

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD NUTRICIONAL Y FUNCIONAL DE UNA
HARINA COMPUESTA A PARTIR DE MIJO (*Panicum milliaceum*) Y
ZARAGOZA (*Phaseolus lunatus*)**

RONALD MIGUEL MARSIGLIA FUENTES

**UNIVERSIDAD DE CARTAGENA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS
CARTAGENA DE INDIAS D.T. y C.
2011**

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD NUTRICIONAL Y FUNCIONAL DE UNA
HARINA COMPUESTA A PARTIR DE MIJO (*Panicum milliaceum*) Y
ZARAGOZA (*Phaseolus lunatus*)**

RONALD MIGUEL MARSIGLIA FUENTES

**DIRECTOR.
LUIS MONROY RODRÍGUEZ
Ingeniero Químico**

**ASESOR.
LUIS GARCIA ZAPATEIRO
Magister en Formulación de Productos**

**UNIVERSIDAD DE CARTAGENA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS
CARTAGENA DE INDIAS D.T. y C.
2011**

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del Jurado

Firma del Jurado

DEDICATORIA

Darle gracias a Dios por haberme permitido nacer, crecer y andar en caminos llenos de obstáculos. Por darme la oportunidad de haber estudiado esta carrera que con el paso del tiempo me enamore más de ella y llegar a esta instancia de mi vida para poder ser un profesional y permitirme llegar más lejos así como seguir alcanzando metas de las cuales esta es una de ellas.

Dedico este trabajo a:

Mis abuelos Gladis del Carmen guerrero y Eladio Fuentes de la Barrera que siempre me apoyaron en el camino de la vida y en cualquier cosa que yo necesitara o mi familia.

A mis queridos padres Yojaira Fuentes y Alberto Marsiglia por darme la vida y permitir cumplir mis metas y darme su apoyo.

A mis hermanos Alberto y Xavier que de niño aprendí muchas cosas de ellos y mi hermanito Sebastián.

A toda mi familia de parte de madre y padre por creer en mí. A luz Karime Cortecero por estar conmigo y brindarme su ayuda para culminar este trabajo y a mi sorprendente grupo base, compadre Jesús, luz k, dalma, yoce, David, Alberto, Alexis, cata y por allá en lo lejos chile mi amigo gabo.

Ronald Marsiglia Fuentes

AGRADECIMIENTOS

Mis más sinceros agradecimientos a:

Luis Monroy, director de este trabajo por apoyarme en mi proceso de desarrollo y formación como profesional y por darme su confianza para elaborar este trabajo.

A Edilbert Torregroza, Yesid marrugo, que me permitieron entrar al grupo de investigación PROAL de Ingeniería De Alimentos donde estuve un tiempo y tuve la oportunidad de conocer muchos temas de investigación en todo el país.

A la Universidad de Cartagena y a todos los profesores del programa de Ingeniería de Alimentos especialmente a Jaime Pérez Mendoza y Luis García Zapateiro por su asesoría y apoyo a los estudiantes, y los demás profesores que la verdad sin ellos no pudiera ser profesional.

A la planta procesadora de harina Harinas Tres Castillos, los laboratorios de química de la facultad de química y farmacia así como las plantas pilotos de Ingeniería de Alimentos.

A todos mis compañeros más allegados que me brindaron su confianza y ayuda.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág
RESUMEN.....	12
INTRODUCCIÓN.....	13
1 EVALUACIÓN DE LA CALIDAD NUTRICIONAL Y FUNCIONAL DE UNA HARINA COMPUESTA A PARTIR DE MIJO (<i>Panicum milliaceum</i>) Y ZARAGOZA (<i>Phaseolus lunatus</i>).....	15
2. MARCO TEORICO O CONCEPTUAL.....	16
2.1 ANTECEDENTES.....	16
2.2 GENERALIDADES <i>Phaseolus lunatus</i>	18
2.2.1Taxonomía.....	20
2.2.2 Composición Química y Valor Nutritivo.....	21
2.3. GENERALIDADES <i>Panicum milliaceum</i>	22
2.3.1Taxonomía.....	24
2.3.2 Composición Química y Valor Nutritivo.....	25
2.3.3 Empleo en el Consumo Humano.....	27
2.4CALIDAD NUTRICIONAL.....	28
2.4.1 Proteínas.....	29
2.4.2 Lípidos.....	31
2.4.3Vitaminas.....	33
2.4.4 Minerales.....	35
3 JUSTIFICACION.....	38
4 OBJETIVOS.....	39
4.1 OBJETIVO GENERAL.....	39
4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	39
5 METODOLOGIA.....	40

5.1 TECNICA DE RECOLECCION DE DATOS.....	40
5.1.1 Selección de la Materia Prima.....	40
5.1.2 Obtención de la Harina.....	41
5.1.3 Flujoograma del producto final (análisis nutricional y funcional de la mezcla de mijo y frijol zaragoza.....	42
5.1.4 Características Fisicoquímicas.....	43
5.1.4.1 Acidez y Ph.....	43
5.1.5 Características Físicas o sensoriales.....	43
5.1.6 PROPIEDADES NUTRICIONALES.....	44
5.1.6.1 Digestibilidad in vitro.....	44
5.1.6.1.1 Aparatos.....	45
5.1.6.1.2 Reactivos.....	45
5.1.6.1.3 Extracción.....	46
5.1.6.1.4 Determinación del residuo no digerible.....	47
5.1.7 PROPIEDADES FUNCIONALES.....	49
5.1.7.1 Densidad Aparente.....	49
5.1.7.2 Capacidad de Retención de agua y Capacidad de Hinchamiento e índice de absorción de lípidos.....	49
5.1.7.3 Capacidad de expansión de espuma y Estabilidad de la espuma.....	51
5.1.7.4 Capacidad de Gelificación.....	51
5.1.8 Diseño experimental para la preparación de las mezclas.....	52
5.1.9 Combinación Óptima de HPM/HPL.....	53
6. CALCULOS.....	53
6.1 Rendimiento de la Harina Compuesta.....	53
6.2 Cantidades o valores de representación porcentual de la mezcla.....	53
6.3 Prueba de Acidez.....	54
6.4 pH de la Muestra.....	55
6.5 Densidad Aparente.....	55
6.6 Capacidad de Hinchamiento.....	55
6.7 Capacidad de Retención de agua.....	55
6.8 Índice de Absorción de Lípidos.....	56
6.9 Capacidad de Expansión de espuma.....	56
7. ANALISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	56
7.1 Análisis fisicoquímico de la harina de mijo, frijol y la mezcla de mijo/frijol constituida de 25% de mijo y 75% de frijol.....	58
7.2 Prueba de Acidez.....	59
7.3 Digestibilidad in vitro para la harina de mijo y frijol.....	60
7.4 Capacidad de Hinchamiento.....	60

7.5 Capacidad de Retención de agua.....	62
7.6 Índice de Absorción de Lípidos.....	63
7.7 Capacidad de Expansión de espuma y estabilidad de la espuma.....	64
7.8 Capacidad de Gelificación.....	64
7.9 Densidad Aparente.....	65
7.10 Evaluación de las Características físicas o sensoriales.....	65
CONCLUSIONES.....	68
RECOMENDACIONES.....	69
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	70
ANEXOS.....	75

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A Composición de aminoácidos de semillas de Mucuna.....	76
ANEXO B Zonas de America Donde se cultiva <i>Phaseolus Lunatus</i>	77
ANEXO C Formulario de preferencia para el olor.....	78
ANEXO D Formulario de preferencia para el color.....	79
ANEXO E Formulario de preferencia para la textura.....	80
ANEXO F Fotos.....	81
ANEXO Certificado del laboratorio del programa de Ingeniería de Alimentos Universidad de Cartagena.	
ANEXO Certificado de Análisis de Digestibilidad in vitro.	
ANEXO Certificado de Analisis de las Propiedades fisicoquímicas.	

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. VALOR NUTRICIONAL DE <i>Phaseolus lunatus</i>	22
Tabla2. COMPARACION NUTRICIONAL DE MIJO CON OTROS CEREALES.	26
Tabla3.UTILIZACIÓN ESTIMADA DE MIJO, PROMEDIO DESDE 1981-82 A 2000-2001.....	28
Tabla4.DISEÑO EXPERIMENTAL UTILIZADO PARA OBTENER DIFERENTES COMBINACIONES DE HPM/HPL.....	57
Tabla 5. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE MIJO (<i>Panicum Milliaceum</i>).....	58
Tabla 6. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE FRIJOL (<i>Phaseolus Lunatus</i>).....	58
Tabla 7. COMPOSICIÓN FISICOQUÍMICA DE LA MEZCLA HPL/HPM.....	59
Tabla9. CAPACIDAD DE HINCHAMIENTO DE LA HARINA COMPUESTA A DIFERENTES TEMPERATURAS.....	61

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Comportamiento de la capacidad de hinchamiento con respecto a la temperatura.....	61
FIGURA 2. Prueba de preferencia, color.....	66
FIGURA.3: Prueba de preferencia, olor.....	66
FIGURA.4: Prueba de preferencia, textura.....	67

RESUMEN

El presente estudio tuvo cinco objetivos: 1) Caracterizar las propiedades fisicoquímicas del mijo y zaragoza, 2) Desarrollar una harina compuesta por harina de mijo HPM (*Panicum milliaceum*) y harina de zaragoza HPL (*Phaseolus Lunatus*), 3) Determinar las propiedades fisicoquímicas de la harina compuesta, 4) Evaluar la digestibilidad “in vitro” de la harina compuesta, 5) Evaluar las propiedades funcionales de la harina compuesta. Se aplicó la metodología de superficie de respuesta cualitativa para determinar la combinación de HPL/HPM. La mejor combinación de HPL/HPM fue 75%:25% respectivamente; esta mezcla tuvo contenidos (en base húmeda) de 20,62% de proteína, 2,89% de lípidos y 60,16% de carbohidratos, tuvo un pH de 6.6 y una acidez de 0.0324%. La harina compuesta tuvo 87,97% de digestibilidad de la proteína in vitro y se evaluaron las propiedades funcionales de sus proteínas como son: Capacidad de hinchamiento en un 118.33% a 27°C, capacidad de retención de agua de 10ml/g, índice de absorción de lípidos de 4ml/g; una capacidad de expansión de espuma de 35,64%. La capacidad de gelificación mínima fue del 14% con presencia inestable de gel al 12%, una densidad aparente de 0,28g/ml. La evaluación sensorial con respecto al color resultó en una calificación de: ni claro ni oscuro; de olor agradable y textura poco gruesa. Los resultados indicaron que la harina compuesta por mijo y frijol puede recomendarse en la elaboración de productos que requieran propiedades como las estudiadas y también como ingrediente en el desarrollo de nuevos productos.

INTRODUCCIÓN

La reducción del cultivo y comercialización de los cereales y leguminosas bases de la alimentación tradicional (como el caso del Mijo (*Panicum milliaceum*) y zaragoza (*Phaseolus lunatus*), respectivamente), se debe al poco conocimiento nutricional, y falta de innovación tecnológica en el área alimentaria. (Min. Agricultura 2006).

Por ejemplo, son muy alarmantes cifras del Ministerio de Agricultura donde se puede observar la disminución del área cultivada, el poco rendimiento, y también, el decaimiento en la producción, tanto del mijo (*Panicum milliaceum*) como del frijol Zaragoza (*Phaseolus lunatus*), que se cultiva en la costa atlántica y municipios de la región bolívar como Turbana. Asimismo, según un estudio de finales del 2006 de la Universidad Externado de Colombia: tres niños menores de 5 años mueren diariamente en Colombia debido a una mala nutrición, siendo la primera causa de muerte en infantes de 1 a 2 años. De igual manera, se consideran otras poblaciones vulnerables, como adultos mayores, mujeres embarazadas personas con enfermedades crónicas o terminales. Disponible en (<http://www.universia.net.co/investigacion/destacado/desnutricon-problema-de-mortalidad-en-colombia.html>. Autor: Camilo Calderón Acero – NotiCyT. 8:35 Pm 26 de octubre de 2009).

Implementar mezclas de alimentos como en el caso de un cereal y una leguminosa (Mijo y Frijol) es una alternativa que se puede tener para ayudar a

fortalecer el campo tecnológico y brindar mayor calidad nutricional a la población procurando rescatar la producción de alimentos nativos e implementarlos más al consumo humano.

**1 EVALUACIÓN DE LA CALIDAD NUTRICIONAL Y FUNCIONAL DE UNA
HARINA COMPUESTA A PARTIR DE MIJO (*Panicum milliaceum*) Y
ZARAGOZA (*Phaseolus lunatus*)**

2 MARCO TEORICO O CONCEPTUAL

2.1 ANTECEDENTES

El término de harinas compuestas fue creado en 1964 por la FAO cuando se reconoció la necesidad de buscar una solución para los países que no producen trigo. Empezamos primordialmente utilizando la tecnología de harinas compuestas para demostrar procedimiento de mezclar harina de trigo con harinas de cereales y leguminosas para hacer panes y galletas. Sin embargo, la mezcla de harinas de otros cereales, de raíces y tubérculos de leguminosas u otras materias primas puede también considerarse como una tecnología de harinas compuestas. (Dendy. 1992).

Según la FAO, la definición de harinas compuestas se refiere a mezclas elaboradas para producir alimentos de harina de trigo como pan, pastas y galletas. Las harinas compuestas también pueden prepararse a base de otros cereales que no sea el trigo y de otras fuentes de origen vegetal y pueden o no contener harina de trigo.

Aunque cabe considerar que el concepto de harinas compuestas incluyen dos grupos adicionales al de la elaboración de alimentos con alto valor nutritivo, estos son:

- Los representados por la adición de proteínas suplementarias a los cereales

- Los conformados por harinas compuestas a base de cereales, leguminosas u otras.

Lo que se pone a considerar en este proyecto es el contenido y la calidad proteica de las mezclas para ello nos basamos en que la calidad de la proteína está en función primordialmente de su composición en aminoácidos esenciales y para analizar la calidad de la proteína Block y Mitchell (1946) han introducido el concepto de puntuación química. Según esta, idea el porcentaje de un aminoácido esencial que se hallaba en un déficit máximo frente a la cantidad presente en una proteína normal o de referencia se denominaba puntuación aminoácido o química de una proteína.

Una de las recomendaciones más destacables para lograr productos de alto valor nutritivo y bajo costo, es el mejoramiento de alimentos de consumo masivo, que por su origen sean deficitarios tal como ocurre con aquellos a base de cereales y tubérculos (pan, fideos, galletas, tortillas, etc.). Este mejoramiento se puede obtener mediante la complementación de aminoácidos entre las proteínas de esos alimentos y las de otra fuente disponible. (Malleshi, N.G. & Desikachar, H.S.R. 1986a).

Las deficiencias citadas no significan que los cereales carezcan de utilidad o que no pueden ser empleados en la nutrición humana. El interés primordial se centra en la habilidad de mezclarlos para incrementar el valor nutritivo de la mezcla, ya que un patrón deficiente de aminoácidos en una proteína dada puede ser

corregido parcial o totalmente suplementándolo con otros o mediante la adición de aminoácidos puros. El proceso de incrementar el valor nutritivo de una proteína en una dieta mixta se realiza mezclando dos o más de los elementos que lo integran en las proporciones adecuadas. Así, por ejemplo, la deficiencia de lisina de los cereales esta balanceada por el exceso de lisina en las leguminosas y la deficiencia de los aminoácidos azufrados (metionina) de las leguminosas esta balanceada por el exceso de la misma en los cereales. (Malleshi, N.G. & Desikachar, H.S.R, 1986a).

El resultado final que se busca es una harina mixta vegetal o harina compuesta, que contiene los niveles óptimos de proteínas y de aminoácidos necesarios para satisfacer los requerimientos nutricionales de la población. (Aliá, S. & Geervani, P. 1981).

2.2 GENERALIDADES *Phaseolus lunatus*

El género *Phaseolus* ha sido un importante recurso agrícola en América y en el viejo mundo, donde se ha consumido como semilla seca, como vaina verde o como un producto procesado. Es una importante fuente de proteína y de calorías para la dieta humana en África y en América, donde es un suplemento de la dieta calórica basada en maíz, yuca, ñame y arroz (*Oryza sativa*).

En la Costa Atlántica colombiana, las leguminosas preferidas son el frijol criollo (*Vigna unguiculata*), en las variedades de semilla blanca y negra que se consume abundantemente durante la semana santa; la habichuela (*Vigna sesquipedalis*) cuyas vainas y semillas se consumen tiernas; el guandú (*Cajanus cajan*); y la carauta (*Phaseolus lunatus*).

El frijol lima (*Phaseolus lunatus L*) denominada haba de lima, frijolillo, poroto de manteca, judi6n, frisol calentaneo, pallares, carauta, caraura y zaragoza en la Costa Atlántica (Costa Caribe) de Colombia es originaria de Guatemala, domesticado hace 1400 o 1800 a6os. Es una leguminosa de grano que ha estado ligada a la cultura y a las tradiciones ind6genas y mestizas de esta regi6n de Colombia. Este frijol se distribuye desde la península de la Guajira hasta el Golfo de Dari6n, en los l6mites con Panamá. Sin embargo, a excepci6n de algunas zonas de la sabana de Sucre y del Bajo Magdalena, su producci6n y su consumo son marginales y no se vende en los mercados regionales.

En el Resguardo Ind6gena de San Andr6s de Sotavento, perteneciente a la etnia Sinú, existe la memoria hist6rica del cultivo de carauta y se han mantenido algunas tradiciones agr6colas alrededor de la asociaci6n del ma6z, la yuca y el ñame. Se consider6, por tanto, pertinente iniciar en la zona un programa de fomento del cultivo y hacer all6 una evaluaci6n de la aceptaci6n del frijol entre las comunidades ind6genas.

El nombre carauta se deriva, posiblemente, de los carautas , una tribu caribe que se asentó entre los ríos Sinú y León, cerca de la frontera colombo panameña. La carauta tiene demanda en los mercados de Barranquilla como semilla tierna, tipo sieva de color blanco, que se produce en las riberas del Bajo Magdalena. Así mismo, se expende en los mercados de las sabanas de Sucre (Sincelejo, Corozal, Ovejas, Chalán y Colosó) y de Bolívar (El Carmen, San Juan y San Jacinto), como semilla seca y tierna, tipo sieva, de color rojo con vetas negras y blanco con vetas rojas. (Rincón Sepúlveda, Et al, 1982).

Se consume en estado tierno y recién cocinado, enlatado, congelado y seco. Existe un pequeño comercio de exportación de éste producto a otros países fríos donde no puede cultivarse. Esta legumbre se produce especialmente en climas tropicales y subtropicales. Según los climas puede comportarse como una anual o como una bienal. La cosecha empieza pasados 100 días de siembra y puede continuar durante algunos meses (Harrinsón, S. G, et al, 1998).

2.2.1 TAXONOMIA

Nombre Científico: *Phaseolus lunatus* L.

Nombres Comunes: Fríjol Zaragoza, Zaragoza, Carauta Fríjol Lima, Chilipuca, Frijolillo, Izatagapa, Haba Lima, Judía Lima.

Otros Idiomas: Lima beam, butter bean.

Reino : Vegetal

Clase : Angiospermae.

Subclase : Dicotyledoneae

Orden : Leguminosae

Familia : Papilionaceae (Fabaceae)

Género : Phaseolus

Especie : Lunatus (Harrinsón, S. G, et al. 1998).

2.2.2 COMPOSICIÓN QUÍMICA Y VALOR NUTRITIVO

En general la semilla de leguminosa es conocida como la “carne de los pobres” por sus cualidades nutricionales muy apetecidas; contiene un alto valor de hierro (10.9mg), proteínas (hasta 24.4g), calcio (243mg), tiamina, riboflavina y niacina. Tiene una alta concentración de lisina y brinda un buen aporte de carbohidratos, minerales y vitaminas del complejo B. Las propiedades nutricionales de *P. lunatus* son muy similares a las de frijól común. Sólo el porcentaje de proteínas cruda es un poco más elevado en el casos de *P. lunatus*. (Domínguez R., et al 2002).

Tabla 1: VALOR NUTRICIONAL DE *Phaseolus lunatus*

COMPONENTE	<i>Phaseolus lunatus</i>
Proteína cruda %	7.2-32.1
Grasa %	0.5-3.2
Carbohidratos %	49.4-66.0
Fibra cruda %	3.0-6.0
Ceniza %	2.7-4.5
Agua %	6.0-13.2
Alanina	4.9
Arginina	5.7
Asparaginina	11.8
Cistina	1.2
Glutamina	13.5
Glicina	5.3
Lisina	6.1
Meteonina	1.2
Fenilamina	5.7
Histidina	2.9
Isoleucina	5.3
Leucina	7.8
Prolina	4.1
Serina	6.1
Treonina	3.6
Triptofano	1.2
Tirosina	3.6
Valina	6.1

Fuente: EVANS, R.G.; BAVER D.H.; SISAK K.A. & RYAN P.A, 1974.

2.3 GENERALIDADES *Panicum milliaceum*

El mijo común (*Panicum milliaceum* L.) también se conoce como proso, mijo de puerco, millo, mijo ruso y maíz pardo. Es un mijo que se cultiva desde hace muchísimo tiempo; es el milium de los romanos y el verdadero mijo de que nos habla la historia. Lo cultivaron los primitivos habitantes lacustres en Europa. Se

creo que fue domesticado en Asia central y oriental y debido a su capacidad para madurar rápidamente fue a menudo cultivado por los nómadas.

Se trata de una planta de raíces someras cuya altura varía entre los 30 y 100 cm. El grano contiene un porcentaje comparativamente mayor de fibra indigestible debido a que las semillas están encerradas en las cáscaras y son de difícil separación mediante el proceso tradicional de molturación. El peso de 1000 semillas es de unos 5 g (variando entre 4,7 y 7,2 g). Se presta especialmente para ambientes continentales áridos y se cultiva en climas más templados en comparación con otros mijos. Los mijos han sido alimentos básicos importantes en las zonas tropicales semiáridas de Asia y África a lo largo de muchos siglos. Estos cultivos siguen todavía siendo las fuentes principales de energía, proteínas, vitaminas y minerales para millones de los habitantes más pobres de esas regiones.

En general, los métodos industriales para la transformación del mijo no están tan bien desarrollados como lo están los que se emplean para transformar el trigo y el arroz, cereales que en la mayoría de los lugares se tienen en mucha mayor consideración que el mijo. Las posibilidades de transformación industrial del mijo son buenas y en varios países se ha intentado desarrollar técnicas industriales mejoradas. La molturación de encargo o a gusto del cliente, práctica que se ha implantado recientemente, ha tenido un gran impacto en varios países africanos. Sólo en Nigeria, un 80 por ciento del sorgo y el mijo se muelen ahora por encargo

para su transformación en harina integral. (Jamb Nathan, R. & Subramanian, V, 1988.

2.3.1 TAXONOMIA

Nombre Científico: *Panicum milliaceum L*

Nombres Comunes: mijo de puerco, millo, mijo ruso y maíz pardo.

Reino : Vegetal

Clase : Angiospermae

Subclase : monotyledoneae

Orden : Grammitidaceae

Familia : Herbaceae

Género : Panicum

Especie : Milliaceum

Fuente: FAO, 2002

2.3.2 COMPOSICION QUIMICA Y VALOR NUTRITIVO

El salvado de mijo es bajo en mineral pero notablemente rico en proteína. En el mijo perla, la parte del germen es relativamente grande. También es rica en aceite (32 por ciento), proteína (19 por ciento) y ceniza (10,4 por ciento). Prácticamente todo el aceite (87 por ciento) del grano entero se halla en la parte del germen, que también contribuye a más del 72 por ciento de la materia mineral total. Los granos de este cereal contienen una mayor concentración de minerales en el germen y en las capas de salvado que en el endospermo.(MacMasters et al, 1971).

De los 30 millones de toneladas de mijo producidas en el mundo, un 90 por ciento se utiliza en los países en desarrollo y sólo un exiguo volumen se emplea en los países desarrollados fuera de los territorios que fueron de la Unión Soviética. No se dispone de datos estadísticos exactos para la mayoría de los países aunque se estima que se consumen en total 20 millones de toneladas en alimentación humana, dividiéndose el resto por igual entre piensos y otros usos como semillas, preparación de bebidas alcohólicas y desechos. Se estima que a seis países (China, Etiopía, la India, el Níger, Nigeria y los territorios que fueron de la Unión Soviética) corresponde un 80 por ciento aproximadamente de la utilización mundial de mijo. (Jambunathan y Subramanian, 1988.)

Tabla 2. COMPARACION NUTRICONAL CON OTROS CEREALES

Alimento	Proteína (g)	Grasa (g)	Ceniza (g)	Fibra cruda (g)	Carbohidratos (g)	Energía (kcal)	Calcio (mg)	Hiero (mg)	Tiamin (mg)	Ribo flavina (mg)	Niacina (mg)
Arroz (pardo)	7.9	2,7	1,3	1,0	76,0	362	33	1,8	0,41	0,04	4,3
Trigo	11,6	2,0	1,6	2,0	71,0	348	30	3,5	0,41	0,10	5,1
Maíz	9.2	4,6	1,2	2,8	73,0	358	26	2,7	0,38	0,20	3,6
Sorgo	10,4	3,1	1,6	2,0	70.7	329	25	5,4	0.38	0,15	4,3
Mijo perla	11.8	4,8	2,2	2,3	67,0	363	42	11,0	0.38	0,21	2,8
Mijo coracán	7,7	1,5	2,6	3,6	72,6	336	350	3,9	0,42	0,19	1,1
Mijo cola de zorra	11,2	4,0	3,3	6,7	63,2	351	31	2,8	0,59	0,11	3,2
Mijo común	12,5	3,5	3,1	5,2	63,8	364	8	2,9	0,41	0,28	4,5
Mijo menor	9,7	5,2	5,4	7,6	60,9	329	17	9,3	0,30	0,09	3,2
Mijo Kodo	9 8	3 6	3	5,2	66 6	353	35	1 7	n 1 5	n 09	2,0

Todos los valores a excepción de la proteína se expresan en peso seco. Fuente: (Jambunathan y Subramanian, 1988.)

2.3.3 EMPLEO EN EL CONSUMO HUMANO

El análisis por países demuestra que el consumo humano per cápita de mijo varía considerablemente entre países aunque es máximo en África. En el Sahel, se estima que el mijo representa un tercio del consumo total humano de cereales en Burkina Faso, el Chad y Gambia; aproximadamente un 40 por ciento en Malí y el Senegal y más de dos tercios en el Níger. Otros países africanos donde el mijo es un importante artículo alimenticio son Etiopía, Nigeria y Uganda. Para muchos otros países, especialmente en el África oriental y central pero también en las zonas septentrionales de los países del litoral de África occidental, el mijo es un importante artículo alimenticio para la población que vive en las partes más áridas de esos países.

En los países en desarrollo fuera de África, el mijo como alimento tiene importancia local en algunas partes de países como China, la India, Myanmar y la República Popular Democrática de Corea. Aunque en los mayores países consumidores, es decir, China y la India, los niveles nacionales per cápita son más bien pequeñas, la utilización del mijo para consumo humano reviste importancia en algunas zonas de esos países. (FAO, 2002)

Tabla 3: Utilización estimada de mijo, promedio desde 1981-82 a 2000-2001

Región o país	Consumo humano (10³ t)	Pienso (10³ t)	Otros usos (10³ t)	Total (10³ t)	Utilización alimentaria (kg/persona/año)
África	7094	122	1 921	9137	13,5
Burkina Faso	381	-	60	441	50,8
Etiopía	1020	-	196	1216	24,9
Malí	516	1	88	605	67,7
Níger	977	21	215	1 213	168,9
Nigeria	2 365	86	700	3151	26,5
Senegal	397	2	80	479	64,4
Uganda	259	47	150	456	17,8
Asia	14 441	1665	1305	17 411	5,3
China	4 857	1 120	480	6 457	4,7
India	8794	150	710	9664	11,9
América Central	-	-	-	-	-
América del sur	-	91	5	96	
América del Norte	-	104	6	110	
Europa	-	104	6	110	
ex URSS	800	1 107	400	2 307	2,9
Oceanía	-	13	2	15	
Total mundial	22335	3144	3642	29121	4,8
Total de países en desarrollo	21535	1878	3231	26644	6,1

Fuente: (FAO, 2002)

2.4 CALIDAD NUTRICIONAL

La calidad nutricional de un alimento se mide de acuerdo a la cantidad de nutrientes esenciales que aportan al organismo para su buen desarrollo y funcionamiento. (Malleshi et al., 1986).

2.4.1 PROTEINAS

La calidad de una proteína en general se define como la capacidad para proveer los requerimientos de nitrógeno y aminoácidos esenciales de un organismo. De tal manera que la calidad, el valor o el balance de una proteína alimentaria depende del tipo y de la cantidad de aminoácidos que contiene, y representa una medida de la eficacia con que puede ser utilizada por el organismo. (Malleshi et al., 1986).

El valor nutricional de un alimento proteico depende de su composición en aminoácidos. Si contiene un porcentaje menor que el necesario de alguno de los aminoácidos esenciales, su valor nutricional será proporcionalmente menor que el que tendría si contuviera una proporción suficiente de todos ellos. Es necesario prestar especial atención a los contenidos de lisina y de metionina, ya que existen proteínas (sobre todo vegetales) seriamente deficientes en ellos. El triptófano y la treonina pueden ser escasos en proteínas muy peculiares (como la gelatina), mientras que los demás aminoácidos esenciales se encuentran en proporciones suficientes en todas las proteínas.

El valor químico (o "puntuación química") de una proteína se define como el cociente entre los miligramos del aminoácido limitante existentes por gramo de la

proteína en cuestión y los miligramos del mismo aminoácido por gramo de una proteína de referencia. El aminoácido limitante es aquel en el que el déficit es mayor comparado con la proteína de referencia, es decir, aquel que, una vez realizado el cálculo, da un valor químico más bajo. La "proteína de referencia" es una proteína teórica definida por la FAO con la composición adecuada para satisfacer correctamente las necesidades proteicas. Se han fijado distintas proteínas de referencia dependiendo de la edad, ya que las necesidades de aminoácidos esenciales son distintas. Las proteínas de los cereales son en general severamente deficientes en lisina, mientras que las de las leguminosas lo son en aminoácidos azufrados (metionina y cisteína). Las proteínas animales tienen en general composiciones más próximas a la considerada ideal. (Malleshi et al., 1986).

El valor químico de una proteína no tiene en cuenta otros factores, como la digestibilidad de la proteína o el hecho de que algunos aminoácidos pueden estar en formas químicas no utilizables. Sin embargo, es el único fácilmente medible. Los otros parámetros utilizados para evaluar la calidad de una proteína (coeficiente de digestibilidad, valor biológico o utilización neta de proteína) se obtienen a partir de experimentos dietéticos con animales o con voluntarios humanos.

Cuando se combinan en una misma comida proteínas que compensen sus deficiencias en aminoácidos esenciales (una proteína deficiente en lisina, pero

con exceso de metionina, con una deficiente en metionina pero con exceso de lisina) el resultado es una proteína de buena calidad nutricional. A esto se le llama "suplementación" de proteínas. Probablemente la observación empírica durante siglos del mejor valor nutricional de este tipo de combinaciones está en el origen de alimentos populares como el cocido o las judías con arroz (que permiten compensar las deficiencias en lisina y metionina de cereales y leguminosas, respectivamente), o las combinaciones de productos lácteos con cereales, como el arroz con leche o las pizzas. (FAO, 2008).

2.4.2 LIPIDOS

Químicamente, los lípidos son generalmente triésteres del glicerol y ácidos grasos. Las grasas pueden ser sólidas o líquidas a temperatura ambiente, dependiendo de su estructura y composición. Aunque las palabras "aceites", "grasas" y "lípidos" son todas usadas para referirse a las grasas, la palabra "aceites" es usualmente usada para referirse a lípidos que son líquidos a temperatura ambiente, mientras que la palabra "grasas" es usada para referirse a los lípidos sólidos a temperatura ambiente. La palabra "lípidos" es usada para referirse a ambos tipos, líquidos y sólidos. La palabra "aceites" es usada para cualquier sustancia que no se mezcla con el agua y es grasosa, tales como el petróleo y el aceite de cocina, sin importar su estructura química.

En función del tipo de ácidos grasos que formen predominantemente las grasas, y en particular por el grado de insaturación (número de enlaces dobles o triples) de los ácidos grasos, podemos distinguir.

- **Grasas saturadas:** formadas mayoritariamente por ácidos grasos saturados. Este tipo de grasas es sólida a temperatura ambiente. Las grasas formadas por ácidos grasos de cadena larga (más de 8 átomos de carbono), como los ácidos láurico, mirístico y palmítico, se consideran que elevan los niveles plasmáticos de colesterol asociado a las lipoproteínas LDL. Sin embargo, las grasas saturadas basadas en el esteárico tienen un efecto neutro..

- **Grasas insaturadas:** formadas principalmente por ácidos grasos insaturados como el oleico o el palmitoleico. Son líquidas a temperatura ambiente y comúnmente se les conoce como *aceites*. Pueden ser por ejemplo el aceite de oliva, de girasol, de maíz. Son las más beneficiosas para el cuerpo humano por sus efectos sobre los lípidos plasmáticos y algunas contienen ácidos grasos que son **nutrientes esenciales**, ya que el organismo no puede fabricarlos y el único modo de conseguirlos es mediante ingestión directa. Ejemplos de grasas insaturadas son los aceites comestibles. Las grasas insaturadas pueden subdividirse en:

- Grasas monoinsaturadas. Son las que reducen los niveles plasmáticos de colesterol asociado a las lipoproteínas LDL (las que tienen efectos aterogénicos, por lo que popularmente se denominan "colesterol malo"). Se encuentran en el

aceite de oliva, el aguacate, y algunos frutos secos. Elevan los niveles de lipoproteínas HDL (llamadas comúnmente *colesterol "bueno"*).

- Grasas poliinsaturadas (formadas por ácidos grasos de las series omega-3, omega-6). Los efectos de estas grasas sobre los niveles de colesterol plasmático dependen de la serie a la que pertenezcan los ácidos grasos constituyentes. Así, por ejemplo, las grasas ricas en ácidos grasos de la serie omega-6 reducen los niveles de las lipoproteínas LDL y HDL, incluso más que las grasas ricas en ácidos grasos monoinsaturados. Por el contrario, las grasas ricas en ácidos grasos de la serie omega-3 (ácido docosahexaenoico y ácido eicosapentaenoico) tienen un efecto más reducido, si bien disminuyen los niveles de triacilglicéridos plasmáticos. Se encuentran en la mayoría de los pescados azules (bonito, atún, salmón, etc.), semillas oleaginosas y algunos frutos secos (nuez, almendra, avellana, etc.).

- **Grasas trans:** Se obtienen a partir de la hidrogenación de los aceites vegetales, por lo cual pasan a ser de insaturadas a poseer ácidos grasos trans. Son mucho más perjudiciales que las saturadas, ya que son altamente aterogénicas y pueden contribuir a elevar los niveles de lipoproteínas LDL y los triglicéridos, haciendo descender peligrosamente los niveles de lipoproteínas HDL. Ejemplos de alimentos que contienen estos ácidos grasos son: la manteca vegetal, margarina y cualquier alimento elaborado con estos ingredientes. (FAO,2008).

2.4.3 VITAMINAS

Son compuestos heterogéneos imprescindibles para la vida, que al ingerirlas de forma equilibrada y en dosis esenciales puede ser trascendental para promover el correcto funcionamiento fisiológico. La gran mayoría de las vitaminas esenciales no pueden ser sintetizadas (elaboradas) por el organismo, por lo que éste no puede obtenerlos más que a través de la ingesta equilibrada de vitaminas contenidas en los alimentos naturales. Las vitaminas son nutrientes que junto a otros elementos nutricionales actúan como catalizadoras de todos los procesos fisiológicos (directa e indirectamente). Las vitaminas son precursoras de coenzimas, (aunque no son propiamente enzimas) grupos prostéticos de las enzimas. Esto significa, que la molécula de la vitamina, con un pequeño cambio en su estructura, pasa a ser la molécula activa, sea ésta coenzima o no.

Los requisitos mínimos diarios de las vitaminas no son muy altos, se necesitan tan solo dosis de miligramos o microgramos contenidas en grandes cantidades (proporcionalmente hablando) de alimentos naturales. Tanto la deficiencia como el exceso de los niveles vitamínicos corporales pueden producir enfermedades que van desde leves a graves e incluso muy graves como la pelagra o la demencia entre otras, e incluso la muerte. Algunas pueden servir como ayuda a las enzimas que actúan como cofactor, como es el caso de las vitaminas hidrosolubles.

La deficiencia de vitaminas se denomina avitaminosis, no "hipovitaminosis", mientras que el nivel excesivo de vitaminas se denomina hipervitaminosis.

Está demostrado que las vitaminas del grupo "B" (complejo B) son imprescindibles para el correcto funcionamiento del cerebro y el metabolismo corporal. Este grupo es hidrosoluble (solubles en agua) debido a esto son eliminadas principalmente por la orina, lo cual hace que sea necesaria la ingesta diaria y constante de todas las vitaminas del complejo "B" (contenidas en los alimentos naturales).

Las vitaminas se pueden clasificar según su solubilidad: si lo son en agua *hidrosolubles* o si lo son en lípidos *liposolubles*. En los seres humanos hay 13 vitaminas, 9 hidrosolubles (8 del complejo B y la vitamina C) y 4 liposolubles (A, D, E y K). (FAO, 2008).

2.4.4 MINERALES

Son moléculas inorgánicas de fácil ionización en presencia de agua y que en los seres vivos aparecen tanto precipitadas como disueltas.

Las sales minerales disueltas en agua siempre están ionizadas. Estas sales tienen función estructural y funciones de regulación del pH, de la presión osmótica y de reacciones bioquímicas, en las que intervienen iones específicos. Participan en reacciones químicas a niveles electrolíticos.

Los minerales se pueden encontrar en los seres vivos como sales minerales de tres formas:

Precipitadas

Constituyen estructuras sólidas:

- Silicatos: caparazones de algunos organismos (diatomeas), espículas de algunas esponjas y estructura de sostén en algunos vegetales (gramíneas).
- Carbonato cálcico: caparazones de algunos protozoos marinos, esqueletos externos de corales, moluscos y artrópodos, así como estructuras duras.
- Fosfato de calcio: esqueleto de vertebrados.

En forma precipitada, las sales minerales, forman estructuras duras, que proporcionan estructura o protección al ser que las posee.

Disueltas

Las sales disueltas en agua manifiestan cargas positivas o negativas. Los cationes más abundantes en la composición de los seres vivos son Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} ... Los aniones más representativos en la composición de los seres vivos son Cl^- , PO_4^{3-} , CO_3^{2-} ... Las sales disueltas en agua pueden realizar funciones tales como:

- Mantener el grado de salinidad.
- Amortiguar cambios de pH, mediante el efecto tampón.
- Controlar la contracción muscular
- Producir gradientes electroquímicos
- Estabilizar dispersiones coloidales.
- Intervienen en el equilibrio osmótico.

Asociadas a moléculas orgánicas

Dentro de este grupo se encuentran las fosfoproteínas, los fosfolípidos y fosfoglicéridos.

Los iones de las sales pueden asociarse a moléculas, realizando funciones que tanto el ión como la molécula no realizarían por separado.

De tal manera que las sales minerales están asociadas a las moléculas orgánicas.

Función de las sales minerales

Al igual de las vitaminas, no aportan energía sino que cumplen otras funciones:

- Forman parte de la estructura ósea y dental (calcio, fósforo, magnesio y flúor).
- Regulan el balance del agua dentro y fuera de la célula (electrolitos).
- Intervienen en la excitabilidad nerviosa y en la actividad muscular (calcio, magnesio).
- Permiten la entrada de sustancias a las células (la glucosa necesita del sodio para poder ser aprovechada como fuente de energía a nivel celular).
- Colaboran en procesos metabólicos (el cromo es necesario para el funcionamiento de la insulina, el selenio participa como un antioxidante).
- Intervienen en el buen funcionamiento del sistema inmunológico (zinc, selenio, cobre). Además, forman parte de moléculas de gran tamaño como la hemoglobina de la sangre y la clorofila en los vegetales. (FAO, 2008)

3 JUSTIFICACION.

En Colombia la producción agrícola de Mijo (*Panicum milliaceum*) y Zaragoza (*Phaseolus lunatus*), ha venido decayendo significativamente, esto se debe a que los ciudadanos tienen poco conocimiento de las propiedades funcionales y nutricionales de estos alimentos y por ende no le prestan atención, lo que queremos con este proyecto es fomentar el cultivo, el consumo, así como su aprovechamiento tecnológico. (Min. Agricultura, 2006)

¿Por qué escoger un cereal y una leguminosa?, porque en estudios hechos anteriormente se ha demostrado que estos dos alimentos son complementarios y sus mezcla nos pueden dar un mejor rendimiento proteico y tener una proteína más completa, y por ende una mejor calidad nutricional (Malleshi et al., 1986).

Fomentar el consumo de mijo (*Panicum milliaceum*) y zaragoza (*Phaseolus lunatus*) y el desarrollo de nuevas líneas tecnológicas innovadoras. Ya que está enfocado hacia una salida al problema de la desnutrición infantil y poblaciones vulnerables, como adultos mayores, mujeres embarazadas y personas con enfermedades crónicas o terminales.

En estudios recientes de la FAO donde se hizo un estudio comparativo de cereales se pudo observar que el mijo tiene un alto contenido proteico, siendo el de este mayor que otros que son altamente conocidos y consumidos a nivel mundial como el arroz, trigo y maíz, pero que su aprovechamiento tecnológico – industrial en el sector alimentario es muy bajo. (FAO, 2008).

4 OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la calidad nutricional y funcional de una harina compuesta a partir de Mijo (*Panicum milliaceum*) y zaragoza (*Phaseolus lunatus*).

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desarrollar una harina compuesta a partir de zaragoza (*Phaseolus lunatus*) y mijo (*Panicum milliaceum*).
- Caracterizar las propiedades fisicoquímicas del mijo (*Panicum milliaceum*) y zaragoza (*Phaseolus lunatus*).
- Determinar las características físicas y químicas de la harina compuesta.
- Evaluar la digestibilidad “in vitro” de la harina compuesta.
- Evaluar las propiedades funcionales de la harina compuesta.

5 METODOLOGIA

Este trabajo de investigación, es de tipo experimental, por que se establece una relación de causa efecto donde se cuantificara, a partir de los vegetales estudio de la mezcla orientado a la determinación de algunas propiedades funcionales y nutricionales para su posible utilización en la industria alimenticia en general.

5.1 TECNICA DE RECOLECCION DE DATOS

Para adelantar el proceso de recolección de información, así como la que nos permitieron analizar e interpretar los análisis obtenidos, se utilizaron las siguientes técnicas y procedimientos.

5.1.1. SELECCIÓN DE LA MATERIA PRIMA

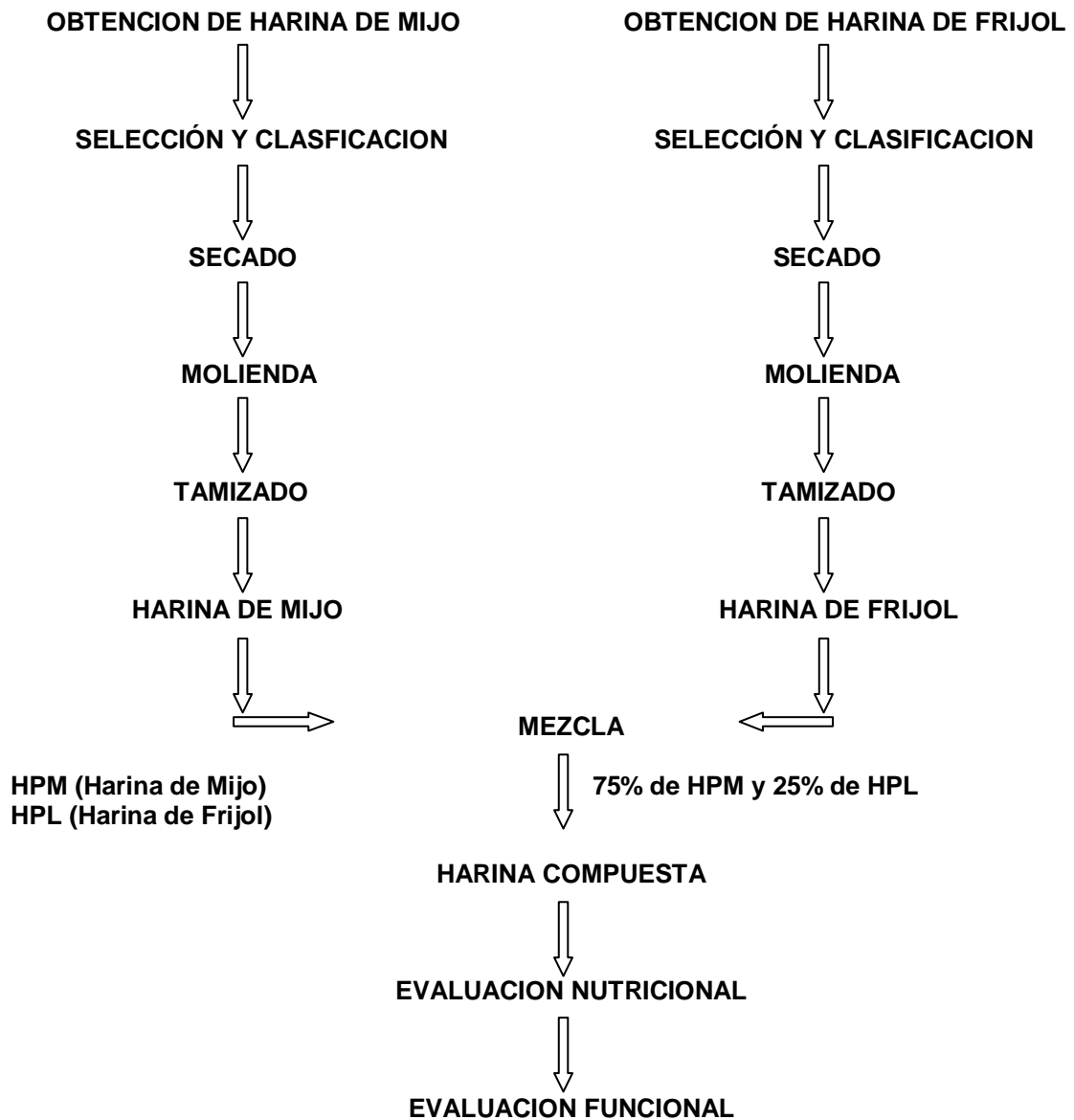
Se utilizaron semillas de fríjol zaragoza o fríjol de lima (*Phaseolus lunatus*) y mijo (*Panicum milliaceum*) de variedad comercial debidamente seleccionadas para obtener una muestra representativa, tomando como universo de estudio granos de éstos producto.

5.1.2. OBTENCIÓN DE LA HARINA

Para la obtención de la harina se realizaron las siguientes etapas y se determinaron las características fisicoquímicas de acuerdo a técnicas de la A.O.A.C. 1990.

- 1) **Acondicionamiento:** En esta primera operación, la materia prima se pesó, luego se lavó y desinfectó en una solución de sanitizante a 150ppm.
- 2) **Clasificación:** Se eliminaron aquellos granos que no se encontraron sanos y que no cumplían con las condiciones fitosanitarias.
- 3) **Secado:** Esta operación se realizó a través de un secador de bandejas.
- 4) **Molienda:** Esta operación se realizó tres veces con el fin de obtener una harina baja en tegumento y lograr un material más fino y homogéneo.
- 5) **Tamizado:** Se empleó un tamiz estándar de 1 mm² de área y se tomaron las muestras representativas para la obtención de la mezcla.
- 6) **Mezcla:** Es la homogenización de la adición de los ingredientes que se realizó por medio de un diseño experimental, variando las concentraciones del Mijo con respecto al Frijol en una proporción de 10-90, 25-75, 50-50, 75-50, 90-10 respectivamente.

5.1.3 FUJOGRAMA DEL PRODUCTO FINAL (ANÁLISIS NUTRICIONAL Y FUNCIONAL DE LA MEZCLA DE MIJO Y FRIJOL ZARAGOZA)



5.1.4 CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS

Las características fisicoquímicas de la harina de frijol, mijo y la mezcla se realizaron mediante los procedimientos de la AOAC (1990). Humedad 925.10 utilizando una mufla, Proteína 920.87 utilizamos el método kjendahl, Grasa 920.39 C, por el método soxleth y Cenizas 923.03 de la A.O.A.C por el método de incineración a 550°C, y carbohidratos por diferenciación.

5.1.4.1 Acidez y pH. Se determino por los métodos oficiales 02-52 y 02-31 de la AACC. En la cual para la prueba de acidez se utilizaron 5g de la mezcla, 50ml de agua destilada, fenolftaleína, NaOH 0.1N, tomando como referencia el acido láctico. Para la determinación del pH se utilizo un potenciómetro o pH metro agregando 5g de harina en 10ml de agua destilada.

$$\text{Acidez (\% de acido láctico)} = \frac{\text{ml de NaOH} \cdot \text{N} \cdot \text{mq del acido} \cdot 100}{\text{g muestra}}$$

5.1.5 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS O SENSORIALES

Para la determinación de estas características se le evaluó al producto final o a la mezcla de mijo y frijol, el color, olor y textura, tomando escalas descriptivas, utilizando pruebas de preferencia con escalas hedónicas, la cual consiste en

escoger de serie de diferentes grados de intensidad la característica apropiada.

Se realizo con un grupo de 10 panelistas no entrenados.

- ✓ Para el color: se tomaron cinco grados de intensidad así: 1 muy claro, 2 claro, 3 ni claro ni oscuro, 4 oscuro y 5 muy oscuro; utilizando el formulario 1.
- ✓ Para el Olor: Se tomaron los siguientes grados de intensidad: 1 muy agradable, 2 agradable, 3 poco agradable y 4 desagradable. (Formulario No. 2)
- ✓ Para la textura: Se utilizaron los siguientes grados de intensidad: 1 Muy gruesa, 2 Poco gruesa, 3 Suave y 4 Muy suave. (Formulario 3).

5.1.6 PROPIEDADES NUTRICIONALES

5.1.6.1 Digestibilidad “in Vitro”

Consistió en someter la muestra previamente desengrasada a digestión durante 16 h con una solución ácida y caliente de pepsina, agitando constantemente. El residuo insoluble se separó por filtración, se seco y se le determinó la masa, bien sea para calcular el porcentaje de residuo o bien para determinar el contenido de proteína no digerible; en el filtrado y se cuantifica la proteína digerible.

5.1.6.1.1 APARATOS

Agitador mecánico

Microscopio (opcional)

Tamiz ICONTEC de 1 mm (No.18)

Embudo Gooch No. 4

Equipo para filtración al vacío

Papel de filtro tipo Whatman No.2 o su equivalente

Estufa con control de temperatura

Erlenmeyer de 250 cm³ de boca esmerilada con tapa.

5.1.6.1.2 REACTIVOS

a) Solución al 0,002 % de pepsina

Se disolvió pepsina de actividad 1:10 000 en ácido clorhídrico a 0,075 N y se calentó a una temperatura entre 42°C y 45°C. La solución se agitó suavemente hasta asegurar la completa disolución de la pepsina. Debe prepararse justamente antes de emplearse.

b) Alcohol etílico

5.1.6.1.3 Extracción

La muestra se molió de forma que pase a través de un tamiz de 1 mm (No.18) y se sometió a extracción por el siguiente método:

a) Se preparó un dedal extractor con papel de filtro tipo Whatman No. 2 o su equivalente.

b) Se determinó una masa de $1,0 \text{ g} \pm 0,001 \text{ g}$ de muestra, se colocó dentro del dedal y se extrajo durante 1 h con éter a una velocidad de 3 gotas a 4 gotas por segundo. Si se utiliza un extractor tipo Soxhlet, la parte superior del dedal debe extenderse sobre el tubo de sifoneamiento para evitar la pérdida de partículas sólidas. Si el papel que contiene la muestra está totalmente sumergido en el sifón del extractor, la muestra debe estar completamente envuelta en el papel. Debe observarse que el solvente no arrastre partículas sólidas. Cuando se quiera calcular aproximadamente el contenido de grasa, se evapora el éter, se seca y se determina la masa del residuo.

c) Se retiró del extractor el papel de filtro que contiene la muestra y se dejó secar a la temperatura ambiente; se desenvolvió y mediante un pincel se transfirió cuantitativamente la muestra desengrasada al erlenmeyer de digestión evitando contaminaciones con las cerdas del pincel o las fibras del papel de filtro.

5.1.6.1.4 Determinación del residuo no digerible

a) Una vez finalizada la incubación, el contenido del frasco o erlenmeyer se filtró cuantitativamente a través de un papel de filtro tipo Whatman No.2 o su equivalente (previamente pesado), mediante un equipo para filtración al vacío. El residuo se lavó con 3 porciones de 10 cm³ de agua caliente. El filtrado se completó a un volumen de 250 cm³ con agua destilada y se conservó para determinar la proteína digerible.

b) El residuo retenido en el filtro se lavó con etanol y se succionó hasta sequedad. Se retiró el papel de filtro con el residuo y se introduce en la estufa, que se ha calentado previamente a una temperatura de 105 oC ± 5 oC durante 30 min. Posteriormente se saca, se enfría, se determinó la masa y se calculó el residuo no digerible.

5.6.2.5 Determinación de la proteína digerible. Del filtrado obtenido se tomó una alícuota, se depositó en el balón de kjeldahl y se determinó la proteína digerida según el procedimiento descrito en la NTC 282. En forma paralela debe cuantificarse el contenido de proteína en un blanco de enzimas.

a) La digestibilidad se calcula por la siguiente ecuación:

$$\% D = \frac{A}{B} \times 100$$

Donde:

$\% D$ = porcentaje de proteína digerible

A = proteína digerida

B = proteína total

b) El residuo no digerible se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\% ND = \frac{C}{E} \times 100$$

Donde:

$\% ND$ = porcentaje de residuo no digerible

C = residuo no digerido, en gramos

E = masa de la muestra, en gramos

Fuente: (AOAC 971, 09).

5.1.7 PROPIEDADES FUNCIONALES

5.1.7.1 Densidad Apparente. Se evaluó mediante la metodología de Schoch y Leach, 1964, con las modificaciones realizadas por González y Pérez, 2002. Expresa el peso de un determinado volumen ocupado por la harina. Se determinó colocando 100mL de la harina en una probeta previamente tarada. Se pesó para conocer el peso de la harina.

$$D = \frac{m \text{ (masa: peso de la muestra)}}{V \text{ (volumen ocupado)}}$$

5.1.7.2 Capacidad de retención de agua, Capacidad de Hinchamiento e Índice de absorción de Lípidos. Se evaluó de acuerdo a lo señalado por Schoch 1964, con algunas modificaciones implementadas Sathe et al, 1981.

Capacidad de retención de agua (C.R.A.): Expresa la cantidad de agua retenida por 100gr de la harina compuesta. Se cuantificó, colocando 0.5g de muestra en un tubo de centrífuga, agregando un exceso de agua (3mL). Se agitó por 1 minuto. Los tubos se centrifugaron a 3000rpm por 10 minutos, después de haberse manteniendo a 24°C por 30 minutos, para medir el volumen de agua no retenida.

$$\% \text{ C.R.A.} = \frac{\text{ml de agua retenida}}{\text{gramos de muestra}} \times 100$$

Capacidad de Hinchamiento (C.H.): Es la medida del grado de hinchamiento que sufre la proteína frente a un exceso de agua a temperatura ambiente (20°C).

Se colocaron 10ml de muestra y 30mL de agua en una probeta graduada. Se agitará por inversión para que el material se humedezca totalmente y se dejará en reposo durante 2 horas, tiempo en el cual se registra el aumento de volumen ocupado por la muestra con respecto al inicial.

$$\% \text{C.H.} = \frac{\text{Volumen final en ml}}{\text{Volumen inicial en ml}} \times 100$$

Índice de absorción de lípidos (I.A.L.): Representa la cantidad de aceite absorbido por 100 gramos de muestra. Se determinó, agregando un exceso de aceite (3mL) a la muestra (0.5g) en tubos graduados de centrífuga, se agitó por 1 minuto; luego se colocó a 24°C durante 30 minutos y posteriormente se centrífugo a 3000rpm por 10 minutos y se midió el volumen de aceite excedente.

$$\% \text{ I.A.L.} = \frac{\text{ml de aceite absorbido} \times 100}{\text{gramos de muestra}}$$

5.1.7.3 Capacidad de Expansión de Espuma (C.E.E) y Estabilidad de la espuma (Bencini, 1986):

Se mezclaron 2g de muestra con 100ml de agua y se agito en una licuadora eléctrica Samurai por 5 minutos a máxima velocidad, y se midió el volumen final a los 30 segundos. La capacidad espumante se expresó como porcentaje de aumento de volumen. La estabilidad de la espuma se midió en intervalos de 5, 15, 30, y 60 minutos.

5.1.7.4 Capacidad de Gelificación.

Se prepararon suspensiones al 4, 8, 12 y 14% (p/v) en agua destilada, de las que se tomaron 5 ml y se llevaron a tubos de ensayo, los cuales se colocaron en baño caliente (100°C por 1h) y posteriormente hielo por 1h. La gelificación se determino como la menor concentración en la cual la muestra en el tubo invertido no cayo o deslizó (Coffman C, Garcya V., 1977).

5.1.8 Diseño experimental para la preparación de las mezclas

HPL= Harina de *Phaseolus lunatus*

HPM= Harina de *Panicum milliaceum*

Se seleccionó un diseño de superficie de respuesta cualitativa. Las proporciones de los componentes se expresaron como fracciones de la mezcla tomando como referencia el mijo con una cantidad fija de 100g. A las mezclas se le evaluó la proteína verdadera (PV) por el método kjendahl. Variando las cantidades de Mijo con respecto al frijol 10%, 25%, 50%, 75% y 90%. Siendo cinco el número de ensayos.

Las cantidades o valores de representación porcentual del frijol con respecto a la cantidad fija de 100g de Mijo son las siguientes.

Teniendo:

X= Cantidad expresada en gramos de frijol

M= 100g de Mijo

%= porcentaje de Mijo con respecto al frijol.

Se procede a realizar el siguiente balance para obtener la cantidad de frijol que hay que agregarle a los 100g de Mijo para obtener los porcentajes requeridos.

Balance general:

$$x = \frac{M}{\%} - M$$

5.1.9 Combinación Óptima de HPM/HPL

Se aplicó la metodología de superficie de respuesta cualitativa como técnica para determinar la combinación óptima de HPM/HPL. El objetivo de la optimización fue encontrar un valor común óptimo para la variable de respuesta (Proteína verdadera).

6. CALCULOS

6.1 Rendimiento de la Harina Compuesta

Se tomaron 2000g de mijo y 2000g de frijol previamente seleccionados y desinfectados los cuales se molieron y tamizaron. Para el mijo se obtuvo 1310g de harina y 690g de cascara, con un rendimiento del 65,5%. Para el frijol se obtuvo 1495g de harina y 505g de cascara para un rendimiento del 74,7%.

6.2 Cantidades o valores de representación porcentual de la mezcla

Para el 10%

$$x = \frac{100g}{0.10} - 100 = 900g$$

Para el 25%

$$x = \frac{100g}{0.25} - 100 = 300g$$

Para el 50%

$$x = \frac{100g}{0.50} - 100 = 100g$$

Para el 75%

$$x = \frac{100\text{g}}{0.75} - 100 = 33.33\text{g}$$

Para el 90%

$$x = \frac{100\text{g}}{0.90} - 100 = 11.11\text{g}$$

6.3 Prueba de acidez

En esta prueba se gastó 1.8 ml de NaOH, y la acidez se calculó de la siguiente forma:

$$\text{meq de ácido láctico} = \frac{\text{Pm}}{1000} = 90/100 = 0.009$$

Donde: meq, es el número de miliequivalentes

Pm, es el Peso molecular del ácido láctico

$$\text{Entonces \% de Acidez} = \frac{1.8 * 0.1 * 0,009 * 100}{5} = 0.0324\%$$

6.4 pH de la muestra = 6.6

6.5 Densidad Aparente (D.A.)

$$28\text{g}/100\text{ml} = 0.28 \text{ g/ml}$$

6.6 Capacidad de Hinchamiento

$$\% \text{ C.H} = \frac{\text{Volumen Final en ml} * 100}{\text{Volumen Inicial en ml}}$$

$$\% \text{ C.H} = 35,5\text{ml} * 100 / 30\text{ml} = 118.33. \text{ Ti } ^\circ\text{C} = 27^\circ\text{C}$$

6.7 Capacidad de retención de agua (C.R.A)

$$\% \text{ C.R.A.} = \frac{\text{ml de agua retenidos} * 100}{\text{g de muestra}}$$

$$\% \text{ C.R.A.} = \frac{0,05\text{ml} * 100}{0.5\text{g}} = 10\text{ml/g}$$

6.8 Índice de Absorción de Lípidos (I.A.L):

$$\% \text{ I.A.L.} = \frac{\text{ml de aceite absorbido} \times 100}{\text{gramos de muestra}}$$

$$\% \text{ I.A.L.} = \frac{0.02 \text{ ml} \times 100}{0.5 \text{ g}} = 4 \text{ ml/g}$$

6.9 Capacidad de Expansión de Espuma (C.E.E):

Expresado en porcentaje de aumento de volumen tenemos lo siguiente:

Volumen inicial= 101ml

Volumen final = 137ml

% de aumento = [(137 – 101) ml/101ml]*100

= 35.64%

7. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSION

El Diseño experimental fue el de metodología de superficie de respuesta cualitativo, con dos componentes y 5 ensayos, las fracciones entre paréntesis que aparecen en la tabla 4 son los porcentajes de composición. HPL: Harina de *Phseolues Lunatus*, HPM: Harina de *Panicum Milliaceum*, P: Proteína (g/100g de Harina).

Tabla 4 Diseño experimental utilizado para obtener diferentes combinaciones de HPM/HPL.

Ensayo	Componentes de la Mezcla (g)		Contenido de proteína (%)
	HPL	HPM	
1	900(0.9)	100(0.1)	20,63
2	300(0.75)	100(0.25)	20,62
3	100(0.5)	100(0.5)	18,86
4	33.33(0.25)	100(0.75)	15,83
5	11.11(0.1)	100(0.9)	15,72

Fuente: Marsiglia R., Monroy L., 2011

El cuadro anterior muestra los resultados obtenidos de las diferentes mezclas. El ensayo 1 dio el mayor porcentaje de proteína con 20,63%, mientras que el ensayo 5 dio el menor porcentaje con 15,72%.

El contenido de proteína disminuyó a medida que aumentaba el porcentaje de harina de mijo (HPM), debido al deficiente aporte proteico con 10,76% del mismo comparado con la harina de zaragoza (HPL) con 21,26% (ver tabla 5 y 7). Vemos que la variación del porcentaje de proteína entre el ensayo 1 y el ensayo 2 no es significativa lo cual afecta muy levemente las propiedades de la mezcla.

7.1 Análisis Físicoquímicos de la harina de mijo, frijol y la mezcla de mijo/frijol constituida de 25% de mijo y 75% de frijol.

Tabla N° 5: Composición Físicoquímica de Mijo (*Panicum Milliaceum*)

COMPOSICION	UNIDADES	METODO	Mijo
Proteína	%	Kjeldalh	10.76
Humedad	%	Gravimetría	13.1
Grasa	%	Soxleth	3.02
Cenizas	%	incineración	1.06
Carbohidratos	%	Diferenciación	72.06

Fuente: Marsiglia R, Monroy L, 2011

Tabla N° 6: Composición Físicoquímica de Frijol (*Phaseolus Lunatus*)

COMPOSICION	UNIDADES	METODO	Frijol
Proteína	%	Kjeldalh	21.26
Humedad	%	Gravimetría	11.56
Grasa	%	Soxleth	1.67
Cenizas	%	incineración	1.487
Carbohidratos	%	Diferenciación	64.023

Fuente: Marsiglia R., Monroy L., 2011

Tabla N° 7: Composición fisicoquímica de la Mezcla HPL/HPM

COMPOSICION	UNIDADES	METODO	Mezcla
Proteína	%	Kjeldalh	20.62
Humedad	%	Gravimetría	13.58
Grasa	%	Soxleth	2.89
Cenizas	%	incineración	1.34
Carbohidratos	%	Diferenciación	61,57

Fuente: Marsiglia R., Monroy L., 2011

De la tabla anterior se observa que las propiedades fisicoquímicas de la mezcla muestran una cantidad relativamente alta de proteínas y un porcentaje bajo en grasa comparado con el trabajo similar basado en una harina compuesta de maíz y garbanzo que arrojó 20.07% de proteína y 5.7% de grasa (Gutiérrez. R. et. al, 2008). De acuerdo a su composición proximal el contenido de proteína es de 20,62%, más alta que el mijo y un poco más baja con respecto al frijol. Esto se debió posiblemente al menor aporte de proteína por parte del mijo; respecto a la humedad esta fue más alta que la del mijo y el frijol, probablemente, a causa del no control de la humedad relativa del ambiente que pudo aumentar este valor.

7.2 Prueba de Acidez

El resultado obtenido (0.0324%) está por debajo del estándar que es 0.3% de ácido láctico que posiblemente no puede indicar poca actividad enzimática y actividad de agua dándole atributos a la harina como fresca y estable a posibles deterioros.

7.3 Digestibilidad in vitro para la harina de mijo y frijol

Digestibilidad in vitro de la proteína = 87.97%

La digestibilidad “in vitro” se ajusto a los parámetros mínimos que se necesitan comparados con el trabajo realizado por Gutiérrez R. et. al 2008, donde la proteína total es de 20.62%, de la cual es digerible 18.13%. Los estudios tanto in vitro como in vivo han demostrado una amplia variabilidad en la digestibilidad proteínica para las distintas variedades de sorgo donde se han señalado valores que van del 49,5 al 70 por ciento. En estudios publicados por la FAO se ha observado que en las ratas la digestibilidad de la proteína de las variedades de sorgo con una textura de endospermo intermedia y córnea fue del 70,3 y 74,5 por ciento, valor inferior al observado para la proteína del maíz (78,5 por ciento). En algunas variedades de sorgo, los polifenoles condensados con los taninos presentes en los granos constituyen otro factor que influye desfavorablemente en la digestibilidad de la proteína y aminoácidos disponibles (FAO, 2008). Si bien comparando estos datos publicados por la FAO con este estudio vemos que esta mezcla tiene una digestibilidad in vitro mayor que el maíz y el sorgo, lo cual califica esta harina compuesta como una fuente nutricional importante.

7.4 Capacidad de Hinchamiento

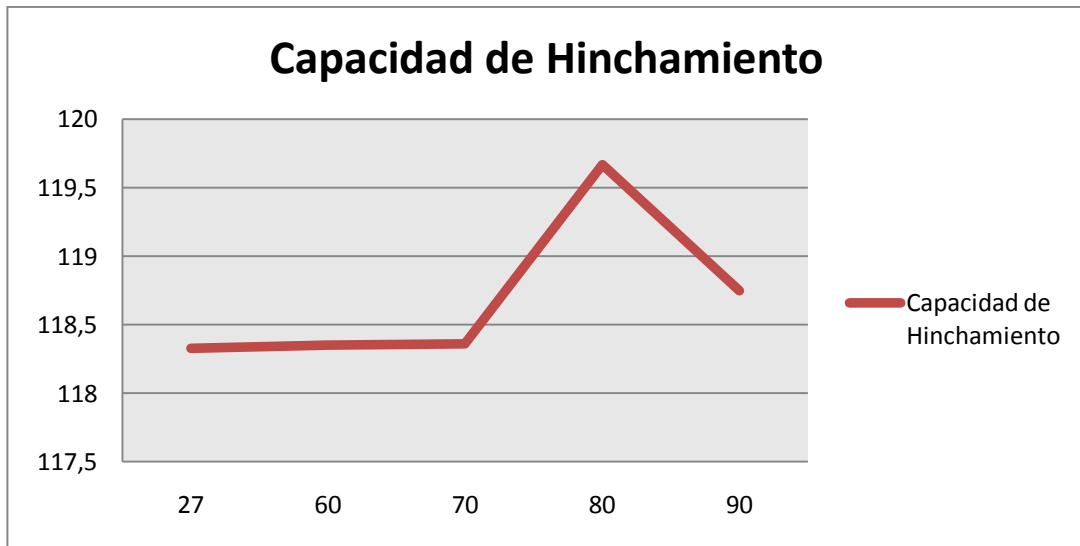
C.H = 118.33 Ti °C= 27°C

Se le realizaron pruebas a la harina para ver la capacidad de hinchamiento a diferentes temperaturas, los cambios en esta propiedad funcional se pueden ver en la tabla N° 8.

Tabla N°8 Capacidad de Hinchamiento de la Harina Compuesta a diferentes temperaturas.

Temperatura °C	Capacidad de Hinchamiento
27	118.33
60	118.35
70	118.36
80	119.67
90	118.75

Figura # 1: Comportamiento de la capacidad de hinchamiento con respecto a la temperatura.



En la grafica anterior se observa que la capacidad de hinchamiento de la mezcla de harina tiende a aumentar con la temperatura, resaltando un pico máximo de absorción a los 80°C. Después de este limite la tendencia es a disminuir, esto se debió, posiblemente, al rompimiento de la estructura de la proteína que retiene agua y la solubilización de las células rotas.

7.5 Capacidad de retención de agua (C.R.A) = 10ml/g

El resultado obtenido (10ml/g) comparado con estudios realizados de la capacidad de absorción de agua de la proteína aislada de soya (3.8 -5 g/g de proteína) es mayor que el reportado por Hermansson, A.M., 1973. La proporción de harina de leguminosa con respecto a la harina de cereal en este trabajo fue de 3:1 Cuando el agua es agregada en exceso a un alimento, parte del agua interactúa con los sólidos. En otras palabras, una porción del agua añadida no aparecerá como agua libre. La base de interacción fisicoquímica del agua con los componentes de los alimentos, como los carbohidratos y demás constituyentes, está asociada con la actividad de agua, que no fue estudiada en este trabajo. En un sentido práctico, parte del agua es "absorbida" o "ligada" al sistema de alimentos y es opuesta al agua "libre". Las proteínas de leguminosas contienen numerosas cadenas polares laterales junto con las uniones peptídicas, lo cual hace hidrofílica a la proteína. Por lo tanto, las proteínas tienden a absorber y retener agua cuando están presentes en sistemas de alimentos. Ciertos sitios

polares en las moléculas de las proteínas de leguminosa tales como los grupos carboxilo y amino son ionizables y por lo tanto, la polaridad es cambiada por las condiciones de pH lo cual favorece la absorción de agua. (Hermansson, A.M., 1973).

7.6 Índice de Absorción de Lípidos (I.A.L) = 4ml/g

La capacidad de absorción de lípidos se relaciona con el numero de cadenas laterales no polares de las proteínas que se enlazan con cadenas hidrocarbonadas de grasa (Sgarbieri, 1998) El resultado obtenido (4ml/g) comparado con otros estudios realizados por (Enwere et.al., 1998), los valores obtenidos son menores de 2,4 ml/g. Esto nos indica que la mezcla de harina de mijo y frijol tiene buena capacidad de absorción de lípidos, producto del atrapamiento físico de las grasas por parte de las proteínas que tienen una matriz biopolimerica de un alto número de cadena hidrocarbonada sumado a las largas cadenas insaturadas de los ácidos grasos en los cereales). Esta funcionalidad es muy importante en la formulación de productos cárnicos, panadería y sopas (Abbey e Ibeh, 1988); retención de sabores y suavidad del producto al cual se añade (El- Adawy et al., 2001)

7.7 Capacidad de Expansión de espuma (C.E.E) y Estabilidad de la Espuma

(C.E.E) = 35,64

La estabilidad de la espuma se midió a los 5, 15, 30, y 60 minutos después de haber hecho la espuma, los resultados son los siguientes. El volumen inicial de agua mas harina fue de 101ml, la cual se tomo de base para hacer esta determinación.

Volumen inicial de la espuma = 137ml

Volumen a los 5 minutos = 131ml

Volumen a los 15 minutos = 123ml

Volumen a los 30 minutos = 122ml

Volumen a los 60 minutos = 117ml

De acuerdo a Enwere et.al., (1998) las harinas de frijol se caracterizan por tener buenas propiedades espumantes y por generar una espuma estable. Esto se puede evidenciar en los resultados anteriores ya que al cabo de los 60 minutos todavía hay presencia de espuma. Estos resultados se obtuvieron, posiblemente, por la adición de harina de mijo (un cereal) que contribuyo a disminuir la estabilidad del producto compuesto.

7.8 Capacidad de Gelificación

El factor crítico para la formación y firmeza del gel es la concentración de proteínas (Kinsella, 1979) y además, no es necesaria una alta solubilidad proteica

para que el gel se forme (Prinyawiwatkul et al., 1997). Sathe y salunkhe (1981) observaron que la gelificación no solo dependía de la cantidad de proteína, sino también del tipo de proteína y de los componentes no proteicos. La concentración de la solución para la formación de gel de la mezcla mijo y frijol, fue del 14% y la característica del gel formado fue firme y viscoso. En el resultado obtenido (12%), se pudo evidenciar una formación débil de gel, debido a la disminución de la masa de gel formada después del tratamiento en frío durante 1 hora presentando características fluidas parcialmente. Según la técnica empleada en este trabajo (Bencini, 1986).

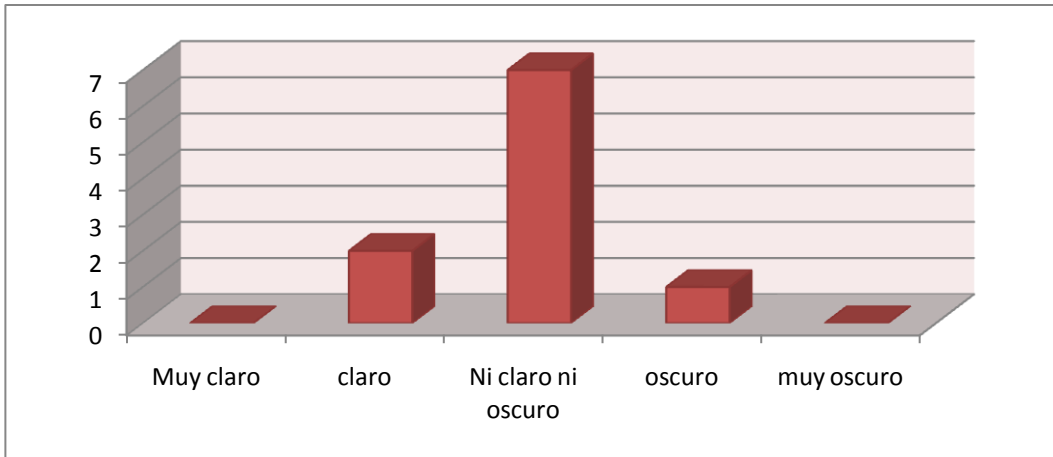
7.9 Densidad Aparente

El resultado obtenido (0.28g/ml) se encuentra entre los valores estándares de harinas que arroja la FAO (2002) de 0,15-0.34, pudiéndose utilizar como ingrediente en alimentos sin alterar las propiedades físicas del producto.

7.10 Evaluación de las características físicas o sensoriales.

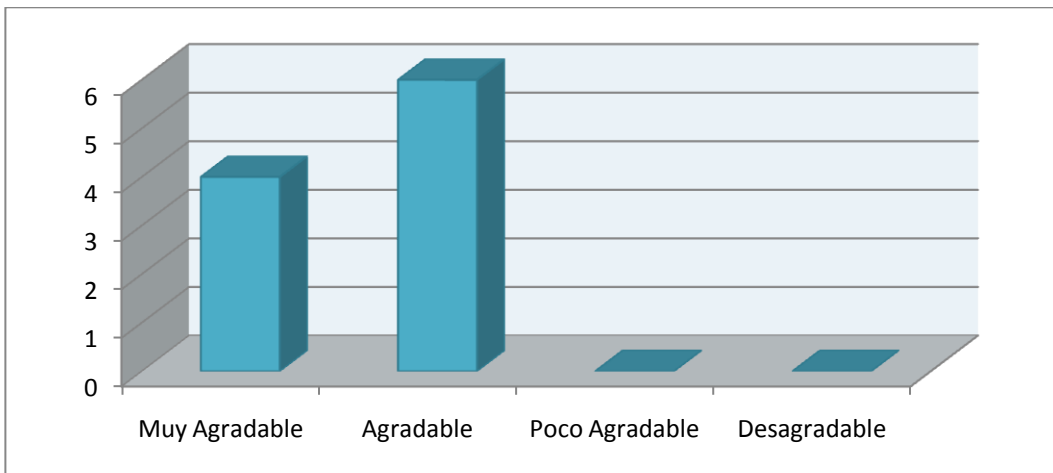
Para la prueba físicas se evaluaron el color, olor, textura, donde se obtuvieron los siguientes resultados dados por 10 panelistas no entrenados:

Figura #2: Prueba de preferencia, color



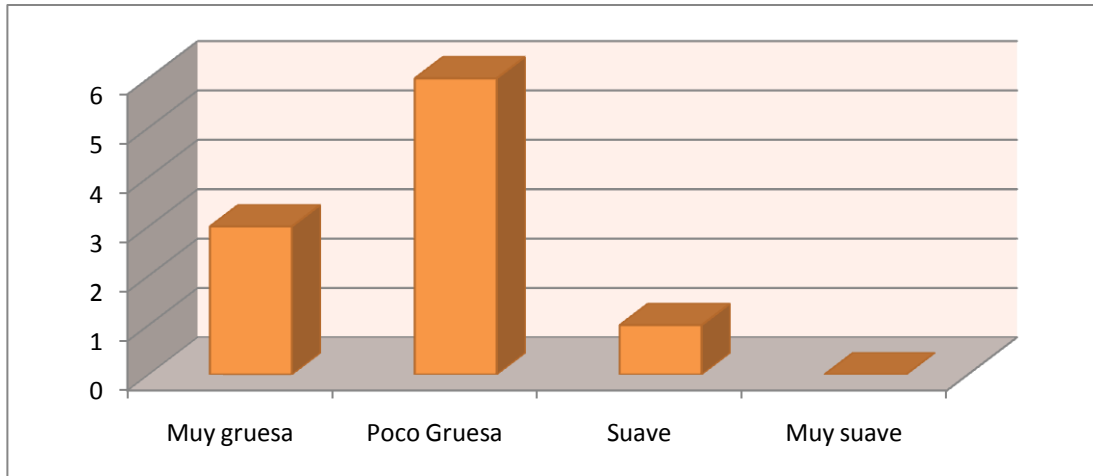
Color: con un porcentaje del 70% para un tono ni claro ni oscuro.

Figura#3: Prueba de preferencia, olor



Olor: Con un porcentaje del 60% para un olor agradable

Figura #4: Prueba de preferencia, textura.



Textura: Con porcentaje del 60% para una textura Poco gruesa.

El color que arrojó un mayor resultado (70%) fue un tono: ni claro ni oscuro, posiblemente a la contribución de color pardo de la harina de mijo. La textura de la harina compuesta se calificó como: poco gruesa (60%), posiblemente se debió al contenido de salvado que pudo haber estado en la muestra. Con respecto al olor, se calificó como: agradable, debido a la presencia de sustancias aromáticas características del frijol desprenden olores que impresionan favorablemente y de forma equilibrada al olfato de las personas.

CONCLUSIONES

La harina compuesta por mijo (*Panicum milliaceum*) y frijol zaragoza (*Phaseolus lunatus*) que se escogió para determinar las propiedades funcionales y de mejores características sensoriales fue la constituida por un 75% de frijol y 25% de mijo.

La composición fisicoquímica de la harina compuesta de mijo (*Panicum milliaceum*) y frijol (*Phaseolus lunatus*) contiene 20,62% de proteína, 2,89% de grasa, 2,76% de ceniza; 60,16% de carbohidratos.

La mezcla dio como resultado una digestibilidad in vitro del 87,97%, que la califica como una fuente importante de nutrición.

Las propiedades funcionales encontradas, demostraron que la harina compuesta por mijo y frijol puede contribuir, en la formulación de productos cárnicos, panadería y sopas; Retención de sabores y suavidad del producto al cual se añade

RECOMENDACIONES

- ✓ Los resultados obtenidos se presentaran mediante una ponencia en el encuentro de semilleros de la Universidad de Cartagena en el mes de mayo del 2011.
- ✓ Hacer estudios cromatográficos para determinar las unidades de amilosa y amilopectina en este tipo de harinas.
- ✓ Implementar la investigación de harinas compuestas para producir nuevos alimentos mejorando su calidad nutricional.
- ✓ Realizar estudios de impacto socioeconómico en poblaciones vulnerables.
- ✓ Realizar estudios de Industrialización del proceso de harinas compuestas.
- ✓ Someter todos los datos obtenidos a un análisis estadístico para optimizar la investigación.
- ✓ Investigar el perfil de aminoácidos esenciales en las mezclas de harinas de origen vegetal.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. AACC. Cereal Laboratory Methods. The American Association of Cereal Chemists, Inc., St. Paul, 1993, Vols. I y II.
2. ABBEY B, IBEH G. 1988. Functional properties of raw and heat processed cowpea (*vigna unguiculata*, Walps) flour. J. Food Sci. 53: 1765-1771.
3. ABDELRAHMAN, A., HOSENEY, RC & VARRIANO-MARSTON, E. 1984. The proportions and chemical compositions of hand-dissected anatomical parts of pearl millet. J. Las proporciones y composición química de la mano disecada partes anatómicas de mijo perla. J. Cereal Sci. Cereal Sci. 2: 127-133. 2: 127-133.
4. ALIÁ, S. & GEERVANI, P. 1981. An assessment of the protein quality and vitamin B content of commonly used fermented products of legumes and millets. Una evaluación de la calidad del contenido de proteínas y vitamina B de los productos fermentados de uso de las leguminosas y el mijo. J. Sci. Food Agric. J. Sci. Food Agric. 32: 837-842. 32: 837-842.
5. AMERICAN OFFICIAL ANALITICAL CHEMISTRY. Pepsin digestibility of animal protein feeds. Filtration method final action. USA. AOAC Official Methods of Analysis 1990, 15 th Edition (AOAC 971, 09).
6. A.O.A.C.1990. Official Methods of Analysis. 15 Editions. Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC. USA.
7. BENCINI, M (1986) Funtional Properties of drum-dried chickpea (*Vicer arietinum L.*) Flours.J. Food sci.51:1518-1526.

8. COFFMAN C, GARCIA V (1977). Functional properties and amino acid content of a protein isolate from mung bean flour. *J. food technol.* 12: 473-487.
9. COHEN SA, STRYDOM DJ (1988) Amino acid analysis using phenylisothiocyanate derivatives. *Anal. Biochem.* 174: 1-16.
10. DENDY, D.A.V. 1992. Composite flour - past, present and the future: a review with special emphasis on the place of composite flour in the semi-arid zones. In M.I. Gomez, L.R. House, L.W. Rooney & D.A.V. Dendy, eds. *Utilization of sorghum and millets*, p. 67-73. Patancheru, India, ICRISAT.
11. Dominguez Rm., et al 2002. Composicion química Phaseolus lunatus.
12. EL- ADAWI T, RAHMA E, EL BEDAWAY A, GAFAR A. 2001 Nutritional potential and functional properties of sweet bitter lupin seed protein isolates. *Food Chem.* 74: 455-462.
13. ENWERE NJ, Mc WALTERS KH, PHILLIPS RD (1998) Effect of processing on some properties of frijol seed, protein starch, flour and akara. *Int. J. Food sci. Nutri.* 49: 365-373
14. EVANS, R.G.; BAYER D.H.; SISAK K.A. & RYAN P.A. The availability for the rat of methionine and Cystine contained in dry bean seed (*Phaseolus Vulgaris*). *J. Agron. Food. Chem.* 22:130 – 133. 1974.

15. FAO 2008 (Food and Agriculture Organizations). El sorgo y el mijo en la nutrición humana. Capitulo 5.
16. FAO/WHO(1985)*Protein Quality Evaluation*.FAO, Food and Nutrition Paper 51.
17. HARIHARAN M, SUNDAR N, Vannoord T (1993) Systematic approach to the development of plasma amino acid analyses by high-performance liquid chromatography with ultraviolet detection with precolum derivatization using phenylisothiocyanate. J. Chromatogr. 621: 15-22.
18. HARRINSON, S. G.; MASETL, G.B. ; WALLIS , Michael. Guía de plantas comestibles. Ediciones Omega S.A. 1ª Edición. Barcelona España. 1998.p.38.
19. HERMANSSON, A.M. 1973. Determination of functional properties of protein foods. IN: Proteins in Human Nutrition, Porter, J.W.G. and B.A. Rolls (eds.). Academic Press, New York.
20. HSU HW, VAVAK DL, SATTERLEE LD, Miller GA (1977) A multienzyme technique for estimating protein digestibility. J. Food Sci. 42: 1269-1273.
21. HURRELL RF, LERMAN P, CARPENTER JK (1979) Reactive lysine in foodstuffs as measured by rapid dyebinding procedure. J. Food Sci. 44: 1221-1227.
22. JAFFE, W.G. Las semillas de leguminosas como fuente de proteína en América Latina. Recursos Proteínicos en América Latina. 1989.

23. JAMB NATHAN, R. & SUBRAMANIAN, V. 1988. Grain quality and utilization of sorghum and pearl millet. In Biotechnology in tropical crop improvement. Proceedings of the International Biotechnology Workshop, Patancheru, Inde, 12-15 janvier 1987, p. 133-139. Patancheru, ICRISAT.
24. MACMASTERS, M.M., HINTON, J.J.C. & BRADBURY, D. 1971. Microscopic structure and composition of the wheat kernel. In Y. Pomeranz, éd. *Wheat: chemistry and technology*. p. 51 - 113. St Paul. Minnesota, Etats-Unis, American Association of Cereal Chemists. 2e éd.
25. MALLESHI, N.G. & DESIKACHAR, H.S.R. 1986a. Studies on comparative malting characteristics of some tropical cereals and millets. *J. Inst. Brew.*, 92: 174-176.
26. MINISTERIO DE AGRICULTURA 2006. *Enciclopedia Agropecuaria*. Terranova Editores Ltda. Santa fe de Bogotá. 1995.
27. MORRISON, W. R.; LAIGNELET, B. An improved colorimetric procedure for determining apparent and total amylose in cereal and other Starches. *Journal of Cereal Science*, v. 1, p. 19-35, 1983.
28. RINCON SEPULVEDA, Ovidio; LUIS CAMACHO, Rubén. *El Cultivo del frijol. Temas de orientación agropecuaria*. ICA. 1982. 2ª Edición.
29. ROBERTO GUTIÉRREZ DORADO. *Alimento para niños preparado con harina de maíz de calidad proteínica y garbanzo extruidos*. Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS), México. 2008

30. SCHOCH, T.J. AND LEACH, H.W. Determination of absolute density. In Methods in Carbohydrate Chemistry, Academic Press, Inc., New York, 1964, Vol. IV, pp. 101-103.
31. SGARBIERI V (1998) Propiedades funcionales de proteínas en alimentos. Vol. SBCTA 32: 105-126
32. TORREGROZA, F.E.; MARRUGO L Y. Determinación de la Calidad Proteica “In vitro” y Factores Antinutricionales del Fríjol Zaragoza (*Ophaseolus Lunatus*) orientada a la Alimentación Humana. Universidad de Cartagena. Cartagena – Colombia. 2003.
33. TORRES G., Asterio; BALLESTEROS, Gustavo; BARRERA, Martha. Reincorporación del frijol carauta. (*Phaseolus lunatus*) a la agricultura tradicional en el resguardo indígena de San Andrés de Sotaviento. Córdoba – Colombia. Published Issue No. 123. 2001.
34. VALCARCEL-A. GÓMEZ, Técnicas Analíticas de Separación, Ed. Reverté S.A., 1994.
35. <http://www.universia.net.co/investigacion/destacado/desnutricion-problema-de-mortalidad-en-colombia.html>. Autor: Camilo Calderón Acero – NotiCyT. 8:35 Pm 26 de octubre de 2009.

ANEXOS

ANEXO A

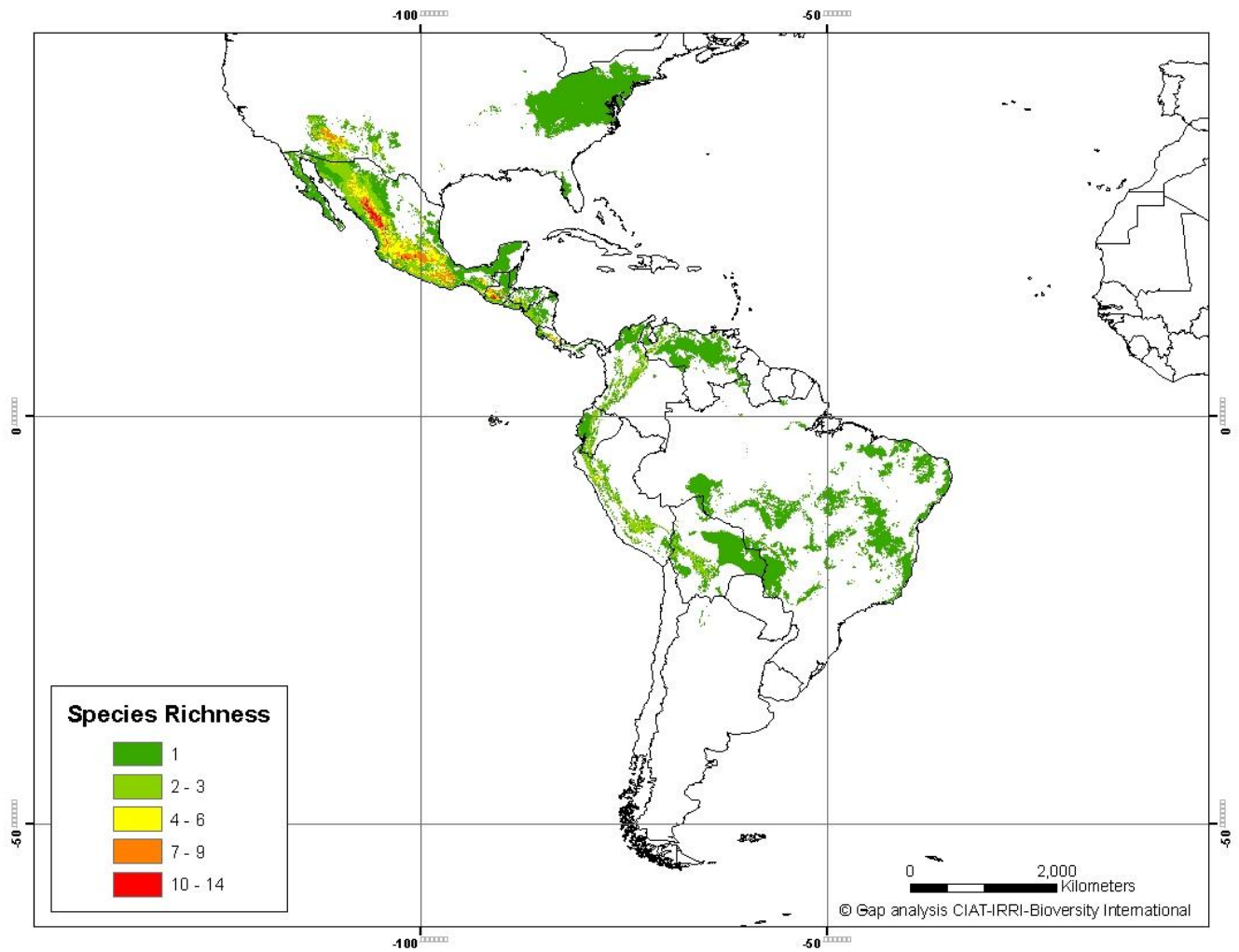
COMPOSICION DE AMINOACIDOS DE SEMILLAS DE MUCUNA

AMINOÁCIDO	<i>Mucuna pruriens</i>	<i>Mucuna eeringiana</i>	<i>Mucuna cochinchinensis</i>	<i>Mucuna rajada</i>	FAO/WHO 1985
Alanina	63,9	82,5	84,5	67,8	NR*
Arginina	90,6	90,5	82,7	75,9	NR
Asparragina y ácido aspártico	171	126	137,4	108	NR
Cisteína	Trazas	9,3	8,4	Trazas	NR
Glutamina y ácido glutámico	155,5	180	165	151	19,0
Glicina	50,5	49,7	52,2	33,8	NR
Histidina	35,3	46,6	27,8	39,5	34,0
Isoleucina	92,3	97,2	96,0	87,3	40,0
Leucina	90,8	90,8	91,4	87,8	70,0
Lisina	46,4	66,5	55,7	34,6	58,0
Metionina	Trazas	12,7	9,2	9,6	25,0
Fenilalanina	80,8	62,1	86,7	79,4	60,0
Prolamina	151	161	145	150	NR
Serina	41,5	63,5	35,8	22,6	NR
Treonina	44,4	61,9	50,8	52,3	40,0
Triptófano	22,3	23,0	24,8	34,6	60,0
Tirosina	70,9	85,5	65,5	66,8	NR
Valina	58,3	75,9	71,0	68,1	50,0
% Aminoácidos esenciales totales	39,8	40,1	42,2	44,0	NR
Digestibilidad de la proteína <i>in vitro</i> (%)	84,6	84,2	85,5	84,6	NR

*NR: No Registrado. Fuente: Adebawale *et al.*, 2007

ANEXO B

ZONAS DE AMERICA DONDE SE CULTIVA PHASEOLUS LUNATUS



Fuente: Gap Analysis CIAT-IRRI-BIOVERSITY NTERNATIONAL 200

ANEXO C
FORMULARIO 1.
PRUEBA DE PREFERENCIA

NOMBRE

FECHA	DIA	MES	AÑO
--------------	------------	------------	------------

Frente a Usted tiene una muestra de harina deseamos que marque con una equis (x) su juicio con relación al color del producto.

1. Muy Claro -----
2. Claro -----
3. Ni claro ni Oscuro -----
4. Oscuro -----
5. Muy Oscuro -----

Gracias, su colaboración ha sido muy valiosa

ANEXO D
FORMULARIO No.2.
PRUEBA DE PREFERENCIA

NOMBRE

FECHA	DIA	MES	AÑO
--------------	------------	------------	------------

Frente a Usted tiene una muestra de harina. Deseamos que marque con una equis (x) su juicio con relación al Olor del producto.

- 1. Muy Agradable _____
- 2. Agradable _____
- 3. Poco Agradable _____
- 4. Desagradable _____

Gracias, su colaboración ha sido muy valiosa.

ANEXO E
FORMULARIO No.3.
PRUEBA DE PREFERENCIA

NOMBRE

FECHA	DIA	MES	AÑO
--------------	------------	------------	------------

Frente a Usted tiene una muestra de harina. Deseamos que marque con una equis (x) su juicio con relación a la Textura del producto.

- 1. Muy gruesa _____
- 2. Poco gruesa _____
- 3. Suave _____
- 4. Muy suave. _____

Gracias, su colaboración ha sido muy valiosa.

ANEXO F
FOTOS DE PROCESO





