de sólidos y proteína, además se desgrasó el ajonjolí y se ajustó el pH a 7 para lograr un mayor contenido de proteína y un menor contenido de grasa en el extracto de ajonjolí. Los extractos fueron caracterizados, realizándose análisis de proteína, grasa, sólidos totales y cenizas. Luego se prepararon dos mezclas en proporciones diferentes: 60% maíz 30% soya y 10% ajonjolí y 70% maíz 20% soya y 10% ajonjolí. Se obtuvo una mezcla que se aproximó bastante a la composición de la leche de vaca, cuya aceptabilidad fue buena. El estudio se complementó con los análisis microbiológicos y de vida de anaquel correspondientes a un mes posterior al envasado.

En general se cumplió el objetivo de la investigación puesto que la bebida elaborada es comparable fisicoquímicamente con la leche de vaca además de que es aceptada organolépticamente.

INDICE

	RESUMEN.....	v
I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	ANTECEDENTES.....	2
III.	JUSTIFICACIÓN.....	11
IV.	OBJETIVOS	
	a) Generales.....	12
	b) Específicos.....	12
V.	HIPÓTESIS.....	13
VI.	MATERIALES Y MÉTODOS	
	A) Procedimiento General.....	14
	Diagrama de Flujo del Proceso	16
	B) Materiales.....	17
	C) Equipo.....	17
	D) Métodos.....	17
VII.	DISEÑO EXPERIMENTAL	
	a) Unidad Experimental	18
	b) Tamaño de Muestra.....	18
	c) Análisis Estadístico.....	18
VIII.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
	Fase 1: Selección y caracterización de Materia Prima.....	19
	Fase 2: Elaboración y Caracterización de Extractos acuosos.....	21
	Fase 3: Realización y Caracterización de las Mezclas.....	23
	Fase 4: Formulación de las Mezclas.....	30
	Fase 5: Evaluación Sensorial de las Mezclas.....	30
	Fase 6: Características de la Mezcla Escogida.....	33
	Fase 7: Envasado, Vida de Anaquel y Análisis Microbiológico.....	34
IX.	CONCLUSIONES.....	36
X.	RECOMENDACIONES.....	37
XI.	BIBLIOGRAFIA.....	38
XII.	APENDICES	
	Diagrama de flujo del proceso modificado.....	40
	Boleta de Evaluación Sensorial.....	41
	Tablas de Resultados.....	42
	Análisis Estadísticos	46

LISTA DE CUADROS Y TABLAS

Cuadros:

- 2.1. Composición del maíz sin tratar
- 2.2. Composición en aminoácidos de las proteínas del maíz
- 2.3. Composición de la leche de diferentes razas de vacas (%)
- 2.4. Comparación Nutricional de la leche de soya y la leche de vaca
- 2.5. Contenido de vitaminas y minerales de la leche de soya, comparado con la ingestión diaria recomendada
- 2.6. Aminoácidos esenciales en la proteína de soya comparado con el maíz y la leche de vaca (mg/gN)
- 2.7. Valor nutritivo de la semilla de ajonjolí
- 2.8. Contenido de aminoácidos esenciales en el ajonjolí

Figuras:

- 2.1. Valor nutritivo de la soya

Tablas:

- 8.1. Análisis de Materia Prima
- 8.2. Preparación de Extractos Acuosa
- 8.3. Caracterización de extractos de maíz, soya y ajonjolí
- 8.4. Caracterización de las mezclas de maíz, soya y ajonjolí
- 8.5. Preparación de extractos acuosa
- 8.6. Grasa y proteína para extractos de ajonjolí
- 8.7. Caracterización de las mezclas de maíz, soya y ajonjolí desgrasado
- 8.8. Rendimiento en elaboración de los extractos
- 8.9. Sólidos totales presentes en los residuos
- 8.10. Formulación de mezclas
- 8.11. Resultados de Evaluación Sensorial
- 8.12. Características físicas y químicas de la muestra
- 8.13. Características fisicoquímicas
- 8.14. Sedimentación de la leche vegetal
- 12.1. Caracterización de la Materia Prima
- 12.2. Caracterización de extractos de maíz, soya y ajonjolí iniciales
- 12.3. Caracterización de las mezclas de maíz, soya y ajonjolí
- 12.4. Sólidos totales de los extractos modificados
- 12.5. Sólidos totales de residuos
- 12.6. Grasa y proteína para extractos de ajonjolí modificados
- 12.7. Caracterización de las mezclas de maíz, soya y ajonjolí desgrasado

I. INTRODUCCIÓN

El maíz constituye una parte importante en la dieta diaria de los guatemaltecos, la que usualmente no se complementa con otros productos. Se ha encontrado que el maíz no es de alto valor nutritivo, razón por la cual gran parte de la población, especialmente la rural, sufre grados elevados de desnutrición.

El maíz se consume de diferentes maneras, siendo la principal la famosa tortilla. En el presente trabajo se estudiará otro alimento muy popular como es el atole de elote. Este se prepara al moler los granos de maíz tierno para después lograr la suspensión de la masa adquirida ya sea en agua o en leche para luego filtrar y obtener la bebida. La bebida realizada a base de leche es de alto valor nutritivo, pero muy cara, razón por la cual usualmente se prepara a base de agua.

En el presente trabajo se busca formular una bebida lo más parecida al atole de elote que cumpla con los requerimientos nutricionales y además conserve el sabor característico del atole. Para este propósito se busca la elaboración de una bebida formulada a partir de extractos acuosos de maíz, de soya y de ajonjolí en la proporción adecuada de forma que ésta presente una composición parecida a la de la leche de vaca en lo que respecta a sólidos totales (13%), proteínas (3.5%), grasa (3%) y cenizas (0.7%) y que además sea organolépticamente aceptable. Se pretende además de que el contenido de aminoácidos esenciales sea complementario entre las 3 fuentes de proteína, el maíz, la soya y el ajonjolí.

II. ANTECEDENTES

Actualmente no hay un país en Centro América que no siembre maíz. El maíz constituye, como los frijoles, el alimento fundamental de la población en México y la América Central. Este tiene muchos usos y sus productos secundarios son más numerosos aún. En México y Centro América se consume principalmente en forma de tortillas, tamales, pozole (estofado), **atole**, roscas, etc.

El problema radica en que, al igual que otros cereales, el maíz es rico en hidratos de carbono, pero deficiente en proteínas, tanto en calidad como en cantidad Ver cuadro # 1 (Badui, 1997). El maíz contiene un porcentaje muy elevado de prolaminas y glutelinas, polipéptidos que generalmente tienen estructuras secundaria y terciaria muy rígidas por su alto contenido de enlaces disulfuro. Además, como se puede ver en el cuadro # 2 (Badui, 1997) el maíz es deficiente en LISINA y TRIPTOFANO y que la relación de concentraciones de leucina/isoleucina es muy elevada; estos factores, sumados a su estructura terciaria rígida, hacen que su calidad nutricional sea reducida (1).

Cuadro # 1

Composición del maíz sin tratar

	Composición porcentual
Proteína	11
Fibra Cruda	2.3
Extracto etéreo	5.1
Cenizas	1.7
Calcio	76

(1).

Cuadro # 2

Composición en aminoácidos de las proteínas de maíz

Aminoácido	g/100 g de proteína del maíz
Ácido aspártico	7.00
Ácido glutámico	17.90
Alanina	7.90
Arginina	3.70
Cistina	1.70
Fenilalanina	4.60
Glicina	3.20
Histidina	2.50
Isoleucina	3.40
Leucina	12.20
Lisina	2.60
Metionina	1.40
Prolina	8.30
Serina	3.20
Tirosina	2.80
Treonina	2.90
Triptofano	2.20
Valina	4.6

(1)

Es por esta razón que se han llevado a cabo numerosos experimentos para mejorar la calidad proteínica de ciertos productos elaborados a base de maíz para hacerlos nutricionalmente aceptables.

En el presente trabajo de investigación se tratará de mejorar la calidad nutricional de un atole elaborado a base de maíz mediante la suplementación del mismo con extractos

acuosos de soya y de ajonjolí, mezclados en la proporción adecuada de forma que la bebida presente las características fisicoquímicas (sólidos totales, proteína, grasa y cenizas) de la leche de vaca. Para este propósito se realizarán caracterizaciones individuales para cada extracto (de maíz, soya y ajonjolí) para poder encontrar la proporción adecuada de la mezcla final.

La leche de vaca, además de proporcionar prácticamente todos los nutrimentos necesarios, contiene también diferentes sustancias que actúan como parte fundamental de los sistemas inmunológicos. En general, la leche está compuesta por agua, grasas, proteínas, azúcares, vitaminas y minerales, además de otras sustancias que están presentes en menor concentración y que en conjunto forman un sistema fisicoquímico relativamente estable; esto se debe a que todos los constituyentes se encuentran en equilibrio, ya que se establecen tres estados de dispersión. Los sólidos totales de la leche (grasa y sólidos no grasos) representan entre 10.5 y 15.5% de su composición total y varían de acuerdo con muchos factores, tales como la raza de la vaca, tipo y frecuencia de alimentación, etc. (1) .Ver cuadro # 3.

Cuadro # 3

Composición de la leche de diferentes razas de vacas (%)

Raza	Agua	Grasa	Proteína	Lactosa	Cenizas
Holstein	88.12	3.44	3.11	4.61	0.71
Airshire	87.39	3.93	3.47	4.48	0.73
Suiza café	87.31	3.97	3.37	4.63	0.72
Guernsey	86.36	4.50	3.60	4.79	0.75
Jersey	85.66	5.15	3.70	4.75	0.74

El principio para la elaboración del atole de elote es muy sencillo, ya que es preparado en su mayoría a nivel artesanal. Cuando este se prepara a nivel de artesanal este se elabora a base de agua, muy raramente elaborado a base de leche, razón por la cual no es nutricionalmente completo.

La bebida se prepara al desgranar el maíz tierno, para luego molerlo y licuarlo (en presencia de agua). Luego se pasa por un tamiz y se hierve hasta que el elote esté cocido (unos 10 minutos), obteniéndose finalmente el atole de elote.

Para la suplementación del atole de elote, el segundo ingrediente a utilizar es la soya. Este ingrediente se escogió por varias razones, principalmente debido a que su valor nutritivo es muy alto. Se ha comprobado que, en comparación con muchas de las principales fuentes alimenticias, la soya es una superpotencia nutricional. Contiene proteína de alta calidad, grasa y carbohidratos, así como gran cantidad de fitoquímicos útiles para la prevención y tratamiento de muchas enfermedades crónicas. La soya y los alimentos hechos a base de soya, además de ser una fuente importante de nutrimentos, está demostrando ser eficaz para la prevención y tratamiento de enfermedades crónicas.

La soya también es rica en otros nutrimentos como el calcio, hierro, zinc y vitaminas del complejo B, así como otras vitaminas. Ver Cuadros # 4 y 5 (5).

Cuadro # 4

Comparación Nutricional de la leche de soya y leche de vaca

Nutriente/100g	Leche de Soya	Leche de Vaca
Proteína, g	26	26
Grasa, g	26	26
Carbohidratos, g	38	40
Calcio, mg	900	900
Fósforo, mg	800	800
Hierro, mg	8.4	0.5
Vitamina A, eq mcg	960	360-960
Yodo, mcg	150	50
Cinc, mg	8.4	3.3
Acido fólico, mcg	40	37
Vitamina D, ui	500	500
Vitamina B12, mcg	3.5	3.0
Riboflavina, mg	1.2	1.2

(4)

Cuadro # 5

Contenido de vitaminas y minerales de la leche de soya, comparado con la ingestión diaria recomendada

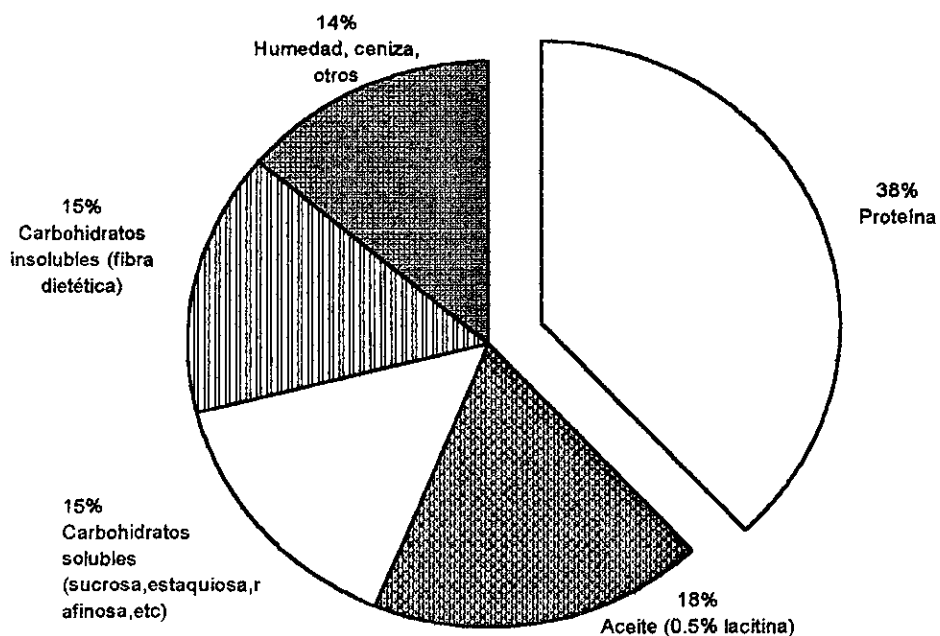
Vitaminas	Ingestión Recomendada (1 mg/día)	Leche de soya (mg/l)
A	0.8	50 I.U
B 1	1.2	0.6
B 2	1.8	0.5
B 12	0.05	0
Niacina	15.0	5.0
C	70.0	5.0
D	0.002	0

(5).

La soya varía en cuanto al contenido de nutrientes, pero por lo general tiene un 38% de proteína, 20% de grasa, 30% de hidratos de carbono, 5% de fibra cruda y 5% de minerales y ceniza. Ver figura # 1 (6).

Figura # 1

Valor nutritivo de la Soya



En lo que respecta a la grasa, si bien contiene una cantidad más o menos abundante, sólo tiene 15% de grasa saturada. Alrededor del 50% de la grasa del aceite de soya es ácido linoleico, una grasa poliinsaturada y un nutrimento indispensable. Unido a lo anterior, el aceite de soya sólo contiene 8% de ácido linolénico, que es el tipo de grasa que se encuentra en el pescado y que se considera benéfico para disminuir el riesgo de enfermedades cardíacas (6).

Otro beneficio es que la leche de soya no contiene lactosa y no causa indigestión alguna debido a la intolerancia de la lactosa, a diferencia de la leche de vaca. La soya también contiene 5% de fibra cruda, lo cual ha demostrado ayudar a la digestión y posiblemente a disminuir el colesterol sérico. (6).

La razón principal por la que se busca utilizar la leche de soya como suplemento para el atole de elote es que el patrón de la proteína de soya coincide perfectamente con los requerimientos del ser humano, siendo probablemente el que tiene el mejor patrón de aminoácidos para una proteína de origen vegetal. Los productos de soya tienen un contenido de aminoácidos esenciales como histidina, isoleucina, leucina, lisina, fenilalanina, tirosina, treonina, triptófano y valina, al complementar de esta forma el atole de elote por medio del aporte de los aminoácidos limitantes del maíz (lisina y triptófano). Solamente el valor total combinado de los aminoácidos azufrados esenciales, metionina y cistina, cae debajo de los patrones recomendados en la mayoría de productos de soya. Ver cuadro # 6 (Bressani, 1981).

Cuadro # 6

Aminoácidos esenciales en la proteína de soya comparado con el maíz y la leche de vaca
(mg/gN)

Aminoácido	Maíz	Leche de Vaca	Soya
Isoleucina	289	407	336
Leucina	810	626	482
Lisina	180	496	395
Fenilalanina	284	309	309
Tirosina	382	325	199
Cistina	81	57	111
Metionina	116	156	84
Treonina	249	294	246
Triptófano	38	90	86
Valina	319	438	328

(2)

Además de su calidad nutricional la soya también presenta otras ventajas. Los productos de leche de soya actualmente constituyen cerca del 80% de participación del mercado de los productos de sustitutos de leche líquida, siendo el resto las bebidas de arroz, almendra y otros productos a base de vegetales. Se encontró que la leche de soya tenía un alto valor nutritivo, aún comparado con la leche de vaca. Ver cuadro # 4. La leche de soya probablemente es el alimento con mayor crecimiento acelerado en el mundo hoy día, siendo su uso altamente recomendable debido a esa gran popularidad y por consiguiente su costo.

El tercer ingrediente que se utilizará en la preparación del atole de elote es el ajonjolí. La razón por la cual se utilizará el ajonjolí es el alto porcentaje de aceite, por su sabor característico y por el patrón de aminoácidos de su proteína. El ajonjolí es una semilla alta en los aminoácidos azufrados metionina y cistina que complementan la soya y el maíz. Ver cuadro # 8.

Cuadro # 7
Valor Nutritivo de la Semilla de ajonjolí

	Contenido		Contenido
Calorías	584 kcal	Calcio	1212 mg
Agua	4 g	Fósforo	620 mg
Proteínas	17.6 g	Hierro	10.4 mg
Grasas	52 g	Tiamina	0.98 mg
Carbohidratos	21.1 g	Riboflavina	0.25 mg
Fibra	5.3 g	Niacina	5 mg
Ceniza	5 g	Vitamina A	5 mcg

(9)

Cuadro # 8
Contenido de aminoácidos esenciales en el ajonjolí

Aminoácido	g/16 gN
Metionina	3.7
Cistina	2.2
Lisina	3.8
Treonina	4.0
Leucina	7.1
Isoleucina	4.1
Valina	4.7
Fenilalanina	6.0
Tirosina	5.1
Triptófano	?

La extracción de aceite de las semillas alcanza 58 por ciento, cifra que equivale a la mayor cantidad de aceite producido en comparación a otras plantas oleaginosas que son alrededor de 60 especies utilizadas comúnmente y en global alcanzan un número de 300 especies. Lo importante de este aceite es que contiene 43% de grasas no saturadas, así contribuye a no elevar el colesterol sanguíneo y evitando la arteriosclerosis (9). Además, como indica el cuadro # 6, esta semilla posee un elevado porcentaje de calcio, calculándose un aproximado de 10 veces mayor que la leche. Hoy en día se conoce gracias a ensayos bioquímicos y biológicos que el calcio ejerce una importante acción en el cerebro, sabemos que la leche contiene este elemento y por tradición es el alimento más recomendado, pero sin embargo, la leche (a excepción de la materna) no es de fácil asimilación por todos los organismos ya que contiene lactosa (azúcar de la leche), la cual debe ser procesada por nuestro organismo para descomponerse en las formas asimilables, proceso que disminuye la absorción de cualquier otra fuente de minerales y vitaminas que posea este alimento (9).

Se busca que la bebida preparada sea nutricional y químicamente similar a la leche de vaca. Para este propósito se escogieron los tres ingredientes (maíz, soya y ajonjolí) para su elaboración. El primer paso será realizar las soluciones individuales de cada ingrediente: una solución de maíz, una de soya y una de ajonjolí. Luego se realizará una caracterización individual de cada extracto, y se analizarán los sólidos totales, proteína, grasa y cenizas. De acuerdo a los resultados de dicha caracterización se procederá a realizar tres bebidas (A,B y C) con diferentes proporciones de los tres componentes, tratando de que dichos productos sean lo más parecidos químicamente a la leche de vaca.. Las proporciones a utilizar van a variar alrededor de 60% del extracto de maíz, 30% extracto de soya y 10% del extracto de ajonjolí. Una vez se tengan los tres productos con composición parecida a la leche de vaca se realizará una evaluación sensorial de cada una para determinar cuál de las tres bebidas prefiere el consumidor. La bebida que resulte ser la preferida por el consumidor será la analizada posteriormente.

III. JUSTIFICACIÓN

El atole de elote elaborado a base de agua es un alimento popular en Guatemala, pero de bajo valor nutritivo. Debido a que es un alimento consumido a nivel masivo, principalmente a nivel rural, constituye un problema cuando éste no es complementado con un alimento nutricionalmente adecuado, ya que puede llegar a causar niveles altos de desnutrición en la población.

Se busca elaborar una bebida a base de maíz tierno, soya y ajonjolí a manera de obtener un alimento completo con composición parecida a la leche de vaca y aún con un sabor agradable. De esta forma, la bebida sería no sólo nutricionalmente completa sino que también estaría al alcance de la población.

La ventaja es que, siendo elaborada a nivel industrial podría llegar a sustituir a la leche de vaca que no es accesible a toda la población. Además, la bebida elaborada a partir de maíz, soya y ajonjolí presenta la ventaja de que no contiene lactosa, por lo que no causaría indigestión a las personas con intolerancia a la lactosa, ya que puede ser dirigida a un sector específico de la población. También posee cierto porcentaje de fibra cruda, lo cual ayuda a la digestión, ventajas que no tiene la leche de vaca.

IV. OBJETIVOS

a) **Generales**

1. Desarrollar una bebida a base de extractos acuosos de maíz tierno, ajonjolí y soya que posea una composición similar a la leche (sólidos totales, grasa, proteína y ceniza) y con propiedades organolépticas aceptables

b) **Específicos**

1. Establecer el contenido de sólidos, proteína, grasa y ceniza de los extractos acuosos de maíz tierno, soya y ajonjolí.
2. Preparar varias mezclas con los tres extractos (maíz, soya y ajonjolí), de tal manera que la composición sea similar a la de la leche.
3. Establecer la aceptabilidad de los productos a través de pruebas sensoriales.
4. Determinar la composición formal del producto de mayor aceptabilidad.

V. HIPOTESIS

Es posible preparar una bebida a base de maíz, soya y ajonjolí, cuya composición sea parecida a la de la leche y que sea organolépticamente aceptable.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

A) Procedimiento General

Referirse al diagrama de flujo .

A. Preparación de los extractos:

Preparado de maíz.

1. Desgranar las marzorcas para obtener el maíz tierno
2. Lavar los granos
3. Pesar los granos.
4. Moler los granos de maíz limpios
5. Agregar agua a la molienda
6. Licuar la mezcla
7. Pasar la mezcla por un tamiz
8. Hervir la mezcla

Preparado de soya:

1. Limpiar y lavar los granos de la soya con agua.
2. Pesar los granos.
3. Blanquear por ebullición durante 15 minutos el frijol de soya.
4. Descartar agua y la cáscara de soya y lavar nuevamente con agua fresca.
5. Licuar la soya con agua.
6. Pasar la mezcla por un tamiz.

Preparado de ajonjolí (referirse al procedimiento del maíz).

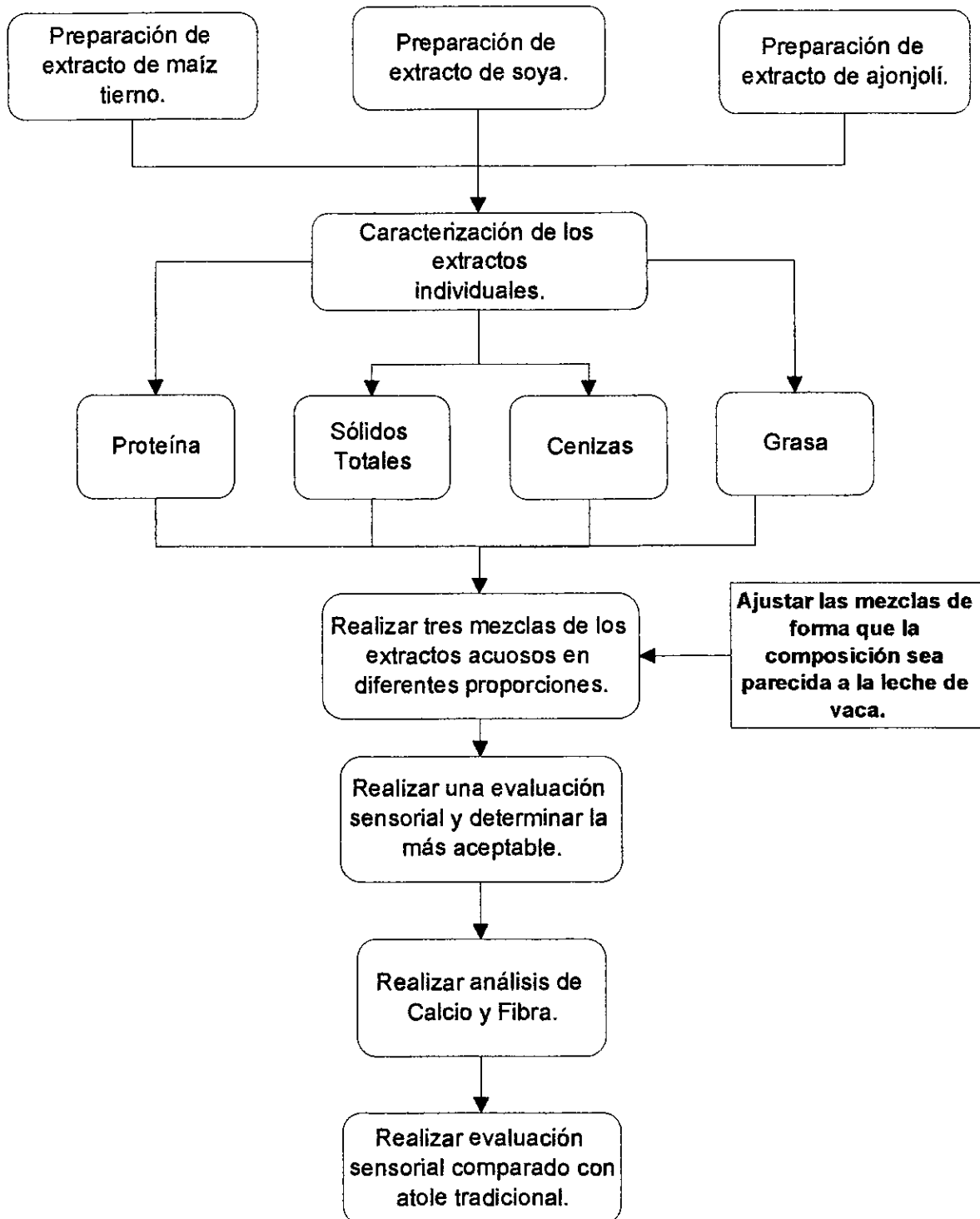
Realizar la caracterización de cada bebida:

1. Realizar los siguientes análisis para cada extracto:
 - Proteína
 - Grasa
 - Sólidos totales
 - Cenizas

C. Preparación de las bebidas:

1. Realizar dos mezclas de los extractos acuosos obtenidos (maíz, soya y ajonjolí) mediante el uso de una licuadora en tres proporciones diferentes de forma que se obtenga una composición parecida a la leche de vaca (13% sólidos totales, 3% grasa, 3.5% proteína y 0.7% cenizas, aprox) y que sea organolépticamente aceptable. Se planea empezar alrededor de una composición del 60% del extracto de maíz, 30% del extracto de soya y 10% del extracto de ajonjolí.
- D. Realizar una evaluación sensorial de las bebidas obtenidas y determinar la más aceptable.
- E. Tomar pH de la mezcla escogida.
- F. Realizar una evaluación sensorial de aceptabilidad para el producto.

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO



B) Materiales

- Granos de maíz tierno.
- Ajonjolí
- Soya

C) Equipo

- 1 autoclave
- Contenedores de vidrio resistentes al calor y presión
- 1 licuadora
- 1 molino
- 1 estufa
- 1 tamiz o colador
- 1 balanza de brazo
- 1 cuchillo
- 1 tabla de picar

Cristalería

- Balones de digestión
- beakers
- buretas
- erlenmeyers
- probetas
- varillas de agitación

D) Métodos

- Proteína (AOAC 7.015)
- Grasa (AOAC 7.060)
- Sólidos Totales
- Cenizas (AOAC 7.009)

VII. DISEÑO EXPERIMENTAL

a) Unidad Experimental

Se trabajó con maíz tierno, soya blanca de importación y semilla de ajonjolí.

b) Tamaño de Muestra

Para la realización de los extractos se utilizaron 125 g de cada materia prima (maíz tierno, soya blanca y semilla de ajonjolí). Para el estudio se utilizó aproximadamente 7 lb de cada material. Las bebidas preparadas debieron de alcanzar para un análisis sensorial de 15 panelistas, con una muestra de aproximadamente 20 ml.

c) Análisis Estadístico

Los datos que se obtuvieron fueron analizados mediante los siguientes métodos estadísticos:

- **Cálculo de la Desviación Estándar:**

Por medio de la ecuación $s = \sqrt{\Sigma (X_i - m)^2 / (N - 1)}$, donde s = desviación estándar; X_i = dato i de la serie de datos; m = media de la serie; N = número total de medidas.

- **Análisis de Varianza:**

A los resultados obtenidos se les aplicó la prueba de ANDEVA para determinar si existe diferencia significativa entre los datos tabulados. El análisis de varianza se le aplicará a los datos obtenidos de la evaluación sensorial. Si la estimación para la variable independiente es significativamente mayor, la prueba F rechazará la hipótesis de que la variable independiente no es significativa.

El nivel de significancia fue de 0.05 y aplicable para un diseño aleatorio.

VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la elaboración de la leche vegetal se dividió el trabajo en diferentes fases. Lo que se quería era crear una leche vegetal que tuviera propiedades fisicoquímicas parecidas a la leche de vaca y que tuviera un sabor agradable. Para esto se siguieron diferentes pasos, ya que se inició por la selección de las materias primas a utilizar, seguido de la elaboración de los extractos acuosos y su caracterización fisicoquímica parcial. Con base en estos resultados se formularon dos mezclas, con las que se realizaron algunas modificaciones al modo de preparación de los extractos de la materia prima a manera de obtener las características deseadas tanto fisicoquímicamente como organolépticamente. Luego se realizó una evaluación sensorial para seleccionar la leche de mayor aceptabilidad.

Fase 1: Selección y Caracterización de Materia Prima

Para la elaboración de la leche vegetal se seleccionó la materia prima a trabajar con base en su calidad nutricional. Se deseaba obtener una leche vegetal con propiedades fisicoquímicas parecidas a la leche de vaca. Las materias primas escogidas fueron el maíz tierno, la soya y el ajonjolí.

El maíz se seleccionó debido a que es uno de los alimentos más comunes en América Latina, consumido ampliamente por la población en general. Su sabor es agradable al paladar y es muy aceptado por la población guatemalteca. Este es rico en hidratos de carbono pero es deficiente en proteínas, tanto en cantidad como en calidad. El maíz fue tierno, el cual se utiliza con gran frecuencia para la preparación del atol. Es importante que en un futuro se

especifique la edad del maíz, ya que de acuerdo a esto varía la cantidad de sólidos totales presentes en el extracto.

La soya se seleccionó principalmente debido a que su valor nutritivo es relativamente alto. Lo más importante es que el patrón de aminoácidos de la proteína de soya complementa el patrón del maíz, al proporcionar los aminoácidos limitantes del maíz (lisina y triptófano) además de muchos otros aminoácidos esenciales, como la isoleucina, valina, leucina y treonina.

El ajonjolí específicamente se seleccionó por contener los aminoácidos azufrados (metionina y cistina) de los cuales son deficientes tanto el maíz y la soya.

La combinación de estas tres materias primas en las proporciones adecuadas hace en teoría que la bebida elaborada sea de alto valor proteínico.

Ya teniendo seleccionada la materia prima, se realizó un análisis parcial para tener un medio de comparación entre las características fisicoquímicas de la materia prima y de los extractos elaborados. Respecto de los análisis de la materia prima que se indican en la tabla 1, se pudo notar que de las tres materias primas utilizadas, el maíz es el que tiene el mayor porcentaje de humedad (79%), y el ajonjolí y la soya tienen alto porcentaje de sólidos y muy poca humedad. Respecto de los porcentajes de proteína y grasa, la soya es el que tiene mayor contenido de proteína y el ajonjolí el mayor porcentaje de grasa, lo cual obedece a los datos presentados en la teoría.

Tabla # 1: Análisis de Materia Prima

Materia Prima	Sólidos Totales (g/100g)	Proteína (g/100 g) (*)	Grasa (g/100g) (*)
Maíz	21.39 ± 0.15	5.55 ± 0.05	1.50 ± 0.09
Soya	91.96 ± 0.03	34.78 ± 0.76	15.63 ± 0.07
Ajonjolí	95.43 ± 0.01	16.23 ± 0.16	50.79 ± 0.56

* Materia seca

Fase 2: Elaboración y Caracterización de Extractos Acuosa

Después de seleccionar la Materia Prima se elaboraron los tres extractos acuosa por separado, y seguir el procedimiento indicado en la sección de Diseño Experimental.

Este procedimiento es bastante rural y es la forma en la que se prepara artesanalmente el atole de elote. Para la preparación de cada extracto se utilizaron diferentes proporciones de agua y peso de muestra a extraer como se indica en la tabla 2.

Tabla # 2: Preparación de Extractos Acuosa

Extracto	Maíz	Soya	Ajonjolí
Peso de Materia Prima	125 ± 0.05 g	125 ± 0.05 g	125 ± 0.05 g
Volumen de Agua	100 ± 1.0 ml	300 ± 1.0 ml	300 ± 1.0 ml
Gramos de sólidos	26.7 g	114.9 g	119.3 g
G de peso seco/ml	0.267	0.383	0.397
Sólidos totales (g /100 g)	8.15 ± 0.16	9.80 ± 0.73	6.26 ± 0.13

Si se observan los datos de sólidos totales de la materia prima, se pudo ver que en efecto el ajonjolí y la soya requirieron una mayor cantidad de agua para la preparación del extracto debido al bajo contenido de humedad, y por el contrario el maíz necesitó una menor cantidad de agua para la elaboración de su extracto. Sin embargo, para el maíz tierno los sólidos/ml fueron de 0.267, mientras que para la soya y el ajonjolí de 0.383 y 0.392 g/ml respectivamente.

Al utilizar estas cantidades de materia prima y agua se obtuvieron los tres extractos acuosos con los cuales se elaboró la leche vegetal. Una vez obtenidos los extractos, estos se sometieron a ebullición.

Este tratamiento es especialmente importante para el extracto de soya, ya que el calentamiento disminuye el sabor afrijolado de la soya, que en general no es aceptado y el cual es difícil de encubrir aún cuando es utilizado en mezclas. Además, mediante el calentamiento se está disminuyendo o eliminando la actividad antitripsina, la cual es un factor antinutricional.

Ya obtenidos los tres extractos a utilizar para la elaboración de la leche vegetal se procedió a la caracterización química de los mismos. Estos análisis se realizaron en triplicado para mayor exactitud y se resumen en la tabla 3.

En la tabla # 3 se pueden observar los datos obtenidos de proteína, grasa, sólidos totales y cenizas. Se puede observar que el porcentaje de proteína del extracto de maíz y de ajonjolí fue bajo (1.60 g/100 ml y 0.84 g /100 ml), respectivamente. Por el contrario, la proteína obtenida del extracto de soya fue alta (3.01g / 100 ml).

Al realizar el análisis se encontró que los sólidos totales de los tres extractos fueron un poco bajos en comparación con la leche de vaca (13%). El porcentaje mayor fue el de la leche de soya, siendo aún bajo para alcanzar el 13% que se estableció como objetivo.

Los resultados de porcentajes de cenizas reflejan una vez más que la soya es el extracto con porcentaje más elevado de cenizas.

En lo que respecta a los porcentajes de grasa obtenidos, se pudo notar que tanto el extracto de maíz como el de soya tienen un porcentaje de grasa bastante parecido, siendo ligeramente mayor el del extracto de soya. El extracto de ajonjolí mostró un porcentaje bastante elevado (46.13 g / 100ml) debido a que el ajonjolí es una oleaginosa.

En resumen, posiblemente la soya es la materia prima clave para alcanzar los niveles adecuados de proteína, grasa, sólidos totales y cenizas a la hora de realizar la mezcla de los tres extractos.

Tabla # 3: Caracterización de extractos de maíz, soya y ajonjolí

Extracto	Sólidos Totales (g / 100ml)	Cenizas (g / 100ml)	Grasa (g / 100ml)	Proteína (g / 100ml)
Maíz	8.15 ± 0.16	0.44 ± 0.03	5.87 ± 0.57	1.60 ± 0.18
Soya	9.80 ± 0.73	1.63 ± 0.03	6.61 ± 0.53	3.01 ± 0.09
Ajonjolí	6.26 ± 0.13	0.39 ± 0.02	46.13 ± 0.2.4	0.84 ± 0.08

Fase 3: Realización y Caracterización de las Mezclas

Se pretendió que al mezclar los tres extractos se obtuvieran lo más cercano posible las características fisicoquímicas de la leche de vaca. Se realizaron dos mezclas en diferentes

proporciones a manera de obtener las características requeridas, aún conservando un sabor agradable.

Para la mezcla 1 se mezcló 60% del extracto de maíz, 30% del extracto de soya y 10% del extracto de ajonjolí. Para la mezcla 2 se aumentó 10% el porcentaje de maíz y se disminuyó el de soya, y se dejó fijo el porcentaje de ajonjolí, quedando 70% de maíz, 20% de soya y 10% de ajonjolí.

Para estas dos mezclas se realizaron los mismos análisis fisicoquímicos que para cada extracto. En la tabla # 4 se resumen los resultados de dicha caracterización. En esta tabla se incluyen los datos teóricos de la leche de vaca para tener una comparación.

Tabla # 4: Caracterización de las Mezclas de Maíz, Soya y Ajonjolí

Extracto (*)	Sólidos Totales (g / 100ml)	Cenizas (g / 100ml)	Grasa (g / 100ml)	Proteína (g / 100ml)
Mezcla # 1	9.85 ± 0.03	0.69 ± 0.03	13.63 ± 0.19	2.65 ± 0.26
Mezcla # 2	9.77 ± 0.13	0.67 ± 0.02	13.56 ± 1.07	2.00 ± 0.52
Leche de vaca	13.00	0.70	3.00	3.00

(*) Donde: **Mezcla 1:** 60% maíz
30% soya
10% ajonjolí

Mezcla 2: 70% maíz
20% soya
10% ajonjolí

Si se observa la tabla # 4, se puede ver que los resultados de las mezclas no cumplen del todo con los requisitos que se buscaban.

Si se compara con las características fisicoquímicas de la leche (13% de sólidos totales, 3% de proteína, 3% de grasa y 0.7% de cenizas) se puede ver que los sólidos totales de ambas mezclas son demasiado bajos en comparación a la leche animal, lo cual era de esperarse, ya que los sólidos totales de cada extracto individual no alcanzaba este valor.

Lo mismo sucede con la proteína, aunque el porcentaje es bastante aceptable hace falta elevarlo un poco más para que se aproxime al porcentaje de la leche de vaca. Las cenizas sí se aproximan al 0.7% que se buscaba obtener, por lo que en ese aspecto no hay que hacer ninguna modificación. Lo contrario sucedió con el porcentaje de grasa para ambas mezclas, el cual está un poco alto, que se debió posiblemente a la grasa que aporta el ajonjolí. La diferencia que existe en la grasa de la leche de vaca y la de las mezclas, es que la leche de vaca es de origen animal y la de ambas mezclas es de origen vegetal. La grasa proporcionada por el ajonjolí es principalmente no saturada, por lo que contribuye a no elevar el colesterol sanguíneo contrario a una grasa saturada de origen animal. El 13.6% de grasa que contiene en promedio ambas mezclas no es deseable, ya que se aleja del porcentaje de una leche animal y además puede proporcionar una consistencia grasosa a la bebida.

Como los sólidos totales obtenidos para cada extracto individual no fueron lo suficientemente altos para alcanzar el valor deseado, se realizó una modificación en la realización de los extractos de soya y ajonjolí con una cantidad menor de agua, y se obtuvieron sólidos más altos que los iniciales. El diagrama de flujo modificado se puede ver en la sección de anexos.

Tabla # 5: Preparación de Extractos Acuosa

Extracto	Materia Prima	Agua	Sólidos Totales (g/100ml)
Maíz	125 ± 0.05 g	100 ± 1.0 ml	8.15 ± 0.11
Soya	125 ± 0.05 g	250 ± 1.0 ml	12.51 ± 0.15
Ajonjolí	125 ± 0.05 g	250 ± 1.0 ml	11.52 ± 0.09

Los datos de la tabla 5 ya presentan valores más aceptables respecto de sólidos totales y se espera que a la hora de realizar la mezcla se obtenga el porcentaje deseado.

Respecto de la proteína, se trabajó con el extracto de ajonjolí para tratar de elevar el contenido de proteína en este extracto y consecuentemente en ambas mezclas. Lo primero que se hizo fue trabajar con un extracto de ajonjolí al ajustar su pH a neutro (7). Inicialmente el extracto se encontraba a un pH ácido de 5.6. Se utilizó Hidróxido de Sodio 0.1N para ir llevando el pH a 7. El propósito de ajustar el pH fue lograr solubilizar las proteínas a un pH neutro., aumentando la cantidad de proteína en el extracto. Con el mismo propósito de aumentar la proteína en el extracto de ajonjolí se procedió a desgrasar el ajonjolí utilizado para la realización del extracto. La elevada cantidad de grasa en este extracto “disminuye la cantidad de proteína”, por lo que, utilizando hexano se realizó el desgrasado del ajonjolí durante 12 horas.

En la tabla # 6 se pueden observar los datos obtenidos del método modificado con el ajonjolí. Para ambos casos, o sea la eliminación de grasa y el ajuste al pH 7, se elevó la cantidad de proteína. Para el extracto de ajonjolí tratado con hexano el porcentaje de grasa bajó de un 46.33% a un 7.5%, el cual es un porcentaje bastante aceptable.

Tabla # 6 Grasa y Proteína para extractos de ajonjolí

Característica	Ajonjolí a pH 7	Ajonjolí desgrasado
Grasa (g / 100 ml)	46.33 ± 0.90	7.50 ± 0.32
Proteína (g/100 ml)	1.40 ± 0.15	1.33 ± 0.08

Al analizar los datos se escogió el ajonjolí desgrasado, ya que, además de tener un porcentaje de proteína mayor, también tiene un porcentaje de grasa menor. De acuerdo a esto, se procedió a realizar las mezclas al utilizar el extracto escogido y buscando obtener las

características deseadas. Estas mezclas se realizaron en las mismas proporciones realizadas en un inicio, y se obtuvieron los resultados de la tabla # 7.

Tabla # 7: Caracterización de las Mezclas de Maíz, Soya y Ajonjolí desgrasado

Extracto (*)	Sólidos Totales (g / 100ml)	Cenizas (g / 100ml)	Grasa (g / 100ml)	Proteína (g / 100ml)
Mezcla # 3	11.62 ± 0.20	0.65 ± 0.03	6.04 ± 0.10	2.84 ± 0.48
Mezcla # 4	11.76 ± 0.20	0.60 ± 0.03	5.90 ± 0.03	2.55 ± 0.47

(*) Donde: Mezcla 3: 60% maíz
30% soya
10% ajonjolí

Mezcla 4: 70% maíz
20% soya
10% ajonjolí

Los sólidos totales que se obtuvieron fueron mayores, ya que se utilizaron los extractos producidos con menor cantidad de agua. Aunque no se llegó al 13% de sólidos totales que se buscaba los valores adquiridos son bastante aceptables para una bebida de este tipo. Los minerales presentes en la bebida también se aproximan al 0.7 de la leche, cuyo porcentaje se elevó debido a la presencia de la soya en las mezclas. Lo mismo sucedió con la proteína, cuyos valores se aproximaron bastante al 3% que contiene la leche de vaca. El porcentaje de grasa es mayor al porcentaje de la leche pero significativamente menor al de las mezclas 1 y 2 realizadas inicialmente. Además esta grasa, como se mencionó anteriormente, es en su mayoría insaturada, por lo cual no causa mayor problema, en adición a que no se presenta grasosa al tacto.

Ambas mezclas cumplen en buen grado con los requisitos propuestos, por lo que cualquiera de las dos sería aceptable para su consumo. La mezcla 3 presenta mejores valores

que la mezcla 4 por contener 10% más de soya, pero también hay que evaluar, además de las características fisicoquímicas, la aceptabilidad de dichas mezclas.

Otro aspecto importante en la elaboración de la bebida, aparte de las características fisicoquímicas y organolépticas es el rendimiento de dicha bebida. En la tabla 8 se presentan los volúmenes de extracto obtenido y la cantidad de residuo a partir de 125 g de materia prima. A partir de estos datos se calculó cuál es el rendimiento en la elaboración de los extractos acuosos, al obtenerse porcentajes que oscilan desde un 23% del ajonjolí hasta un aproximado 44% para el maíz. Los rendimientos se calcularon en base al porcentaje de sólidos presentes tanto en los extractos como en la materia prima, a partir de la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento} = \frac{(\text{Volumen del extracto} \times \text{Sólidos en el extracto})}{(\text{Peso de materia prima} \times \text{Sólidos de materia prima})} \times 100\%$$

Estos porcentajes de rendimiento son un poco bajos si se considera que solamente el extracto será utilizado y que el residuo será descartado. Para motivos del presente trabajo solamente se utilizó el extracto, pero esto significa grandes pérdidas en lo que es materia prima y por consiguiente en costo. Por esta razón se recomienda en futuros estudios que se utilicen los residuos para la preparación de subproductos de alto contenido nutritivo. Así como se realizó una bebida con 60% de maíz, 30% de soya y 10% de ajonjolí, así se podría elaborar algún subproducto, como es un tamal, con las mismas proporciones, obteniéndose un alimento nutritivo. Se recomienda analizar las características fisicoquímicas de los residuos, especialmente la proteína para determinar en qué proporciones hay que realizar la mezcla para obtener un producto de alto valor nutritivo. Además se recomienda evaluar la

fibra presente en estos residuos, ya que un producto elaborado con base en estos podría presentar un alto contenido de fibra dietética.

Tabla # 8 : Rendimiento en Elaboración de los extractos

Materia Prima	Peso de materia prima	Volumen de Agua	Volumen de Extracto	Peso de Residuo	Rendimiento
Maiz	125 ± 0.05 g	100 ± 1.0 ml	130 ± 1.0 ml	57.50 ± 0.05 g	44%
Soya	125 ± 0.05 g	250 ± 1.0 ml	210 ± 1.0 ml	152.80 ± 0.05 g	24%
Ajonjolí	125 ± 0.05 g	250 ± 1.0 ml	245 ± 1.0 ml	195.40 ± 0.05 g	23%

Tabla # 9 : Sólidos totales presentes en los residuos

Residuo (*)	Sólidos Totales (g / 100ml)
Maíz	13.01 ± 0.30
Soya	79.14 ± 0.13
Ajonjolí	83.01 ± 0.04

También se recomienda para tratar de elevar los rendimientos de la leche vegetal, realizar la extracción a partir de una mezcla inicial de las tres materias primas, ya que se pone especial atención a la extracción de proteínas en el extracto debido a que sería una mezcla de una materia prima húmeda y dos secas (soya y ajonjolí).

Fase 4: Formulación de las Mezclas

Ya que se tuvieron las mezclas con las características químicas deseadas respecto de niveles de proteína, grasa, sólidos totales y cenizas y al tener los datos de la materia prima como comparación, se llevó a cabo la formulación de las mismas a fin de obtener una bebida con olor y sabor agradables. La formulación para la mezcla 3 y 4 respecto del maíz, soya y ajonjolí fue la misma y a las dos se les adicionó azúcar, vainilla y canela, como se indica en la tabla 10.

Tabla # 10: Formulación de Mezclas

% Maíz (vol/vol)	% Soya (vol/vol)	% Ajonjolí (vol/vol)
60%	30%	10%
Azúcar (% peso/volumen)	Vainilla (% volumen/volumen)	Canela en rajas
10%	9%	Al gusto

(*) Donde: Mezcla 3: 60% maíz
30% soya
10% ajonjolí

Mezcla 4: 70% maíz
20% soya
10% ajonjolí

Para que la bebida tomara el sabor se hirvió con estos ingredientes, ya que de esta forma penetrará más el sabor y olor, principalmente de la canela.

Fase 5: Evaluación Sensorial de las Mezclas

Antes de seleccionar la bebida que será envasada solamente basándose en características fisicoquímicas, se realizó una evaluación sensorial para conocer cuál era la más aceptada por el consumidor. Las características que se tomaron en cuenta para dicha evaluación fueron : color, olor, textura y sabor.

La evaluación sensorial se realizó a 30 personas de diferentes edades, tanto hombres como mujeres. 67% de las evaluaciones fueron realizadas por hombres y 33% por mujeres. Las bebidas que se evaluaron fueron: leche de vaca, leche de soya, la mezcla 3 y la mezcla 4. Las cuatro muestras fueron codificadas con números aleatorios de 3 dígitos y presentadas al panelista en recipientes iguales. El panelista debió evaluar las diferentes características con una escala hedónica de 1 a 5 (1= me disgusta mucho hasta 5= me gusta mucho)

Se buscó comparar la aceptabilidad de las mezclas tanto con leche de vaca que es la más popular como con la leche de soya. En la tabla # 11 se resumen los resultados de dicha evaluación. Se puede observar a simple vista, por los porcentajes de aceptabilidad para cada característica, que la leche de vaca es la más aceptada en todo aspecto (color, olor, textura y sabor). Por el contrario, en el otro extremo se encontró que la leche de soya es la menos aceptada, sobre todo en lo que es textura y sabor. Si se examinan los resultados para las dos mezclas se puede observar que no hay mucha diferencia en la aceptabilidad de ambos productos. Esto coincidió para las cuatro características evaluadas. La mayor parte de evaluaciones cayeron en el rango de "Ni me gusta, ni me disgusta" y "Me gusta". Para comprobar que no había diferencia significativa entre ambas mezclas, se realizó un análisis de varianza de un factor con un nivel de significancia de 0.05. Este análisis se encuentra detallado en la sección de anexos. Como era de esperarse, se encontró que no había diferencia significativa en la aceptabilidad de ambas mezclas para las cuatro características.

Estos resultados son satisfactorios ya que se logró enmascarar el sabor a soya en las mezclas, que, según las evaluaciones no es aceptado.

Fase 6: Características de mezcla escogida

La mezcla con mejores características fisicoquímicas fue la mezcla 3 debido a la contribución mayor de nutrientes por parte de la soya. Se esperaba que esta mezcla fuera más aceptada al realizar la evaluación sensorial. Como se explicó anteriormente, no hubo diferencia significativa entre una mezcla y otra, por lo que para el envasado se escogió la mezcla 3 por aproximarse más a las características deseadas.

A esta mezcla se le realizaron análisis físicos como viscosidad, densidad y características organolépticas, y los resultados se describen en la tabla # 12.

Tabla # 12: Características físicas y químicas de la muestra

Color	Olor	Textura	Sabor	Densidad (g/ml)	Viscosidad (Cp)
Amarillo pálido – Aceptable	Dulce (se siente olor a canela y vainilla) – Aceptable	Suave al tragar. Semi-espeso – Aceptable	No deja sabor residual. Sabor leve a canela y vainilla	0.9370	95 cP

- Para una composición de 60% maíz, 30% soya, 10% ajonjolí.

Además se le realizaron análisis de Calcio y Energía en adición a los que se habían realizado anteriormente. En la tabla # 13 se encuentran los datos finales, en comparación con la leche de vaca.

Tabla # 13: Características fisicoquímicas

	Sólidos totales (g/100ml)	Cenizas (g/100ml)	Proteína (g/100ml)	Grasa (g/100g)	Calcio (mg/L)	Energía (Cal/100ml)
Mezcla	11.76	0.60	2.55	6.30	85	360
Leche de vaca	13.00	0.70	3.00	3.00	900	65

Como se puede observar, la leche vegetal elaborada es baja en calcio en comparación con la leche de vaca. El ajonjolí tiene un alto contenido de calcio, pero este solamente

se encuentra presente en 10%, razón por la cual no se ve reflejado en la mezcla. Anteriormente se mencionó que para ajustar el pH del ajonjolí y aumentar el porcentaje de proteína en el extracto se empleó hidróxido de sodio. En este caso se podría aprovechar y utilizar hidróxido de calcio y aumentar el contenido de calcio total en la mezcla. En última instancia se recomienda para futuras investigaciones que se agregue fosfato de calcio a la mezcla para tratar de elevar el contenido de calcio.

Respecto del contenido energético (calorías) de la leche elaborada, se puede observar que es una bebida de alto contenido energético en comparación con la leche de vaca. Esto se debe al contenido de grasa que es aproximadamente el doble que la leche de vaca.

Fase 7: Envasado, Vida de Anaquel y Análisis Microbiológico

La parte final fue el envasado de la muestra y los análisis posteriores de vida de anaquel y análisis microbiológico.

Para el envasado del producto se realizó un calentamiento a 250 °F durante 25 minutos. El envasado se realizó de esta manera, puesto que el pH de la muestra fue de 6.8 ya que se requiere un tratamiento térmico para alimentos de abaja acidez. Se buscó de esta forma lograr un alimento de esterilidad comercial, es decir un alimento cuyas bacterias patógenas han sido eliminadas por completo. Para comprobar dicha condición se realizó un análisis de vida de anaquel, al evaluar cuánto tiempo el producto fue capaz de permanecer sin deteriorarse. Hay que notar que este tratamiento térmico se tiene que estudiar a detalle, para determinar exactamente el método de envasado adecuado para la leche vegetal, tomando en cuenta el tamaño y material del envase, tamaño de la muestra, distribución del calor, etc.

Unido a esto se realizó un análisis de tiempo de sedimentación de sólidos y un recuento total de bacterias, coliformes y E. Coli al mes de ser envasado, para ver si fue capaz

de mantenerse a niveles microbiológicos aceptables. Para este propósito se mantuvo el producto en la refrigeradora, temperatura adecuada para la conservación del atole de elote. El atole no se esterilizó completamente, ya que esto hubiera causado una degradación en la calidad del producto, reflejada en cambios de color, olor, etc.

Se había propuesto tomar el tiempo de sedimentación, pero se observó que en realidad no era un sedimento, sino más bien una separación de fases como es común de observar en un atole de elote. Se tomaron los pesos de las dos fases para ver su evolución semana a semana durante un mes. Al observar la tabla 14, el porcentaje de separación de fases se mantiene bastante constante en cada semana. La fase superior, que es la menos densa es la parte acuosa que se separó del resto de la leche. La separación no es tan marcada ya que con un leve movimiento las dos fases se vuelven a unir, siendo difícil el pesado de las fases por su fácil mezclado. Se pudo notar de esta forma que los tres extractos formaron una mezcla bastante uniforme, lo cual se puede atribuir en parte a la lecitina de la soya que proporciona cierta estabilidad a la mezcla.

Tabla 14 : Sedimentación de la leche vegetal

Fase	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
Fase superior	24 %	25%	24%	25%
Fase inferior	76 %	75 %	76%	75%

Los análisis microbiológicos al mes de envasado se mostraron aceptables, obteniéndose 1800 UFC/ml de bacterias totales, 100 UFC/ml de coliformes y negativo para E. Coli. No se tiene un patrón de comparación por ser un producto nuevo pero los niveles de microorganismos fueron bajos, por lo que se considera que la vida de anaquel del producto alcanza el mes.

IX. CONCLUSIONES

1. La extracción acuosa de maíz, soya y ajonjolí dieron cantidades de sólidos, que en el caso de la soya y el maíz fueron aceptables, no así las del ajonjolí.
2. La extracción de proteína del ajonjolí se mejoró a través de la eliminación de la grasa y ajuste de pH del extracto a 7.
3. El rendimiento de sólidos totales para la elaboración de cada extracto fue de 44% para el extracto de maíz tierno, de 24% para el extracto de soya y 23% para el extracto de ajonjolí.
4. Una bebida vegetal elaborada a base de extractos acuosos de en una proporción de 60% maíz tierno, 30% soya y 10% ajonjolí desgrasado posee una composición similar a la leche de vaca.
5. Según la evaluación sensorial realizada, la leche de vaca tuvo mayor aceptabilidad que la leche de soya y las bebidas vegetales elaboradas. La menos aceptada fue la leche de soya.
6. No existió diferencia significativa en la evaluación sensorial (color, olor, textura y sabor) entre una bebida elaborada en una proporción de 60% maíz tierno, 30% soya y 10% de ajonjolí desgrasado y otra bebida en una proporción de 70% maíz tierno, 20% de soya y 10% ajonjolí desgrasado.
7. Al mes de envasado el producto los análisis microbiológicos se mostraron aceptables: 1800 UFC/ml de bacterias totales, 100 UFC/ml de coliformes y negativo para E.Coli.

X. RECOMENDACIONES

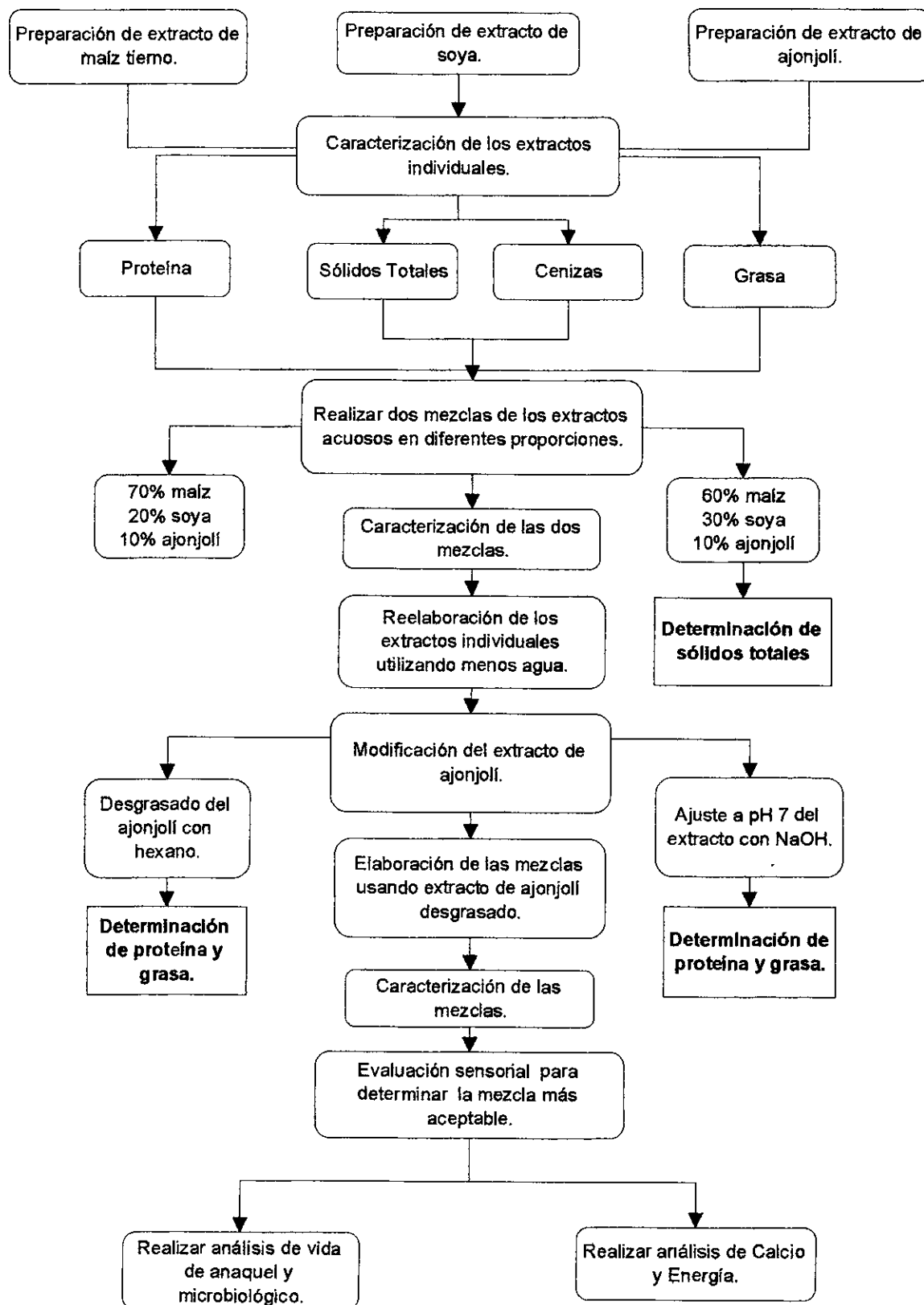
- Mejorar el porcentaje de extracción en sólidos y proteína de la materia prima a través de ajustes en pH, tiempos de extracción, número de extracción y uso de enzimas.
- Realizar una mezcla de las materias primas en seco y realizar una sola extracción para evaluar su rendimiento.
- Evaluar el valor nutritivo y proteínico de la leche vegetal.
- Determinar el proceso de envasado de la leche vegetal.
- Optimizar la composición de la leche vegetal en lo que respecta a niveles de calcio, fósforo, hierro y vitaminas.
- Utilizar los residuos obtenidos de la preparación de los extractos para la elaboración de productos alternativos de alto valor nutritivo.
- Determinar la edad del maíz a utilizar para el extracto con el fin de encontrar el porcentaje óptimo de sólidos.
- Determinar el proceso adecuado para el envasado de la leche vegetal.

XI. BIBLIOGRAFÍA

- (1) Badui, S. 1997 Química de los Alimentos. 3ª. edición. Editorial Alhambra Mexicana, México: 197-201.
- (2) Bressani, R. 1981 "The role of soybeans in food systems" JAOCS. : 392-400.
- (3) Bressani, R., N. Khan. 1987 "Preparation and nutritional quality of high protein food extracts from immature corn, whole soybean and dry whole milk". Plant Foods For Human Nutrition. : 141-149.
- (4) Brito, O. 1998 " La soya: versatilidad para el desarrollo de productos nutritivos y saludables" IV Congreso nacional y I Congreso Centroamericano de la Industria Alimentaria.
- (5) Chen, S. 1986 Principios de la producción de leche de soya. Asociación Americana de soya, México. HN#38 : 27 .
- (6) Golbitz, P. 1998. "Las bebidas a base de soya inundan el mercado de alimentos" Asoc. Americana de Soya: 2-3.
- (7) Golbitz, P. 1998 "Soya: Nutrición, Salud y Productos alimenticios" Asociación Americana de Soya: 2-7 .
- (8) Watson, S. 1987. Corn: Chemistry and Technology. American Association of Cereal Chemists, Estados Unidos: 122-183.

XII. APENDICES

DIAGRAMA DEL PROCESO MODIFICADO



Boleta de Evaluación Sensorial

Fecha: _____

Marque con una equis (X) lo que a continuación se le pregunta:

Sexo: F _____ M _____

Edad:

_____ menos de 15 años

_____ de 26 a 35 años

_____ de 15 a 25 años

_____ más de 35 años

Los recipientes contienen 4 bebidas diferentes, identificadas con un código. Pruebe de izquierda a derecha las muestras y evalúe las distintas características que se le piden de acuerdo a la escala de 1 a 5 que se presenta a continuación.

1	2	3	4	5
Me disgusta mucho	Me disgusta	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta	Me gusta mucho

Código	412	338	108	214
Color				
Olor				
Textura				
Sabor				

¿Cuál muestra prefiere? _____ ¿Por qué? _____

Tablas de Resultados

Tabla # 1: Caracterización de la Materia Prima

Extracto (*)	Sólidos Totales (g / 100ml)	Proteína (g / 100ml)	Grasa / 100g (g)
Maíz (1)	21.16	5.53	1.60
Maíz (2)	21.62	5.60	1.42
Maíz (3)	21.38	5.50	1.48
Soya (1)	91.99	34.89	15.71
Soya (2)	91.93	33.97	15.58
Soya (3)	91.96	35.48	15.60
Ajonjolí (1)	95.44	16.40	51.23
Ajonjolí (2)	95.42	16.10	50.98
Ajonjolí (3)	95.42	16.19	50.16

Tabla # 2: Caracterización de extractos de maíz, soya y ajonjolí iniciales

Extracto	Sólidos Totales (g / 100ml)	Cenizas (g / 100ml)	Grasa (g / 100g)	Proteína (g / 100ml)
Maíz (1)	8.14	0.43	6.30	1.55
Maíz (2)	8.10	0.45	6.40	1.58
Maíz (3)	8.21	0.44	6.02	1.67
Soya (1)	9.93	1.62	6.90	3.04
Soya (2)	9.51	1.62	6.69	2.98
Soya (3)	9.96	1.64	7.05	3.01

Ajonjolí (1)	6.30	0.40	50.88	0.85
Ajonjolí (2)	6.27	0.39	50.01	0.86
Ajonjolí (3)	6.21	0.39	49.23	0.81

Tabla # 3: Caracterización de las Mezclas de Maíz, Soya y Ajonjolí

Extracto (*)	Sólidos Totales (g / 100ml)	Cenizas (g / 100ml)	Grasa (g / 100g)	Proteína (g / 100ml)
Mezcla 1 (1)	9.84	0.70	14.48	2.68
Mezcla 1 (2)	9.86	0.68	14.53	2.72
Mezcla 1 (3)	9.85	0.69	14.61	2.55
Mezcla 2 (1)	9.75	0.67	14.40	2.14
Mezcla 2 (2)	9.74	0.68	13.99	2.06
Mezcla 2 (3)	9.82	0.67	14.72	1.80

Tabla # 4: Sólidos totales de los extractos modificados

Extractos	Sólidos Totales (g/100g)
Maíz (1)	8.18
Maíz (2)	8.16
Maíz (3)	8.11
Soya (1)	12.46
Soya (2)	12.51
Soya (3)	12.56
Ajonjolí (1)	11.49
Ajonjolí (2)	11.55
Ajonjolí (3)	11.52

Tabla 5 : Sólidos totales de residuos

Residuo	Sólidos Totales (g / 100g)
Maíz (1)	13.32
Maíz (2)	12.72
Maíz (3)	12.98
Soya (1)	79.19
Soya (2)	79.23
Soya (3)	78.99
Ajonjolí (1)	83.04
Ajonjolí (2)	83.01
Ajonjolí (3)	82.97

Tabla # 6: Grasa y Proteína para extractos de ajonjolí modificados

Extracto	Grasa (g / 100 g)	Proteína (g/100 ml)
Ajonjolí pH 7 (1)	51.02	1.42
Ajonjolí pH 7 (2)	50.93	1.44
Ajonjolí pH 7 (3)	50.45	1.34
Ajonjolí desgrasado (1)	8.26	1.36
Ajonjolí desgrasado (1)	8.11	1.31
Ajonjolí desgrasado (1)	8.05	1.32

Tabla # 7: Caracterización de las Mezclas de Maíz, Soya y Ajonjolí desgrasado

Extracto (*)	Sólidos Totales (g / 100ml)	Cenizas (g / 100ml)	Grasa (g / 100g)	Proteína (g / 100ml)
Mezcla 3 (1)	11.69	0.65	6.43	2.96
Mezcla 3 (2)	11.62	0.63	6.41	2.91
Mezcla 3 (3)	11.55	0.65	6.36	2.65
Mezcla 4 (1)	11.81	0.59	6.18	2.68
Mezcla 4 (2)	11.79	0.61	6.38	2.37
Mezcla 4 (3)	11.68	0.60	6.34	2.60

COLOR

Análisis de Varianza para las cuatro bebidas

Variaciones	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	F crítico	Diferencia significativa?
Entre las cuatro bebidas	131.6	3	43.9	16.5	5.4E-09	4.0	Si
Dentro de las bebidas	308.3	116	2.7				
Total	439.9	119					

Análisis de Varianza para la bebida 412 y 408

Variaciones	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	F crítico	Diferencia significativa?
Entre las dos bebidas	2.4	1	2.4	1.2	0.3	7.1	No
Dentro de las bebidas	114.9	58	2.0				
Total	117.3	59					

COLOR

Análisis de Varianza para las cuatro bebidas

Variaciones	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	F crítico	Diferencia significativa?
Entre las cuatro bebidas	146.3	3	48.8	17.7	1.6E-09	4.0E+00	Si
Dentro de las bebidas	319.7	116	2.8				
Total	466	119					

Análisis de Varianza para la bebida 412 y 408

Variaciones	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	F crítico	Diferencia significativa?
Entre las dos bebidas	1.1	1	1.1	0.7	0.4	7.1	No
Dentro de las bebidas	90.7	58	1.6				
Total	91.7	59					

TEXTURA

Análisis de Varianza para las cuatro bebidas

Variaciones	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	F crítico	Diferencia significativa?
Entre las cuatro bebidas	258.2	3	86.1	36.5	0.0	4.0	Si
Dentro de las bebidas	273.5	116	2.4				
Total	531.7	119					

Análisis de Varianza para la bebida 412 y 408

Variaciones	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	F crítico	Diferencia significativa?
Entre las dos bebidas	1.7	1	1.7	0.7	0.4	7.1	No
Dentro de las bebidas	129.7	58	2.2				
Total	131.4	59					

SABOR

Análisis de Varianza para las cuatro bebidas

Variaciones	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	F crítico	Diferencia significativa?
Entre las cuatro bebidas	413.2	3	137.7	34.9	0	4.0	Si
Dentro de las bebidas	457.2	116	3.9				
Total	870.4	119					

Análisis de Varianza para la bebida 412 y 408

Variaciones	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	F crítico	Diferencia significativa?
Entre las dos bebidas	0.1	1	0.1	0.0	0.9	7.1	No
Dentro de las bebidas	219.9	58	3.8				
Total	219.9	59					