

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central shield with a figure holding a staff and a banner, surrounded by various symbols including a crown and a cross. The shield is set against a background of a landscape with mountains. The Latin motto "CONSPICUA CAROLINA ACADEMIA COACTEMALENSIS INTER CÆTERAS" is inscribed around the perimeter of the seal.

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD PROTEICA Y
ACEPTABILIDAD DE TRES FORMULACIONES DE
TORTILLAS DE MAÍZ Y FRIJOL TIPO “SNACK”

Paola Melanie Escobar Mejía

Maestría en Alimentación y Nutrición

Guatemala, Abril de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA



DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD PROTEICA Y
ACEPTABILIDAD DE TRES FORMULACIONES DE
TORTILLAS DE MAÍZ Y FRIJOL TIPO “SNACK”

Trabajo de Graduación presentado por:

Paola Melanie Escobar Mejía

Para optar al grado de

Maestra en Ciencias

Guatemala, Abril de 2012

JUNTA DIRECTIVA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA

ÓSCAR MANUEL CÓBAR PINTO, Ph.D	DECANO
LIC. PABLO ERNESTO OLIVA SOTO, M.A.	SECRETARIO
LICDA. LILIANA VIDES DE URÍZAR	VOCAL I
DR. SERGIO ALEJANDRO MELGAR VALLADARES	VOCAL II
LIC. LUIS ANTONIO GÁLVEZ SANCHINELLI	VOCAL III
BR. FAUSTO RENE BEBER GARCIA	VOCAL IV
BR. CARLOS FRANCISCO PORRAS LOPEZ	VOCAL V

CONSEJO ACADÉMICO
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

ÓSCAR MANUEL CÓBAR PINTO, Ph.D.
LICDA. VIVIAN MATTA DE GARCIA, MSc.
DR. ROBERTO FLORES ARZÙ
DR. JORGE ERWIN LÓPEZ GUTIÉRREZ
LIC. FÉLIX RICARDO VÉLIZ FUENTES, MSc.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por el regalo de la vida.

A mi esposo, sin ti, imposible pensarlo.

A mis hijas, por su paciencia y comprensión.

A mis padres, por su ejemplo de vida.

A mi asesora y revisora, por sus valiosos aportes.

A mis amigos, por el apoyo, por la confianza, por las porras.

A todos, gracias.

LISTA DE ACRÓNIMOS

1. Food and Agricultural Organization of United Nations	FAO
2. Food and Drug Administration of US	FDA
3. Corn Soy Blend	CSB
4. International Relief & Development Organization	IRD
5. United States Department of Agriculture	USDA
6. Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá	INCAP
7. Seguridad Alimentaria y Nutricional	SAN
8. Instituto Nacional de Estadística	INE
9. Encuesta Nacional de Empleos e Ingresos	ENEI
10. Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos Familiares	ENIGFAM
11. Programa Mundial de Alimentos	PMA
12. Centro Internacional del Mejoramiento del Maíz y Trigo	CIMMYT
13. Organización Mundial de la Salud	OMS
14. Universidad Nacional Autónoma de México	UNAM
15. Comisión Guatemalteca de Normas	COGUANOR
16. Quality Protein Maize	QPM

ÍNDICE

I.	RESUMEN EJECUTIVO.	1
II.	INTRODUCCIÓN	2
III.	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	3
IV.	JUSTIFICACIÓN	4
V.	MARCO TEORICO	6
A.	SEGURIDAD ALIMENTARIA Y NUTRICIONAL	6
	1. <u>Definición</u>	6
	2. <u>Pilares de la Seguridad Alimentaria y Nutricional</u>	7
	3. <u>Situación de Seguridad Alimentaria y Nutricional en Guatemala</u>	8
B.	CALIDAD DE LAS PROTEÍNAS	10
	1. <u>Evaluación de la Calidad Proteínica</u>	11
	2. <u>Métodos para Evaluar la Calidad Proteica</u>	13
	a. Lisina Disponible	14
C.	CEREALES Y LEGUMINOSAS	15
	1. <u>Maíz</u>	15
	a. Aminoácidos esenciales	16
	b. Formas para Mejorar la Calidad Proteínica del maíz	17
	c. Disponibilidad en Guatemala.	19
	d. Consumo en Guatemala	19
	e. Maíz Negro o morado.	20

2.	<u>Frijol Común</u>	20
a.	Aminoácidos esenciales	21
b.	Disponibilidad en Guatemala.	23
c.	Consumo en Guatemala	23
d.	El Frijol como Alimento Funcional	23
e.	Factores Antifisiológicos en las Leguminosas de Grano	24
3.	<u>Mezclas Vegetales</u>	25
a.	Incaparina	26
b.	Colombiharina	26
c.	Otros Estudios	27
D.	DISEÑO DE APERITIVOS LISTOS PARA EL CONSUMO	29
1.	<u>Regulación</u>	29
2.	<u>Procesos en la Elaboración de Tortilla Frita</u>	30
a.	Nixtamalización	30
b.	Reposo	33
c.	Lavado	33
d.	Molienda	34
e.	Amasado y Moldeado	35
f.	Horneado y Enfriado	35
g.	Fritura y Aplicación de Sabor	35
h.	Tortillas de maíz Horneadas	36
i.	Empaque	36
j.	Control de Calidad	37
3.	<u>Tendencias en el diseño de aperitivos</u>	37

E.	EVALUACIÓN SENSORIAL	38
	1. Definición	38
	2. Pruebas Sensoriales	39
	3. Pruebas Afectivas	40
	4. Escala Hedónica	41
VI.	OBJETIVOS	42
VII.	HIPÓTESIS	43
VIII.	METODOLOGÍA	44
IX.	RESULTADOS	49
X.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	61
XI.	CONCLUSIONES	69
XII.	RECOMENDACIONES	70
XIII.	REFERENCIAS	71
XIII.	ANEXOS	80

I. RESUMEN EJECUTIVO

El objetivo del presente estudio fue determinar la calidad proteica y la aceptabilidad de tres formulaciones diferentes de tortillas tipo “snack” a base de maíz y de maíz con frijol. Las tres formulaciones fueron las siguientes: las tortillas tradicionales fritas producidas con maíz amarillo, tortillas fritas con maíz negro y frijol negro y tortillas horneadas con maíz negro y frijol negro.

Los procesos para la fabricación de las tortillas fueron: nixtamalización, escurrido, reposo, enjuague, molienda, moldeado, corte, horneado, fritura, saborización y empaque. En la versión horneada se omitió el paso de la fritura y se aumentó el tiempo y temperatura del horneado. Las tres formulaciones se saborizaron con una mezcla de sal y sabor artificial de frijol.

Para la determinación de la calidad proteica se utilizó el método de lisina disponible y para la aceptabilidad, la escala hedónica de 5 puntos con 50 adultos entre 18 y 50 años. Para determinar diferencias significativas en los resultados se utilizó la *t de student*. Adicionalmente se realizó el proximal completo de las tres formulaciones y el análisis de contenido de sodio y contenido de ácidos grasos saturados.

En el análisis de lisina disponible, se observó que las mezclas con mayor calidad proteica eran las que contenían maíz negro y frijol, en sus versiones frita y horneada, las cuales presentaron 267 y 269 mg lisina /g N respectivamente, mientras que la fórmula con maíz amarillo obtuvo 114 mg lisina /g N.

En el análisis sensorial, se observó que la formulación que más gustó fue la versión tradicional frita de maíz amarillo, seguida de la versión frita con maíz negro y frijol negro y por último la versión horneada con maíz negro y frijol negro, con índices de aceptabilidad de 4.49, 3.84 y 2.47 respectivamente en una escala de 5 puntos.

II. INTRODUCCIÓN

Guatemala se encuentra en una etapa de transición nutricional, en la cual predominan las deficiencias nutricionales y la desnutrición (57). Existe un problema de acceso y hábitos de consumo, y hay pocas opciones de alimentos saludables y de bajo costo en el mercado (18). El consumo de proteínas es deficiente, según el informe de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), la ingesta de proteínas de origen pecuario per cápita es de 13.5 gramos por día, el más bajo de la región centroamericana (25). El acceso económico a las proteínas de origen animal es limitado y no hay consumo suficiente de proteínas de origen vegetal (54).

Los patrones de alimentación están cambiando, y cada vez son más personas las que comen productos procesados fuera de casa, principalmente en las áreas urbanas (53). En la última encuesta mundial de salud escolar en el año 2009, el 29.4% de los escolares reportó que consumen por lo menos una vez al día productos procesados como frituras y el 19.7% reportó consumirlas de 2 a 3 veces al día (27). El consumo de frituras o “snacks” fritos en Guatemala aumentó 17% del año 2002 al año 2007, siendo los más comunes las frituras de papa, maíz y maní (20).

Esta información indica que las frituras, consideradas tradicionalmente como alimentos con calorías vacías, están siendo una fuente importante de energía en la población guatemalteca. Lo anterior presenta una oportunidad a la industria de alimentos para ofrecer opciones mejoradas que aporten nutrientes deficitarios en la dieta de la población objetivo.

En el siguiente trabajo se diseñaron y evaluaron dos alternativas distintas a lo disponible actualmente en el mercado nacional, en la categoría de aperitivos de consumo popular, tomando como base la tortilla frita de maíz. Se mejoró la calidad nutricional del producto, adicionando en su formulación 30% de frijol en grano con el propósito de mejorar la cantidad y calidad de la proteína y de esta manera, incidir en el aprovechamiento biológico del producto. Una de las propuestas se sometió a fritura de acuerdo al proceso tradicional y la otra propuesta se hizo horneada con el objetivo de disminuir el contenido de grasa y ácidos grasos saturados.

III. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La transición nutricional se caracteriza por la dualidad de la malnutrición, con la desnutrición infantil por un lado, y el sobrepeso y obesidad en adultos y niños por el otro lado (57). El panorama de la transición nutricional revela que la pobreza es hambre aliviada con alimentos baratos, inadecuados, de alta densidad energética y pobre valor nutricional (71).

La transición demográfica y epidemiológica nutricional trae como consecuencia cambios en los hábitos alimentarios; se aumenta el consumo de azúcar, grasas y alimentos procesados y, por consiguiente, aumentan los factores de riesgo de enfermedades crónicas no transmisibles (71). Coexisten las deficiencias nutricionales y la obesidad (57). Se empiezan a sustituir alimentos tradicionales por otros nuevos como: cereales listos para comer, papalinas, pizza, mantequilla de maní, bebidas gaseosas y refrescos azucarados (71).

En Guatemala, una gran variedad de alimentos son utilizados como “snacks”, siendo los más populares las frituras de maíz, frituras de trigo, las papalinas, y chicharrones (20). El problema radica en que las frituras disponibles actualmente en Guatemala, son calorías vacías, aportan energía pero no son nutricionalmente balanceadas, no contienen micronutrientes y tienen poca o ninguna proteína. Las nuevas directrices de la FDA (Administración de drogas y alimentos de Estados Unidos por sus siglas en inglés) recomiendan aumentar el consumo de proteínas y fibra y reducir el consumo de grasas (29).

Los “snacks” pueden ser diseñados para ser saludables. Estos pueden utilizarse como fuente de proteína y fibra, utilizando cereales enteros y leguminosas, así como procesos y formulaciones diferentes que permiten disminuir su contenido de grasa y sodio.

IV. JUSTIFICACIÓN

El maíz y el frijol son parte fundamental de la dieta guatemalteca y están entre los cinco alimentos que son consumidos por más del 75% de los hogares guatemaltecos (54).

La dieta guatemalteca es baja en alimentos de origen animal, razón por la cual la deficiencia de proteínas en la dieta es muy común (54). Sin embargo, al combinar en cantidades óptimas un cereal y una leguminosa en grano, da como resultado un alimento de calidad proteínica adecuada (10).

Esa base científica ha servido para producir mezclas como Incaparina, que en un principio fue formulada con una mezcla de maíz y algodón y actualmente se produce con maíz y soya. Asimismo, se han desarrollado otros productos, tales como Vitacereal, CSB (Corn Soy Blend por sus siglas en inglés), y galletas de trigo fortificadas con soya y micronutrientes. Recientemente, empieza el interés por utilizar estos conocimientos en la producción de otros alimentos listos para el consumo como los “snacks” fritos.

La demanda de productos preparados está creciendo en el mercado y en las agencias de ayuda alimentaria, quienes buscan productos que además de estar listos para consumir, tengan un alto grado de aceptabilidad. Desde el año 2000 en Indonesia y Camboya, se entrega a los niños en edad escolar un snack fortificado como parte de los esfuerzos de la organización IRD (Ayuda Internacional y Desarrollo por sus siglas en inglés) para disminuir los índices de desnutrición en esa región. Este snack, tradicionalmente hecho de trigo ha sido fortificado con vitaminas, minerales y 20% de soya, lo cual incrementa el contenido de proteína de 10% a 17%. El incremento en la cantidad de proteína fue considerado de vital importancia por el programa debido a que en estos países la desnutrición proteico calórica es mayor del 25%. Adicional a esto, el producto obtuvo una aceptabilidad del 97% en escolares, requisito indispensable para el éxito de los programas de ayuda alimentaria (34).

Asimismo, en Camerún se inició la producción del mismo snack fortificado, con la ayuda de las organizaciones IRD y USDA (United States Department of Agriculture)

con el objetivo de contar con un proveedor local para distribuir el producto como parte de programas escolares de ayuda alimentaria (30).

La ventaja de este “snack” es que tiene precio asequible, tanto para el mercado comercial como para las agencias humanitarias y proporciona comida preparada en tiempos de escasez o hambre. Este producto ha sido suministrado en escuelas, hospitales, y supermercados y las pruebas de aceptabilidad realizadas con niños reportaron 100% de aceptabilidad en sabor y en intención de compra (30).

En Guatemala no hay un “snack” alto en proteína y con un alto grado de aceptabilidad para el consumidor final o que pueda ofrecerse a organizaciones de ayuda alimentaria para situaciones de emergencia o para combatir la desnutrición proteico calórica. Por lo tanto, se considera importante orientar esfuerzos para desarrollar productos que contribuyan a mejorar la alimentación de la población guatemalteca en donde el acceso económico a proteínas de origen animal es escaso. En el presente trabajo, se diseñaron y evaluaron dos “snacks”, a base de maíz y frijol y se compararon con el “snack” original fabricado solamente con maíz respecto a calidad proteica y aceptabilidad.

V. MARCO TEÓRICO

F. SEGURIDAD ALIMENTARIA Y NUTRICIONAL

1. Definición

El concepto de “Seguridad Alimentaria” surge en la década de los 70, basado en la producción y disponibilidad alimentaria a nivel global y nacional. En los años 80, se añadió la idea del acceso, tanto económico como físico. Y en la década de los 90, se llegó al concepto actual que incorpora la inocuidad y las preferencias culturales, y se reafirma la Seguridad Alimentaria como un derecho humano (61).

En 1993, el Instituto de Nutrición para Centroamérica y Panamá (INCAP), define a la Seguridad Alimentaria Nutricional (SAN) como “un estado en el cual todas las personas gozan, en forma oportuna y permanente, de acceso físico, económico y social a los alimentos que necesitan, en cantidad y calidad, para su adecuado consumo y utilización biológica, garantizándoles un estado de bienestar general que coadyuve al logro de su desarrollo” (61).

Según la definición de FAO, la Seguridad Alimentaria “a nivel de individuo, hogar, nación y global, se consigue cuando todas las personas, en todo momento, tienen acceso físico y económico a suficiente alimento, seguro y nutritivo, para satisfacer sus necesidades alimenticias y sus preferencias, con el objeto de llevar una vida activa y sana” (61).

En la Cumbre Mundial de la Alimentación de 1996, dirigentes de 185 países y de la Comunidad Europea reafirmaron, en la Declaración de Roma sobre la Seguridad Alimentaria Mundial, “el derecho de toda persona a tener acceso a alimentos sanos y nutritivos, en consonancia con el derecho a una alimentación apropiada y con el derecho fundamental de toda persona a no padecer hambre (61)”.

2. Pilares de la Seguridad Alimentaria y Nutricional

Tabla 1. Pilares de la Seguridad Alimentaria y Nutricional.

Pilar	Descripción
Disponibilidad	Se refiere a la cantidad y calidad de alimentos con que cuenta un país, región, municipio, hogar o persona. La disponibilidad de alimentos está determinada por factores relativos a la producción, distribución, comercio exterior, procesamiento y conservación de alimentos.
Acceso	Es la capacidad de las personas para adquirir los alimentos que necesitan para cubrir sus necesidades nutricionales. Para que exista seguridad alimentaria y nutricional, los alimentos, además de estar disponibles a nivel nacional, deben ser accesibles física, económica y socialmente para toda la población.
Consumo	Se refiere al comportamiento de las personas ante los alimentos, e incluye la forma de seleccionar, almacenar, preparar y distribuir los alimentos en la familia. Se determina por condiciones internas como la personalidad, la motivación, el aprendizaje y la memoria; y por variables externas como la cultura, el grupo social, la familia y los medios masivos de comunicación. Los hábitos alimentarios indican la dieta usual de las personas; también se le conoce como patrón alimentario. Se forman en la familia y son reforzados en el medio escolar y social, pueden cambiar y son influidos por la publicidad y el cambio de los estilos de vida.
Utilización Biológica	Las condiciones de salud del organismo y de higiene del medio permiten aprovechar biológicamente las sustancias nutritivas de los alimentos que se consumen. Las condiciones sanitarias de las áreas de residencia y de la vivienda de la población, así como las prácticas higiénicas de las personas, están íntimamente asociadas a su seguridad alimentaria nutricional y salud, en la medida que la presencia, frecuencia y severidad de enfermedades infecciosas transmisibles constituyen un factor causal de desnutrición.

Fuente: Naciones Unidas. 2003. Grupo de Seguridad Alimentaria Nutricional. Situación de la Seguridad Alimentaria y Nutricional de Guatemala. Guatemala, Naciones Unidas. 143 p.

3. Situación de Seguridad Alimentaria y Nutricional en Guatemala

A continuación se hace una breve descripción de la Situación de Seguridad Alimentaria y Nutricional en Guatemala con base a los últimos datos encontrados en el momento de realizar el presente trabajo.

- a) Disponibilidad de alimentos: de acuerdo a la información obtenida en la última Hoja de Balance de alimentos calculada por el Instituto Nacional de Estadística (INE), la disponibilidad nacional de energía para el año 2008 era de 2,730 calorías/día/persona y de éstas, el grupo de cereales aporta 54% del total de energía, seguido por el grupo de azúcares que aporta 18% y el de los aceites y grasas con un aporte de 8%. La tortilla de maíz es la fuente principal de energía de los cereales (43).

Respecto a la cantidad de proteínas, hay una disponibilidad de 66 gramos/día/persona, distribuidos en 42.9g de proteína de origen vegetal y 23.1g de proteína de origen animal (43).

- b) Acceso a los alimentos: Según el análisis del Sistema de Naciones Unidas en 2003, el gasto mensual dedicado a la adquisición de alimentos, en más del 60% de los hogares, es insuficiente para acceder a un mínimo alimentario. La situación es más difícil en los hogares con ingresos inferiores a Q1, 300.00 mensuales, que constituyen aproximadamente el 30% del total de hogares, porque a pesar que dedican más del 50% de sus gastos a la alimentación, cubren menos del 40% del costo mínimo alimentario (54).

En la tabla No. 2 se presentan los principales indicadores relacionados con el acceso económico, obtenidos de la Encuesta Nacional de Empleos e Ingresos (ENEI) publicada por el INE en marzo de 2011.

Tabla 2. Principales Indicadores de Acceso a los Alimentos

Indicador	
Costo de la Canasta Básica Alimentaria	Q 2, 224.80
Costo de la Canasta Básica Vital	Q 4,059.85
Salario Mínimo	Q 1,953.33
Salario Promedio a Nivel Nacional	Q 2,249.76
Salario Promedio en el área Urbana	Q 2,587.02
Salario Promedio en el área Rural	Q 1,881.97

Fuente: Encuesta Nacional de Empleos e Ingresos ENEI 2011. Instituto Nacional de Estadística, Guatemala, INE. (s.p.).

- c) Consumo de alimentos: El patrón alimentario familiar, analizado por el número de hogares por consumo, muestra que apenas cinco productos son consumidos por más del 75% de los hogares: tortilla de maíz (tortilla preparada o maíz en grano), frijol, pan, huevos y tomate. Los productos usados por más del 65% de hogares son: azúcar, arroz, carne de res y pollo; menos del 65% de los hogares consumen además pastas, pan francés, papas, cebolla, gaseosas y café. El número de productos llega a quince, cuando la proporción de hogares es de 50% (54).

Respecto a la prevalencia de lactancia materna exclusiva y alimentación infantil, continúa siendo una práctica generalizada en Guatemala, con una leve tendencia ascendente en el grupo de menores de 6 meses. Sin embargo, la lactancia materna exclusiva en los niños menores de 3 meses no es superior al 56.0%, porcentaje que baja hasta 31.2% en los niños y niñas de 4 a 6 meses (54). Un aspecto importante encontrado en la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos Familiares 1998-1999 (ENIGFAM) es el alto consumo de comidas ya preparadas, adquiridas para consumo inmediato en el lugar de compra, ó en el hogar. A nivel nacional este gasto corresponde a un 21% del gasto total en alimentos. Dentro de

las comidas ya preparadas, se encontró que el consumo de “boquitas” o aperitivos fue reportado por el 40% de los hogares, llegando hasta un 50% de los hogares en Petén. Se encontraron alrededor de 30 distintas clases de aperitivos (54).

- d) Utilización biológica de alimentos: Las tasas de mortalidad infantil y mortalidad materna son utilizadas para evaluar el desarrollo alcanzado en el país en materia de salud. La tasa de mortalidad infantil en las diferentes encuestas nacionales muestra una tendencia descendente continua, como producto de intervenciones de salud en grupos de la población. La contribución del componente de mortalidad neonatal a la tasa de mortalidad infantil es elevada; en ella influyen la inmadurez, el peso al nacer, la calidad de la atención del parto y las condiciones socioeconómicas (54).

La utilización biológica de los alimentos no se refiere solamente al estado de salud de las personas, también puede depender de la disponibilidad de los nutrientes dentro del alimento y la capacidad del organismo para absorberlos, es decir, la biodisponibilidad de los nutrientes (54).

B. CALIDAD DE LAS PROTEÍNAS

Cada especie vegetal o animal tiene diferentes tipos de proteínas. Para poder asimilar las proteínas de la dieta, estas deben ser digeridas y convertidas en diferentes aminoácidos. Luego estos llegan a los tejidos donde se combinan de nuevo para formar las proteínas específicas de cada especie (38). Para poder llevar a cabo la síntesis de las proteínas que no son propias, las células necesitan que estén presentes en cantidad suficiente, todos los aminoácidos que compondrán la proteína. La calidad de una proteína representa el grado de aproximación química (contenido y proporción de aminoácidos) de la proteína de la dieta respecto a la del cuerpo (38).

Dentro de todos los aminoácidos que puede contener una proteína, los más importantes, son los esenciales. Los aminoácidos esenciales, son los que deben ser provistos por la dieta diaria, porque el organismo no los sintetiza, o la velocidad de su síntesis es muy lenta, si se le compara con la velocidad con que éste los necesita. Los

aminoácidos esenciales son: isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptófano, valina e histidina. El organismo humano no los puede sintetizar y tiene que recibirlos de su alimentación diaria. El resto de aminoácidos, que también juegan un papel importante en el metabolismo de las proteínas, son sintetizados por el organismo humano y, por tanto, no son esenciales. La función primordial de los aminoácidos que forman las proteínas, es servir de material para la construcción (crecimiento) y el reemplazo ó mantenimiento continuo de las proteínas celulares, durante toda la vida (36).

Algunos alimentos aportan proteínas que no son de alta calidad porque tienen un aminoácido esencial en baja proporción. A partir de este hecho, se define el concepto de aminoácido limitante, como el que presenta la menor de las proporciones entre el contenido de cada aminoácido esencial de la proteína que se evalúa con respecto a la proteína de referencia. Para efectos de investigación, se toma como referencia la proteína del huevo, debido a su gran semejanza con las proteínas endógenas (38). La calidad proteica de las proteínas depende del contenido, la disponibilidad y el balance de sus aminoácidos esenciales. Este concepto está respaldado por numerosas investigaciones. Las proteínas que no son de alta calidad, pueden ser mejoradas por medio de la corrección de sus deficiencias cualitativas y cuantitativas. Estos principios han permitido el uso de este concepto como una posible solución para mejorar la dieta de grupos de población que todavía no disponen de alimentos, en cantidad y calidad suficientes para una nutrición proteica adecuada. Con este enfoque se han hecho varios estudios para mejorar el valor nutritivo de la proteína del maíz, alimento principal de la dieta guatemalteca (8).

1. Evaluación de la Calidad Proteínica

Existe una gran variedad de índices y métodos para evaluar la calidad de las proteínas; se pueden agrupar en métodos biológicos y métodos químicos (38). La evaluación de la proteína de un alimento se debe llevar a cabo partiendo de lo más simple a lo más complejo. La evaluación comienza con el análisis de nitrógeno y de aminoácidos, la sigue una serie de determinaciones químicas específicas y termina con las pruebas biológicas. Sin embargo, existen limitaciones en la cantidad y el tipo de información que puede derivarse de los análisis químicos y de los ensayos con animales (58).

El método elegido para determinar la calidad proteica, dependerá del tipo de estudio y de los objetivos que se pretenden alcanzar. En la tabla 3 se observa una descripción y comparación de ambos métodos.

Tabla 3. Métodos para evaluar la calidad proteica de los alimentos.

Método	Biológicos	Químicos
Descripción	Cuantificar la utilización de proteína en la dieta de animales de experimentación (38)	Se basan en determinaciones químicas de los contenidos de aminoácidos en la proteína, sin tener en cuenta ningún otro factor biológico (38)
Ventajas	<p>Proporcionan información acerca de la disponibilidad y digestibilidad de las proteínas (38)</p> <p>Existe una buena correlación entre los valores biológicos de las proteínas encontrados en ratas con los encontrados en los niños (12)</p>	<p>-Son simples, rápidos y poco costosos. La técnica puede variar desde usar los datos de la literatura en cuanto al contenido de aminoácidos y la digestibilidad, hasta obtenerlos por análisis directos (58)</p> <p>- Existe una buena correlación entre el puntaje aminoacídico y el ensayo biológico para las proteínas cuyo VB es mayor de 0.40, que es el caso de la mayoría de alimentos proteicos (58)</p>
Desventajas	<p>-No son útiles para obtener el aminoácido limitante ya que se requiere de varios experimentos, en los que la proteína es suplementada con varios aminoácidos antes que el aminoácido limitante pueda ser identificado (5)</p> <p>- Un ensayo en el laboratorio se lleva a cabo bajo condiciones estandarizadas que pueden ser distintas de aquellas que se encuentran en situaciones no experimentales. La utilización de la proteína varía con la cantidad de proteína y la historia dietética previa (58)</p> <p>- Los resultados generalmente se extrapolan de los animales al hombre. Se han encontrado diferencias entre los valores encontrados en el laboratorio y los que se obtienen en circunstancias prácticas de alimentación del hombre (58)</p>	<p>-Hay algunos, como el aminograma, que son muy costosos y no detectan aminoácidos esenciales como la Asparragina y la Glutamina.</p> <p>- No es recomendable en proteínas y alimentos que han sido sometidos a calentamiento muy prolongado, como la deshidratación; la calificación puede ser irreal ya que no toma en cuenta detalles de biodisponibilidad, solo considera la digestibilidad química.</p> <p>-La velocidad de digestión puede afectar el valor nutricional de la proteína y dentro del tracto gastrointestinal existe un "pool" considerable de proteínas hábiles que juegan un papel en el metabolismo proteínico global. Esto no es tomado en cuenta en los métodos químicos.</p> <p>-No es recomendable para las proteínas de muy baja calidad debajo del valor biológico de 0.40 (58)</p>
Los más usados	<p>Valor biológico, Utilización neta de la proteína, Calificación de aminoácido corregida (<i>Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score</i>, PDCAAS), Índice de Eficiencia Proteínica (PER), Coeficiente de Digestibilidad Aparente (CDA), Coeficiente de Digestibilidad Verdadera (CDV).</p>	<p>Amino grama, Cómputo o Índice Químico, Índice de aminoácidos esenciales, Lisina Disponible</p> <p>(38)</p>

a) Lisina Disponible

En el presente trabajo para la determinación de la calidad proteica, se utilizó el método de lisina disponible, por ser el más rápido, sencillo y de menor costo. El método que utiliza el Programa Mundial de Alimentos (PMA) en los programas de ayuda alimentaria, para evaluar la calidad proteínica de las mezclas vegetales, es el método de lisina disponible. Este método se ha utilizado para controlar la influencia de los tratamientos tecnológicos de los alimentos sobre la disponibilidad de los nutrientes y, más concretamente, en aquellos casos en que se usan tratamientos térmicos. Se ha encontrado que los cambios en la lisina disponible son paralelos a los del valor biológico y a otros índices de la calidad de la proteína (37).

La lisina es uno de los aminoácidos esenciales menos abundante en muchos alimentos; además, los procesos de preparación pueden reducir su disponibilidad. El tratamiento con calor en los alimentos en los que se encuentran al mismo tiempo proteínas con lisina y azúcares reductores como la glucosa, lactosa o galactosa, produce una serie de reacciones llamadas pardeamiento no enzimático, reacciones de Maillard o caramelización, en las que se produce una pérdida de lisina, que es mayor cuando el tratamiento térmico es más intenso (44).

Además de que la lisina es el principal aminoácido limitante en los cereales, casualmente es también el aminoácido más reactivo. Los enlaces proteicos de los residuos de lisina con muy poca reactividad tienden a ser nutricionalmente "no disponibles". Por consiguiente, la lisina disponible se considera como índice confiable de la calidad de la proteína (56).

Según Carpenter, entre más severo es el proceso que se le dé a un alimento, menor será la disponibilidad de la lisina. Adicionalmente, la concentración de lisina en los tejidos animales es la razón principal de su alto valor proteico. Por lo tanto, cualquier procedimiento químico que muestre que un producto es rico en lisina disponible también indicará que el material es de buena calidad proteica y que el proceso fue controlado adecuadamente (11). Carpenter plantea la existencia de una buena correlación entre el valor biológico de los alimentos y los niveles de lisina disponible (12).

C. CEREALES Y LEGUMINOSAS

Los cereales son el principal cultivo en el mundo. Dominan la producción agrícola mundial debido a que directa o indirectamente proveen una gran proporción del sustento humano. Los granos de cereal contienen entre 60-70% almidón y 7-14% de proteína. Son la principal fuente de carbohidratos para los humanos y animales domésticos y proveen una proporción importante de proteínas. Son los alimentos básicos para muchas personas alrededor del mundo, particularmente en los países en desarrollo, debido a que son una fuente relativamente barata de calorías y proteínas comparados con la carne (41).

Los principales granos incluyen trigo, arroz, maíz, cebada, sorgo, avena, centeno y mijos. La mayoría de la población mundial subsiste con trigo, arroz y maíz. Estos cereales representan el 80% de la producción total de granos de cereales (41).

En términos de producción agrícola, los cereales son la fuente más importante de alimentación humana y animal, pero la familia de legumbres, las leguminosas, abarcan un grupo sumamente diverso de hierbas, vides, arbustos y árboles. Solamente, la subfamilia Papilionoidea tiene 600 géneros y 13,000 especies de plantas que tienen frutos con un patrón específico de vainas alargadas. Más de 80 especies de legumbres se consumen alrededor del mundo y representan la segunda fuente más importante de alimentos. Alrededor de 20 especies de legumbres se cultivan en grandes hectáreas. Estos cultivos de legumbres son principalmente herbáceos que pueden consumirse directamente como semilla seca y madura, como semilla verde inmadura o como vaina entera (41).

1. Maíz

El **maíz**, o **elote** (*Zea mays*) es una planta gramínea anual originaria de América, introducida en Europa en el siglo XVI. Actualmente, es el cereal con mayor volumen de producción en el mundo, superando al trigo y al arroz (56). En la mayor parte de los países de América, el maíz constituye la base histórica de la alimentación, principalmente en México y Centroamérica. En estos países, el maíz cuenta con una gran importancia nutricional debido a sus niveles de ingesta, composición química, valor nutritivo y variedad de formas en las que se consume. En algunos lugares con

mayores índices de ingesta de maíz, éste representa la fuente del 80% de las calorías y el 70% de las proteínas en la dieta de la población adulta (65).

Sin embargo, de acuerdo a estudios realizados por Bressani (8), una dieta que se base principalmente en el maíz, es una dieta no balanceada, ya que el valor nutricional de éste es sólo relativo, o más bien bajo, en comparación con los niveles de una dieta ideal para el normal desarrollo biológico del hombre.

Como todos los cereales, la concentración de proteínas en el maíz es relativamente baja y esto reduce el valor biológico de las mismas. Las proteínas del maíz son deficientes en algunos aminoácidos esenciales, en niacina y en otros elementos nutricionales indispensables. Estas deficiencias son más pronunciadas en los casos de una dieta no balanceada y en circunstancias extremas, pueden provocar enfermedades cutáneas y de las mucosas, o favorecer el desarrollo de las mismas, contribuyendo a crear cuadros de malnutrición o desnutrición, agravados por otros factores endógenos o exógenos diversos. Con el objetivo de corregir estas deficiencias, la dieta debe complementarse con otros nutrientes o fuentes proteicas diversas, de origen animal (carne, huevos, leche) o de origen vegetal como legumbres, frutas, raíces, especias, y tubérculos (65).

a) Aminoácidos esenciales

Los cereales poseen un bajo contenido de proteínas y la lisina es el aminoácido limitante. Sin embargo, en el caso del maíz, la deficiencia de triptófano es más acentuada; por eso se debe suplementar la harina de maíz con estos dos aminoácidos (8). En la tabla 4 se muestra la cantidad de proteínas, así como el contenido de aminoácidos esenciales del maíz y de otros cereales en comparación con los de la leche.

Tabla 4. Contenido de Aminoácidos esenciales y de proteína de varios cereales, expresados en g/16 g de nitrógeno.

Aminoácido	Maíz	Arroz	Harina de Trigo	Proteína de la Leche
Lisina	2.88	4.27	2.08	7.94
Triptófano	0.61	1.35	1.12	1.44
Isoleucina	4.62	4.89	4.19	6.51
Leucina	12.96	7.84	7.02	10.02
Aminoácidos Azufrados totales	3.15	3.45	3.02	3.41
Fenilalanina	4.54	5.55	5.01	4.94
Treonina	3.98	4.10	2.62	4.70
Valina	5.10	6.24	3.94	7.01
% proteína	9.40	7.20	11.80	35.0

Fuente: Bressani, R. 1972. Mejoramiento de las Dietas a Base de Maíz Enriquecido con Aminoácidos y Proteínas Suplementarios. Mejoramiento de la Calidad proteínica del maíz. Guatemala, INCAP. pp. 41-61. (8)

b) Formas para Mejorar la Calidad Proteínica del maíz

Como ha quedado establecido, la proteína del maíz normal es de baja calidad debido a que su proteína es deficiente en dos aminoácidos básicos: lisina y triptófano, y en aminoácidos menores, como la isoleucina.

Existen varios enfoques para mejorar la calidad proteínica de las dietas basadas en el maíz, tratando de equilibrar el balance de aminoácidos. A continuación se describen brevemente los enfoques que se han estudiado en el INCAP para encontrar la solución

más fácil y práctica a fin de obtener el mayor beneficio nutricional para quienes necesitan dietas que contengan más proteína de alta calidad (8).

- **Suplementación con Aminoácidos:** La calidad proteínica del maíz se mejora si se agrega lisina y triptófano, y hay un mejoramiento cuando también se añade isoleucina en presencia de lisina y triptófano. La adición de los dos aminoácidos también aumenta la retención del nitrógeno a todos los niveles de ingesta de proteína (8).

- **Por Manipulación Genética:** Se ha estudiado que se logra una mayor calidad proteínica en el maíz mediante la incorporación de varios genes mutantes; entre ellos, el opaco-2 ha demostrado ser el más efectivo. La calidad proteínica del maíz opaco-2, desarrollado en la Universidad Purdue en 1964, fue probada en niños y se demostró que las proteínas del maíz opaco tienen un valor proteínico equivalente a 90% del de las proteínas de la leche, utilizando el método de análisis de balance de nitrógeno. Inicialmente este grano poseía características físicas y agronómicas deficientes; sin embargo, con el liderazgo del Centro Internacional del mejoramiento del maíz y trigo (CIMMYT) en México se logró en 1985 el desarrollo de maíz QPM (Quality Protein Maize). En Guatemala el personal del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA), en el área de maíz, logró producir variedades de QPM de alto rendimiento y de alta calidad proteínica. Se les conoció como Nutricita, Proticita y recientemente el Maya ICTA (8).

- **Complementación con Proteína:** Cuando el maíz se consume en cantidades tan altas como ocurre en varios países de Latinoamérica y África, suministra niveles relativamente altos de proteína total, junto con altos niveles de materia seca sin proteína, principalmente carbohidratos. Para mejorar este aspecto y el que se refiere a la calidad proteica, se han desarrollado mezclas alimenticias de maíz con otros ingredientes, las cuales suministran mayor calidad y cantidad de proteína, conocidas como mezclas de proteína vegetal (8).

Ya desde la época de la Mesoamérica precolombina, los habitantes, particularmente los mayas, conseguían complementar sus dietas mediante el consumo de frijol, calabazas, carne silvestre y algún otro vegetal. También utilizaban procedimientos para superar las deficiencias de proteínas, calcio y niacina, como la cocción alcalina, es decir, el uso de cal en el cocimiento del maíz y en la preparación de las tortillas, la lactancia prolongada de los niños casi hasta los tres años, la utilización de técnicas agrícolas favorables como la roza y el barbecho, la selección de semillas y la diversificación de la dieta (65).

c) Disponibilidad en Guatemala

Según la última Hoja de Balance de Alimentos, calculada por el INE en el 2008, en Guatemala, hay una disponibilidad de harina de maíz de 30g/día/persona equivalentes a 108 calorías y de tortillas de maíz de 516.7g/día/persona equivalentes a 1,054 calorías (43)

d) Consumo en Guatemala

En Guatemala, el consumo de maíz se mantiene en más del 75% de los hogares; se estima que cada persona consume una cantidad mínima equivalente a 8 tortillas medianas per cápita, aunque obviamente hay sitios donde el consumo es mayor y otros donde es menor. También se debe considerar el consumo de otros productos derivados de maíz. En unas regiones se adquieren principalmente las tortillas ya elaboradas como ocurre en las regiones Metropolitana y Nor Oriente (81% y 45% de hogares respectivamente). En otras regiones se adquirió tanto tortillas ya preparadas como maíz en grano, mientras en la región Nor Occidente es mayor el número de hogares que usaron maíz en grano (54).

Un alto porcentaje de hogares en todas las regiones adquieren las tortillas ya preparadas y el uso de harina de maíz nixtamalizada en los hogares todavía es muy bajo. Es probable que una buena proporción de las tortillas adquiridas ya elaboradas sean preparadas con harina de maíz (54).

e) Maíz Negro o Morado

Existe una gran variedad de cultivos de maíz en el mundo, y estos tienen varios colores entre los cuales están el blanco, amarillo, rojo, morado, café, verde y azul. El maíz morado (*Zea mays L.*) ha sido cultivado en América Latina, principalmente en Perú, y los peruanos lo han utilizado por siglos como alimento. La “Chicha Morada” es una bebida típica del Perú y está hecha de agua con maíz morado, hervido a fuego lento (3).

El pigmento del maíz morado se debe a las antocianinas. El pigmento antocianina obtenido del maíz morado está aprobado en Japón y listado como aditivo permitido para dar color morado (3). Se ha usado en bebidas, mermeladas y dulces en Japón. Se ha demostrado que las antocianinas tienen actividades biológicas como antioxidantes (33), anti-mutagénico (72) y posee actividades anti cancerígenas (3). Un estudio en Japón en el 2001 demostró que el pigmento del maíz morado impide el desarrollo de cáncer de colon en ratas (39).

2. Frijol Común

Dentro del grupo de las leguminosas comestibles, el frijol común es una de las más importantes debido a su amplia distribución en los 5 continentes y por ser complemento nutricional indispensable en la dieta alimenticia, principalmente en Centro y Suramérica. El cultivo del frijol es considerado uno de los más antiguos; según hallazgos arqueológicos en México, su posible centro de origen. En Suramérica indican que era conocido por lo menos 5,000 años antes de la era cristiana. La planta de frijol es anual, herbácea, intensamente cultivada desde el trópico hasta las zonas templadas; aunque es una especie termófila, es decir, que no soporta heladas, se cultiva esencialmente para obtener las semillas, las cuales tienen un alto contenido de proteínas, alrededor de un 22%. Las semillas pueden ser consumidas tanto inmaduras como secas. También puede consumirse la vaina entera inmadura (22).

El frijol es una rica fuente de proteínas e hidratos de carbono, además de ser una buena fuente de vitamina del complejo B como la Niacina, la Riboflavina, el Ácido Fólico y la Tiamina. También es una rica fuente de minerales como el hierro, cobre,

zinc, fósforo, potasio, magnesio y calcio y tiene alto contenido de proteína y fibra. Asimismo, es una excelente fuente de ácidos grasos poliinsaturados (73). En la tabla 5 se observa la composición química del Frijol común.

Tabla 5. Composición del Frijol Común (Phaseolus vulgaris).

Composición del Frijol Común	
Fibra	6.6 %
Humedad	7.9 %
Grasas	1.8 %
Proteínas	26.1 %
Carbohidratos	61.4 %

Fuente: Las Leguminosas de Grano: Su Valor Nutritivo y en la Salud. Composición Química y Valor Nutritivo [Diapositiva]. 2009. Tecnoalimentaria Guatemala. Ricardo Bressani. Guatemala, Universidad Del Valle de Guatemala, Centro de Ciencia y Tecnología de Alimentos. 40 diapositivas, color. (47)

a) Aminoácidos esenciales

El frijol negro es una de las principales fuentes de proteínas en la dieta del guatemalteco. La comparación del contenido en aminoácidos de la proteína del frijol con la proteína de referencia de FAO/OMS, indica que el frijol negro es una buena fuente de aminoácidos aromáticos, lisina, leucina e isoleucina. Sin embargo, es deficiente en aminoácidos azufrados" (metionina y cisteína), valina, triptófano y treonina, en comparación con el patrón de referencia FAO/OMS. Los frijoles se consumen habitualmente con tortillas de maíz, lo que supone una complementación de ambas proteínas, originando una proteína de alto valor nutricional. Sin embargo, su utilización biológica se ve afectada por la presencia de factores inhibidores de su absorción, tales como taninos y ácido fítico (47). Por otro lado, la mayor parte de estos inhibidores son termolábiles, por lo que su capacidad inhibitoria se reduce significativamente con los procesos térmicos culinarios. El tratamiento térmico tiene un doble efecto sobre las leguminosas. Disminuye y elimina la actividad de algunos

factores antifisiológicos, y aumenta la disponibilidad de aminoácidos azufrados presentes en altas concentraciones en los inhibidores de tripsina (47).

En la tabla 6 se detalla el contenido de aminoácidos esenciales encontrados en la variedad de frijol Cowpea y en el frijol negro común, expresado en g/16gN.

Tabla 6. Contenido de Aminoácidos en Cowpea y Frijol Negro Común expresado en g/16g N.

Aminoácido	Cowpea*	Frijol Común
Arginina	8	6.4
Histidina	3.4	3.52
Isoleucina	5.1	5.28
Leucina	7.7	8.16
Lisina	7.8	8.8
Metionina	1.23	2.4
Cistina	0.51	1.28
Fenilalanina	4.21	4.16
Tirosina	1.98	3.36
Treonina	4.06	4.48
Triptófano	1.09	1.12
Valina	5.02	5.6

* Promedio de 8 variedades de Cowpea.

Fuente: Las Leguminosas de Grano: Su Valor Nutritivo y en la Salud. Composición Química y Valor Nutritivo [Diapositiva]. 2009. Tecnoalimentaria Guatemala. Ricardo Bressani. Guatemala, Universidad Del Valle de Guatemala, Centro de Ciencia y Tecnología de Alimentos. 40 diapositivas, color. (47)

b) Disponibilidad en Guatemala

Según la última Hoja de Balance de Alimentos, calculada por el INE en el 2008, en Guatemala, hay una disponibilidad de frijol de 17.8g/día/persona equivalentes a 61 calorías, 4 gramos de proteína y 0.3 gramos de grasa (43).

c) Consumo en Guatemala

El frijol ha sido uno de los alimentos básicos tradicionales de la dieta guatemalteca. De acuerdo a la ENIGFAM, a excepción de la región Metropolitana, donde solamente en el 52% de los hogares se registró consumo de frijol en grano durante la semana de la encuesta, en el resto de las regiones fue registrado en más de 75% de los hogares. El mayor consumo se observa en la región Norte y en la región de Petén, en donde se consume en más de 80% de los hogares (54).

Estos datos muestran la importancia que mantiene el frijol, principalmente negro, en la dieta guatemalteca, como complementario al maíz. La cantidad mínima estimada para frijol equivale a 45 gramos por persona por día. Una alternativa para el consumo de frijol en grano la constituye el frijol molido enlatado o harina de frijol; sin embargo el uso de estos productos es todavía bastante bajo, apenas 7% a nivel nacional y cerca de 13% en la región Metropolitana. El uso de otras leguminosas es insignificante en el país (54).

d) El Frijol como Alimento Funcional

Los Alimentos Funcionales, son aquellos que ejercen una acción beneficiosa sobre algunos procesos fisiológicos y/o reducen el riesgo de padecer una enfermedad. Los Alimentos Funcionales poseen componentes que afectan funciones del organismo de manera específica y positiva, promoviendo un efecto fisiológico más allá de su valor nutritivo tradicional (48).

Las leguminosas en grano se consideran un alimento funcional. Debido a la relación entre una dieta baja en fibra dietética y el desarrollo de enfermedades tales como hipertensión, aterosclerosis y diabetes, se ha recomendado aumentar el consumo de hidratos de carbono complejos y fibra dietética (55). En años recientes, el consumo de

leguminosas de grano en general y el de frijoles en particular, ha ganado atención, porque se ha asociado a la reducción del riesgo de desarrollo de dichas enfermedades (53, 49, 4, 64). Además, los frijoles presentan menor índice glicémico que otros alimentos, por lo que se asocian con la prevención de enfermedades relacionadas con la resistencia a la insulina y el aumento de la saciedad (32).

El frijol tiene otras propiedades funcionales además de las citadas. Estudios epidemiológicos (2, 24, 51, 64) muestran una menor incidencia de cáncer de colon en poblaciones cuya dieta incluye un mayor consumo de leguminosas. Esto se debe a que contienen los 4 tipos de fibra dietética reconocidas: Fibra insoluble, Fibra soluble, Almidón Resistente y Oligosacáridos y a su alta cantidad de Fitoquímicos, compuestos ampliamente estudiados por sus propiedades antioxidantes y anticancerígenas (46).

e) Factores Antifisiológicos en las Leguminosas de Grano

Las leguminosas en grano tienen factores antifisiológicos que deben tomarse en cuenta al utilizarlas como fuente de alimentación o ingrediente en el diseño de algún producto. Los factores antifisiológicos que se encuentran en las leguminosas en grano, son los siguientes: Inhibidores de tripsina, Hemaglutininas, Inhibidores de la amilasa, Glucósidos cianogénicos, Factores bociogénicos, Factores de flatulencia, Latirismo, Favismo, L-Dopa (47).

Sin embargo, el procesamiento térmico tiene efectos positivos sobre el valor nutritivo de las leguminosas en grano. Algunos de estos efectos son:

- Inactivación de los inhibidores enzimáticos y lectinas;
- Reduce/inactiva otros antinutrientes (taninos);
- Aumenta la digestibilidad proteica y de carbohidratos;
- Aumenta la calidad de la proteína;
- En exceso disminuye la biodisponibilidad de aminoácidos esenciales (lisina).

Estudios realizados por Bressani en 1982, demuestran que la cocción tiene un efecto positivo en la digestibilidad de la proteína y ésta puede relacionarse directamente con la cantidad de lisina disponible (47).

3. Mezclas Vegetales

La proteína de alimentos de origen vegetal, a pesar de que la contienen en buena proporción, no es de tan buena calidad, por su contenido de aminoácidos esenciales, el cual es bajo o carente de alguno de ellos (23). Cuando dos alimentos de origen vegetal se consumen juntos, por ejemplo, el arroz y el frijol, la proteína de esta mezcla vegetal se mejora sustancialmente, ya que sus contenidos individuales de aminoácidos esenciales se complementan y forman una proteína de alta calidad (23).

Generalmente, los cereales y las leguminosas por sí solos no llenan las necesidades de aminoácidos esenciales que el organismo necesita, para formar una proteína de buena calidad, pero al consumirse juntos dan como resultado una mezcla vegetal con la proteína de buena calidad necesaria y en ella se utiliza al máximo el valor nutritivo de ambos (6). En la tabla 7 se presentan varias mezclas vegetales a base de frijol y se indican las proporciones recomendables para su óptima utilización.

Tabla 7. Mezclas Vegetales a base de Frijol.

Alimento	Cantidad en grano
Frijol / Arroz	30 / 70
Frijol / Maíz	30 / 70
Frijol / Trigo	10 / 90
Frijol / Camote	20 / 80
Frijol / Plátano	30 / 70
Frijol / Papa	10 / 90

Fuente: Blandón, P. A. 1983. Fundamentos de Nutrición. San José, Costa Rica. Editorial Universidad Estatal a Distancia. 146 p. (6)

A continuación se presenta algunos productos y estudios importantes de alimentos nutricionalmente mejorados a partir de mezclas Vegetales.

a) Incaparina

Desarrollada por el INCAP en el año 1956, esta mezcla contenía originalmente 70% de harina de maíz y 30% de harina de algodón y estaba fortificada con vitaminas deficitarias en la población guatemalteca: vitamina A, tiamina, riboflavina, vitamina B12, ácido fólico, calcio, hierro y zinc. En los años noventa, por falta de disponibilidad de harina de algodón, fue sustituida por harina de soya, dejando la mezcla vegetal en la misma proporción. La base para este desarrollo fueron los estudios y ensayos del Dr. Ricardo Bressani y se hicieron varias evaluaciones bioquímicas y clínicas con excelentes resultados.

Recientemente, se terminó un estudio longitudinal realizado a lo largo de 40 años en el que se demostró la relación directa entre el consumo de Incaparina y el aumento en talla y escolaridad de los niños que la consumieron, así como el desarrollo humano alcanzado en las aldeas en donde se realizó la intervención. El estudio longitudinal de Oriente realizado por el INCAP (1969-1977) fue un ensayo de alimentación complementaria llevado a cabo en cuatro aldeas rurales localizadas entre 35 y 100km al noroeste de la ciudad de Guatemala. Cuatro estudios posteriores principalmente enfocados en aspectos de desarrollo de capital humano, trazaron exitosamente la mayoría de la población estudiada, construyendo así un estudio de cohorte único y bien documentado. Ningún otro estudio cuenta con datos similares de seguimiento acerca del impacto que tiene una intervención nutricional en la infancia cuarenta años después (62).

b) Colombiharina

En Colombia, a partir de 1970 se iniciaron las investigaciones para desarrollar su primera mezcla vegetal. Fue diseñada por el departamento de nutrición de la Universidad del Valle de Colombia, es una mezcla que contiene 70% de arroz y 30% de soya. La soya aporta al arroz la lisina y el arroz aporta metionina y cistina a la soya. El balance de aminoácidos esenciales fue validado por medio de estudios biológicos. El PER de la Colombiharina es de 3.3% comparada con el 3.5% de la clara del huevo. Se ha enriquecido con vitaminas y minerales deficitarios en la población colombiana, tales como vitaminas del complejo B, Hierro, Calcio, Fósforo, Zinc y Vitamina C (15).

c) Otros Estudios

Efecto de la adición de harina de frijol común (*Phaseolus vulgaris L.*) en la digestibilidad *In Vitro* del almidón y de los carbohidratos no digeribles en Espagueti. El espagueti es considerado como un alimento con almidón de lenta digestibilidad. Varios estudios han reportado que el valor nutricional de los espaguetis se incrementa utilizando leguminosas. En este estudio se utilizó harina de frijol en diferentes porcentajes en la formulación de los espaguetis y se demostró que, a mayor contenido de harina de frijol, se obtenían las siguientes ventajas nutricionales: menor tiempo de cocción, mayor contenido de proteína y mayor contenido de almidón resistente (35).

Formulación y Evaluación de Aceptabilidad de Mezclas Vegetales para la Alimentación de pacientes hospitalizados en el Instituto de Cancerología Dr. Bernardo Del Valle. En este estudio, realizado en el 2006 por la nutricionista Silvia Beatriz Ruano Chinchilla se formularon cuatro mezclas vegetales utilizando un tubérculo o cereal y una leguminosa (trigo-haba, avena-soya, camote-soya, trigo-soya); por medio del método "puntaje químico" se calcularon las cantidades de cada alimento de manera que se compensaran los aminoácidos limitantes en ellos y mejorara la calidad proteica de la mezcla. Las mezclas calculadas se prepararon en forma de atoles y tuvieron una aceptabilidad mayor de 94% excepto el de trigo-haba, cuya aceptabilidad fue de 76% (66).

Evaluación Nutricional y Textural de tortillas de maíz-frijol blanco nixtamalizadas.

Un grupo de científicos de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), dirigido por Abraham Méndez, determinó el efecto de la adición de frijol blanco sobre ciertas propiedades nutricionales, fisicoquímicas y texturales de tortillas. Las mezclas de maíz-frijol blanco utilizadas fueron 100:0, 95:5, 90:10, 85:15, 80:20, y 75:25. Las mezclas fueron procesadas utilizando el proceso tradicional de nixtamalización. Al aumentar la cantidad de frijol en las tortillas se registraron contenidos mayores de proteína, lisina y triptófano. Con la adición de 25% de frijol, los contenidos de lisina y triptófano aumentaron en 56 y 36% el valor del perfil FAO, hasta 95 y 84% respectivamente. Se concluye que las tortillas hechas con las mezclas indicadas no solo mejoran su calidad

proteica, sino que presentan propiedades fisicoquímicas y texturales similares a las de las tortillas preparadas con maíz (21).

Evaluación Sensorial de Tortillas de Maíz fortificadas con harina de amaranto, frijol y nopal. En este estudio, se idearon 4 formulaciones de tortilla de maíz fortificada con 10% de una mezcla de harinas de amaranto (*Amaranthus spp.*), frijol (*Phaseolus vulgaris*) y nopal (*Opuntia ficus-indica*) para aumentar su cantidad de proteína, fibra y micronutrientes. A estas formulaciones se les evaluó sensorialmente mediante una escala hedónica aplicada a 32 jueces y una prueba de comparaciones múltiples aplicada a 18 jueces semi entrenados, con el objetivo de observar su aceptación y similitud con un control (tortilla 100% de maíz nixtamalizado). Se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos en la aceptación y la textura de la formulación, siendo la formulación 90:2:6:2 la mejor aceptada sensorialmente respecto al control (19).

Elaboración y caracterización de frijoles fritos tipo "snack" con variedades diferentes de frijol. El objetivo de este estudio fue desarrollar un producto crocante tipo "snack" en base a frijol frito utilizando para ello tres variedades: Pinto 114, Suave 85 y Tórtola Inia, los cuales se remojaron en dos soluciones: sal disódica de EDTA y una mezcla de NaOH/Agua, determinando si éstas tenían algún efecto sobre la calidad final de los productos. Por otra parte, antes que los frijoles se sometieran al proceso de fritura, una parte de los granos fue tratada térmicamente (cocción lenta en agua) y otros no sufrieron este tratamiento (crudo) lo que también constituyó un efecto sobre la calidad final de los frijoles fritos. A los productos fritos obtenidos se les determinó sus características físicas, químicas y sensoriales. En las tres variedades utilizadas los productos cocidos presentaron un mayor contenido de humedad, una mayor absorción de aceite, un menor contenido de proteína y una mayor actividad de agua, no encontrándose efecto de las soluciones de remojo sobre la calidad de los productos elaborados (42).

D. DISEÑO DE APERITIVOS LISTOS PARA EL CONSUMO

1. Regulación.

En Guatemala, dentro del listado de la Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR), no existe una regulación específica para producir aperitivos listos para el consumo; sin embargo, como cualquier alimento, debe cumplir con las buenas prácticas de manufactura.

Dentro del Sistema de Clasificación de Alimentos del Codex Alimentarius, se encuentran en la lista 15.0, los “Aperitivos listos para el consumo”. La categoría, comprende los siguientes tipos de alimentos:

- Aperitivos a base de patatas (papas), cereales, harina o almidón (derivados de raíces y tubérculos, legumbres y leguminosas). Comprende todos los aperitivos naturales y aromatizados, pero excluye las galletas “cracker” naturales. Ejemplos: patatas (papas) fritas, palomitas de maíz, galletas saladas (pretzels), galletas “cracker” de arroz (senbei), galletas “cracker” aromatizadas (p. ej., las galletas “cracker” con sabor a queso), bhujía (nankeen); aperitivo elaborado a base de una mezcla de harinas, maíz, patatas, sal, frutos secos, piñones, especias, colores, aromas y antioxidantes. Mezclas elaboradas a base de harina de arroz con agua, o de harina de frijol común o de caupí, con la adición de sal y especias, y preparadas en forma de bola o torta plana.
- Nueces elaboradas, incluidas las nueces revestidas y mezclas de nueces con frutas secas. Comprende todos los tipos de nueces enteras elaboradas; con cáscara o sin ella, saladas o naturales, así como las nueces elaboradas tostadas en seco, tostadas marinadas, saladas o hervidas. Se clasifican aquí los aperitivos de nueces recubiertas de yogur, cereales y miel y los aperitivos secos de frutas, nueces y cereales. Las nueces recubiertas de chocolate se clasifican en la categoría de confitería.
- Aperitivos a base de pescado: Se refiere a las galletas “cracker” para aperitivo con pescado, productos pesqueros o sabor a pescado. El pescado seco en sí

que puede consumirse como aperitivo se clasifica en la categoría 09.2.5, y los aperitivos de fiambre en la categoría 08.3.1.2. (14).

Los aditivos que están permitidos para la elaboración de Aperitivos listos para el consumo se describen en la tabla 8.

Tabla 8. Categoría 15.1 del Codex Alimentarius, 1995. Aperitivos a base de patatas (papas), cereales, harina o almidón (derivados de raíces y tubérculos, legumbres y leguminosas).

Aditivo	dosis máxima (ppm)
Tiodipropionatos	200
Amarillo ocaso FCF	200
Azul Brillante FCF	200
Benzoatos	1000
Butilhidroxianisol	200
Carmines	200
Carotenoides	100
Carotenos, beta	100
Ciclodextrina, beta	500
Clorofilas y Clorofilinas, complejos Cúpricos	350
Esteres de Ascorbilo	200
Esteres Diacetiltartaricos y de ácidos grasos de glicerol	20000
Extracto de Piel de Uva	500
Galato de Propilo	200
Hidroxibenzoatos, para	300
Indigotina	200
Óxidos de Hierro	500
Rojo de cochinilla	200
Riboflavininas	1000
Rojo Allura	200
Sorbatos	1000
Sulfitos	50

Fuente: CODEX ALIMENTARIUS

2. Procesos en la Elaboración de Aperitivos tipo “Tortilla Frita”

Con frecuencia, la tortilla frita es conocida en Guatemala como “Nachos”. Puede tener forma triangular o redonda. En Guatemala existen varias marcas que comercializan este producto, tales como *Señorial*, *Frito Lay*, y *Ya Está*; asimismo, es consumida en restaurantes, cines y ventas callejeras.

Como ingredientes se utilizan el maíz amarillo, maíz blanco, harina de maíz, trigo entero o maíz negro. Para hacer los Nachos se utiliza una masa gruesa. La masa consiste en maíz mezclado con cal grado alimenticio utilizado para poder romper la cáscara. Luego los granos se muelen para hacer harina. El resto de ingredientes que se utiliza son: aceite, sal y sazonadores. También se pueden utilizar otros ingredientes como preservantes, emulsificantes, gomas y acidulantes para aumentar el tiempo de vida y mantener algunas propiedades de calidad en el producto. Las características de las materias primas determinan la calidad del producto terminado, los parámetros de cocción y el color (7). Los principales procesos necesarios para la elaboración de la Tortilla Frita o Nachos son: Nixtamalización, molienda, amasado, moldeado, horneado, enfriado y fritura (50).

a) Nixtamalización

La nixtamalización es el proceso milenario de origen mesoamericano por el cual se prepara la harina de maíz. La palabra proviene de nixtamal, a su vez del náhuatl nextli "cenizas de cal" y tamalli "masa de maíz cocido". En el método tradicional, se hierve el grano del maíz en una olla de barro con dos litros de agua y dos cucharadas de cal por kilo de maíz. Se calienta lentamente mientras se revuelve con un cucharón de madera, luego se hierve, se deja reposar durante la noche hasta el día siguiente, tiempo en el que revienta y se separa el grano de la cáscara (llamada hollejo). Para saber si el proceso fue exitoso, se debe pelar fácilmente el grano de maíz al frotarlo entre los dedos (45).

En el método industrial, para el cocimiento del maíz se utilizan calderas de cocimiento de acero inoxidable o marmitas cerradas verticales. Se agrega 1% de cal y aproximadamente 18% de agua respecto al peso del maíz. Se calienta indirectamente con vapor y se agita mecánicamente. Las calderas están diseñadas para cocinar a la temperatura de ebullición, o cerca de ella, de la solución cal-agua-maíz. Las capacidades de estas calderas varían entre 300 y 595 libras (50).

Las marmitas verticales usan inyección de vapor directo para calentar y agitar la solución cal-agua-maíz en un tanque largo, que sirve para cocinar y al mismo tiempo para el reposo. Adicionalmente, la agitación se realiza con aire comprimido. Como

estos sistemas están diseñados para cocinar a temperaturas debajo del punto de ebullición de la solución (185 °F ó 85 °C), el tiempo de cocción es mayor que el de las calderas de vapor. La capacidad de las marmitas verticales varía entre las 3,000 y las 6,000 libras (50). El tiempo de cocción varía entre pocos minutos y media hora, dependiendo del sistema que se use. En general, las temperaturas arriba de 155 °F (65 °C) se consideran óptimas. La cocción depende de las características del maíz y de la interacción entre el tiempo, temperatura, concentración de cal, tamaño del grano y la agitación. El Nixtamal utilizado para productos fritos se cocina generalmente por menos tiempo que el nixtamal utilizado para las tortillas de mesa (50). Inmediatamente después del cocimiento, la solución se apaga y se enfría rápidamente hasta llegar entre 154 – 162°F (68 – 72 °C). Esta reducción de temperatura disminuye la absorción durante el tiempo de remojo. Este paso ayuda a mejorar la consistencia de la masa para que absorba menos aceite durante la fritura. Después del enfriado, se deja en reposo por 8 horas mínimo (50).

Importancia del proceso tradicional de nixtamalización

El cocimiento alcalino ha tenido implicaciones muy importantes como base del desarrollo de las culturas mesoamericanas. El proceso de nixtamalización hace que la tortilla tenga mayor calidad nutricional comparada con el maíz crudo. La nixtamalización implica un tratamiento selectivo de las proteínas del maíz. Durante el proceso de cocimiento alcalino, la zeína, una proteína nutricionalmente pobre reduce su solubilidad, mientras que la glutelina, de mayor valor nutricional, incrementa su solubilidad y con ello la disponibilidad de aminoácidos esenciales (50).

Algunos análisis químicos muestran que durante el proceso de nixtamalización se pierde un cierto valor nutricional del maíz. Sin embargo, el balance nutricional es definitivamente positivo y los resultados indican un aumento de lisina (2.8 veces) y de triptófano; las relaciones isoleucina / leucina se incrementan 1.8 veces. Por tanto, la nixtamalización claramente incrementa el balance de aminoácidos esenciales y libera niacina que de otra manera permanecería sin ser aprovechada. Además, el proceso de nixtamalización provee beneficios como son la destrucción de aflatoxinas en el maíz contaminado por *Aspergillus flavus*. La alta disponibilidad de calcio en la tortilla es importante porque evita el desarrollo de pelagra y la osteoporosis que se manifiesta como fragilidad de los huesos por pérdida de masa del sistema óseo (50).

La cal también ayuda a incrementar el tiempo de vida del producto ya que controla la actividad microbiana y afecta el sabor, aroma, color y valor nutricional de los Nachos.

b) Reposo

Si se utiliza una marmita vertical, los granos se dejan en reposo entre 8 y 16 horas en el tanque de cocimiento; si se utiliza una caldera de vapor, se transfieren a tanques de reposo. El reposo permite que el agua se absorba, lo que ayuda a desintegrar la cáscara y a suavizar el núcleo del grano. Durante el tiempo de reposo la temperatura baja a 104° F (40 °C) (70).

c) Lavado

Después de cumplir el tiempo de reposo, el maíz se bombea hacia las lavadoras de nixtamal construidas de acero inoxidable. Se escurre el agua residual y el maíz se lava con agua presurizada o sistemas de atomización. La mayor parte del pericarpio y el exceso de cal son removidos en esta etapa. El proceso comercial de lavado se puede hacer en dos tipos de equipo: lavadora de tambor o sistema de plataforma baja Lowboy system (7).

La lavadora de tambor consiste en un transportador que lleva el nixtamal hacia un cilindro perforado rotativo con paletas internas y atomizadores de agua localizados dentro del tambor. Luego de la atomización, el nixtamal pasa hacia un transportador de drenaje donde es removida el agua (7).

El sistema de plataforma baja consiste en un receptáculo equipado con pantallas internas y atomizadores. El nixtamal remojado es continuamente retirado de la parte inferior del receptáculo por medio de una banda transportadora inclinada. En ambos sistemas, un transportador lleva el nixtamal lavado y escurrido hacia una tolva, que luego alimenta el molino de piedra. El resultado final, usando la típica mezcla maíz-cal es un nixtamal con 47% de humedad (7).

d) Molienda

El maíz limpio y escurrido, se muele en un Molino para Nixtamal. Son molinos de piedra, que utilizan una pareja de piedras pulidas, una estacionaria y una que rota entre 500 y 700 rpm. Las piedras generalmente están fabricadas de lava o materiales volcánicos, aunque pueden hacerse con óxido de aluminio. Para mayor eficiencia, las piedras de lava deben retallarse frecuentemente; las de óxido de aluminio duran más tiempo y requieren menos retalladas. Una piedra típica tiene 10cm. de grosor y 40cm. de diámetro y posee ranuras. Las ranuras se hacen menos profundas mientras más se acercan al perímetro de la piedra. El número, diseño y profundidad de las ranuras en la piedra varía dependiendo del producto que se quiera hacer. Las piedras talladas para la producción de tortillas de mesa tienen más ranuras superficiales para producir una masa fina mientras que, para producir masa gruesa para los Nachos, se requieren ranuras más profundas (7).

La molienda empieza cuando un transportador de tornillo en la base de la tolva empuja al nixtamal hacia una abertura entre las piedras, donde se traspasa el grano. El material viaja hacia afuera desde el centro hasta el perímetro de las piedras. Se agrega agua durante la molienda para enfriar las piedras, prevenir desgaste y reducir la temperatura de la masa. Para un molino con una capacidad de 600kg/hr, se debe agregar entre 0.6 y 1.2 litros de agua por minuto. Esto incrementa la humedad de la masa para facilitar el moldeado posterior (7).

Así como las piedras, también la humedad depende del producto final que se desea. El tamaño de partícula de la masa es el resultado de varios factores: el grado de cocción del nixtamal, el tamaño y profundidad de las ranuras en las piedras del molino, la abertura entre las piedras, el agua utilizada durante la molienda y el tipo de maíz utilizado (7).

La molienda quiebra la estructura del núcleo y promueve propiedades plásticas y cohesivas en la masa. Cuando la masa está producida, es importante usarla inmediatamente o protegerla de alguna forma de la pérdida de humedad. Después de la molienda, la mezcla tiene alrededor de 51% de humedad (7).

e) Amasado y Moldeado

Luego, la masa gruesa es amasada y mezclada hasta obtener una masa plástica que alimenta los rodillos laminadores. La masa se lamina en una capa muy fina que se corta de acuerdo a la configuración del molde. El grosor de la lámina determina el peso del producto final. La laminación empieza cuando la masa es alimentada en medio de un par de rodillos lisos generalmente recubiertos de Teflón, uno rotativo contra las agujas del reloj y el otro con las agujas del reloj. El espacio entre los rodillos es ajustable, por lo que se pueden formar productos de diferente grosor. La masa pasa en medio de los rodillos, y se separa de ellos por medio de unas espas colocadas en la parte frontal y trasera de los rodillos. El cortador gira debajo de uno de los rodillos. Se pueden configurar diferentes moldes: triangulares, circulares, rectangulares, entre otros. Los pedacitos de masa cortados caen del rodillo sobre una banda que los transporta hacia el horno (50).

f) Horneado y Enfriado

Generalmente se utiliza un horno de gas para hornear la masa formada. Se hornea a temperaturas entre los 500-554 °F (260 – 290 °C) con un tiempo que varía entre los 35 y 50 segundos. El horneado resalta el sabor alcalino y reduce la humedad y la absorción del aceite durante la fritura (50).

Los Nachos se enfrían transportándolos a través de una serie de bastidores de enfriamiento abiertos. Se somete al proceso de enfriado por 20 minutos antes de freírlos para producir una consistencia más uniforme y reducir las salpicaduras de grasa durante la fritura. Durante este proceso continúan perdiendo humedad (arriba del 3%) y ésta se distribuye de mejor manera (50).

g) Fritura y Aplicación de Sabor

El próximo paso consiste en freír los Nachos utilizando temperaturas entre los 338 - 374 °F (170 - 190 °C) por 50 – 80 segundos. La temperatura de la fritura y el tiempo dependerán del tipo de productos. Los Nachos hechos con maíz amarillo requieren menores temperaturas y los hechos de maíz blanco o mezcla de colores requieren

mayor tiempo de fritura. Por ejemplo, los Nachos hechos de maíz amarillo se fríen a 320 °F (160 °C) mientras que los producidos con maíz blanco o mezcla blanco / amarillo se fríen a 410 °F (210 °C) por 60 – 90 segundos (50).

La mayoría de los freidores comerciales que se usan son del tipo continuo con elementos de calentamiento directos o indirectos. Los freidores con fuego indirecto son más caros pero más eficientes, con menor costo de operación. Los freidores modernos están diseñados para filtrar finos constantemente, con capacidad entre los 160 y 1,360 kg/hr. El producto resultante tiene aproximadamente entre 22 y 24 % de aceite y menos del 2% de humedad (50).

La sal y el sazónador se deben aplicar inmediatamente después de la fritura mientras los Nachos están todavía calientes. Estos se transportan a un cilindro inclinado rotativo, donde una mezcla líquida de sazónador se rocía sobre ellos. Generalmente esta mezcla tiene aceite caliente, sal, sazónadores, sabores y colores. Cuando se enfría, el aceite se cristaliza formando una cobertura de sabor. La sal también puede agregarse sobre los Nachos disuelta en un líquido o puede ser granulada y aplicada en seco. Generalmente tienen un 1 – 1.5% de sal (50).

h) Tortillas de Maíz Horneados

Si se desea hacer tortillas horneadas, la única diferencia respecto a las tortillas fritas es que se elimina el proceso de fritura. El horneado consiste en dos fases, un pre horneado con el objetivo de estabilizar la humedad, y luego el paso por un horno más largo para extraer la humedad. Para esto se utilizan hornos largos que utilicen mallas abiertas y que tengan zonas de cocción por radiación y por convección. Luego el producto debe enviarse a un secador ancho de convección forzada (50).

i) Empaque

Las tortillas fritas se llevan a temperatura ambiente e inmediatamente se empacan en bolsas que tengan alta barrera a la humedad. Debido a que los productos fritos son muy higroscópicos, si se retrasa el empaque puede causar pérdida de textura. Al final el producto tiene una humedad aproximada de 1.5% y se transporta a la máquina de

empaque. Esta máquina pesa y deposita la cantidad establecida en el envase final, el cual por último se sella (50).

j) Control de Calidad

El control de calidad es esencial para que los Nachos o Tortilla Frita puedan llegar crujientes al consumidor. Los parámetros que deben controlarse durante la producción son los siguientes:

- temperatura
- humedad relativa de los silos de maíz y de las bodegas de almacenamiento
- las temperaturas del cocimiento, reposo, horneado y fritura.
- los tipos de piedras de molino y su ajuste durante la molienda
- contenido de humedad del maíz, nixtamal, masa, y tortilla frita.
- condiciones de operación del equipo.
- aceite del freidor y su deterioro.
- buenas prácticas de manufactura (50).

3. Tendencias en el diseño de aperitivos

A nivel mundial existen cambios en el patrón de alimentación. El consumidor urbano busca alimentos que aporten algún beneficio funcional, hay muy poco tiempo para preparar los alimentos y sentarse a comérselos, por lo que se come en la oficina, en el automóvil, en las ventas de la calle, entre otros. Predomina lo práctico (26).

Según un estudio de mercado realizado por *De la Riva Estudios* en el año 2007, las personas pertenecientes al segmento socioeconómico alto, buscan incorporar más alimentos saludables en la vida diaria, mientras que en el segmento socioeconómico bajo se observa un mayor desequilibrio en la alimentación. Los niños de los segmentos sociales bajos, tienen una mayor libertad para elegir sus alimentos y tienden a escoger los aperitivos listos para comer o “snacks”. La tendencia mundial en los aperitivos, también es hacia una demanda de productos más saludables y más tradicionales. Los estilos de vida ajetreteados y la falta de tiempo para cocinar, han

cambiado los patrones alimentarios, lo cual ha dado, como resultado que los aperitivos se conviertan en el reemplazo de algún alimento e inclusive de algún tiempo de comida (26).

El consumidor busca sabores caseros, complejos, que le recuerden momentos familiares, sabores más desarrollados, estilos sofisticados como “sabores a la parrilla”, “sabores rostizados”, con notas más complejas (20).

Específicamente, en el caso de las tortillas fritas, se observa una tendencia a innovar en las materias primas utilizadas. Se empiezan a observar en el mercado tortillas fritas elaboradas con maíz entero, maíz blanco, maíz morado o mezclas de trigo y maíz azul; y esto se ha convertido en algo muy popular. Las combinaciones de masa con trigo, leguminosas y otras harinas darían lugar a interesantes productos. Utilizar aceites con más ácidos grasos insaturados o utilizar maíz QPM podría mejorar la imagen de estos aperitivos. Modificar la fritura y utilizar nuevas técnicas para hornear que produzcan alimentos con una textura similar a la frita, disminuiría las calorías del aperitivo. Lo que no debe olvidarse, es que el consumidor no quiere sacrificar el sabor por la salud, por lo que en el diseño de un producto nuevo, debe considerarse la aceptabilidad del producto, aunque su producción esté enfocada hacia su identidad de aperitivo saludable (20).

E. EVALUACIÓN SENSORIAL

a. Definición

La evaluación sensorial es una disciplina de la química analítica de los alimentos y se ocupa de los métodos y procedimientos de medición en los cuales los sentidos humanos constituyen el instrumento (70). Para lograr que los resultados de la evaluación sensorial sean objetivos, no totalmente dependientes de las observaciones e informes de un individuo, y verificables por otros, es indispensable asegurar las siguientes condiciones:

- Local adecuado de cata o degustación;
- Presentación y preparación de las muestras según el tipo de producto y la capacidad de los catadores;

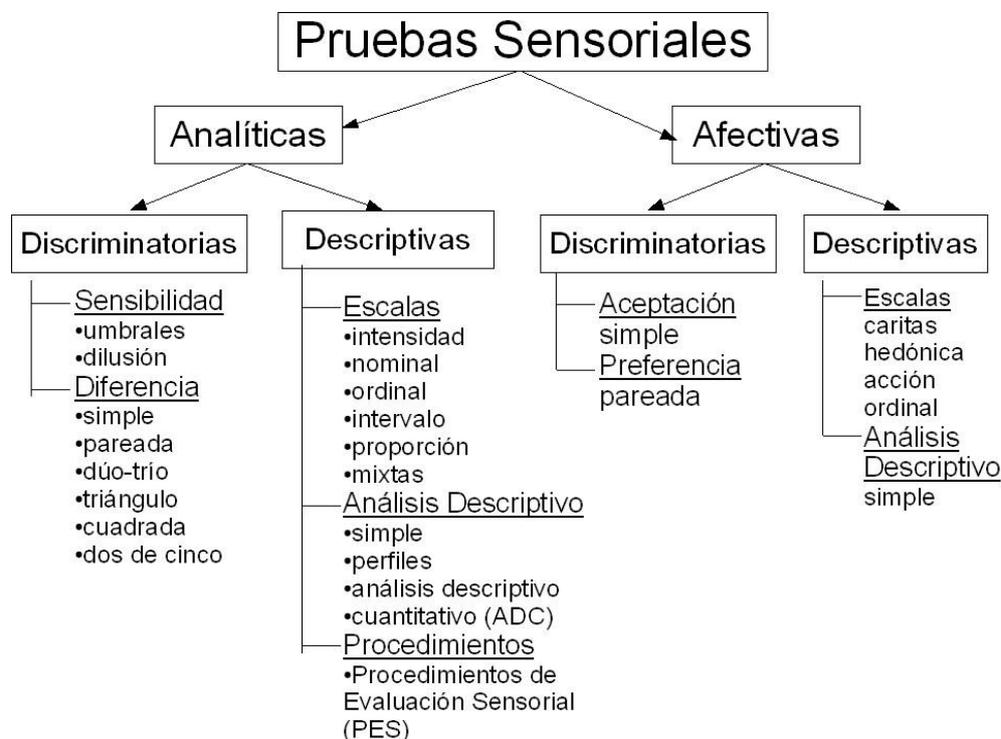
- Selección del tipo de prueba sensorial en función de los objetivos del ensayo;
- Utilización de catadores correctamente seleccionados, adiestrados y evaluados en función del tipo de prueba en la que participarán.
- Empleo de métodos estadísticos y de cálculo de los resultados en concordancia con el tipo de prueba sensorial (70).

b. Pruebas Sensoriales

Uno de los aspectos de mayor importancia para la obtención de resultados confiables es la selección de pruebas sensoriales adecuadas a los objetivos. En la práctica se ha comprobado que éste es uno de los aspectos en el cual más confusión ha existido y existe. Para facilitar la comprensión de los tipos de pruebas sensoriales éstas se clasificarán en dos grandes grupos: pruebas analíticas y pruebas afectivas (70).

Las pruebas analíticas tienen como objetivo, la evaluación comparativa o descriptiva de la calidad mediante un grupo reducido de catadores experimentados, adiestrados o expertos, mientras que las afectivas, por el contrario, brindan información acerca de la preferencia o aceptación que tienen los consumidores por el producto que se evalúa, para lo que se debe trabajar con un gran número de degustadores no adiestrados, es decir, consumidores representativos de la población. Un error generalizado es utilizar catadores en las pruebas afectivas, o lo que es peor aún, consumidores en pruebas analíticas. Estos errores deben evitarse (70). La Figura 1 presenta la clasificación de las pruebas sensoriales en función de los objetivos. Esta clasificación permite identificar el tipo de prueba a partir del objetivo, por lo que resulta muy práctica.

Figura 1. Clasificación de las pruebas sensoriales según su objetivo.



Fuente: Torricella M.R. et al. 2007. Evaluación Sensorial Aplicada a la Investigación, Desarrollo y Control de la Calidad en la Industria Alimentaria. 2ª. ed. Cuba, Editorial Universitaria. 135 p.

3. Pruebas Afectivas

Para el presente estudio, se utilizará una prueba afectiva. El objetivo de las pruebas afectivas es conocer el gusto, la aceptación o reacción de los consumidores ante un determinado producto o productos. Lo más importante en estas pruebas es la selección de un grupo de degustadores representativos de los consumidores. Por lo general, se requieren grupos grandes de individuos de más de 30 personas, aunque en algunos casos se realizan pruebas tentativas con grupos reducidos de consumidores, generalmente trabajadores de la institución que realiza la prueba. En estos casos se debe seleccionar cuidadosamente a los degustadores, pues la participación de una población no representativa puede provocar un sesgo tal que desvirtúe los resultados e impida su utilización, aún como orientación preliminar (70).

4. Escala Hedónica

Es la más popular de las escalas afectivas (70), en este método la evaluación del alimento resulta hecha indirectamente como consecuencia de la medida de una reacción humana. Se utiliza en la industria para medir la posible aceptación del alimento. Se pide al juez que luego de su primera impresión responda cuánto le agrada o desagrada el producto, esto lo informa de acuerdo a una escala verbal-numérica que va en la ficha (28).

La escala tiene 9 puntos, pero a veces es demasiado extensa, entonces se acorta a 7 ó 5 puntos (28). Las que se utilizan generalmente son las estructuradas de 5 puntos, que van desde “me gusta muchísimo”, hasta “me disgusta muchísimo”, pasando por “ni me gusta ni me disgusta”. Los resultados del panel se analizan por varianza, pero también pueden transformarse en ranking y analizar por cómputos (28).

En el Anexo 1 se presenta el ejemplo de boleta de evaluación mediante escala hedónica que se utilizó en el estudio.

VI. OBJETIVOS

A. OBJETIVOS GENERALES

1. Comparar la calidad proteica de tres formulaciones de snacks: tortillas fritas de maíz, tortillas fritas de maíz y frijol; y tortillas horneadas de maíz y frijol, determinada por medio de análisis de lisina disponible.
2. Comparar la aceptabilidad de tres formulaciones de snacks: tortillas fritas de maíz, tortillas fritas de maíz y frijol; y tortillas horneadas de maíz y frijol, determinada por medio de escala hedónica de 5 puntos.

B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Formular y producir tres formulaciones de tortillas tipo "Snack": tortillas fritas de maíz amarillo, tortillas fritas de maíz negro y 30% de frijol; y tortillas horneadas de maíz negro y 30% de frijol.
2. Realizar el análisis Químico Proximal de las tres formulaciones para determinación de proteínas, carbohidratos, grasa y fibra.
 - 2.1 Determinar la calidad proteica de las tres formulaciones por medio del método de lisina disponible.
 - 2.2 Comparar la calidad proteica de las tres formulaciones.
3. Evaluar la aceptabilidad de las tres formulaciones por medio de una prueba afectiva de análisis sensorial, en escala hedónica de 5 puntos, con 50 adultos entre 18 y 50 años.
 - 3.1 Evaluar cada uno de los atributos sensoriales de las formulaciones: olor, sabor, apariencia, textura y sabor.
 - 3.2 Determinar si existe diferencia significativa de aceptabilidad entre las tres formulaciones por medio de la prueba t de Student a un nivel de confianza del 95%.

VII. HIPÓTESIS

Hipótesis 1

La calidad proteica es mayor en tortillas tipo “snack” que contienen maíz y frijol que en las tortillas tipo “snack” originales a base de maíz, evaluada por medio de lisina disponible, debido a la complementariedad proteica.

Hipótesis 2

La aceptabilidad de una tortilla de maíz y frijol horneada es mayor que la aceptabilidad de una tortilla de maíz y frijol frita, evaluada por medio de pruebas sensoriales utilizando escala hedónica con 50 adultos entre 18 a 50 años.

VIII. METODOLOGÍA

1. Elaboración de la Tortilla Frita

El presente trabajo se realizó en la planta piloto del departamento de Investigación y Desarrollo de Productos Nuevos de Alimentos, S.A. en la ciudad de Guatemala. Se utilizó frijol negro común (*Phaseolus vulgaris L.*) en grano, maíz amarillo y maíz negro en grano (*Zea mays L.*), producidos en Guatemala, Centroamérica. El resto de ingredientes incluyen aceite vegetal, antioxidante, sal y sazónador.

Las fórmulas utilizadas para realizar cada uno de los tres productos se presentan en la sección de resultados. La fórmula No.1 es la fórmula comercial que se encuentra actualmente en el mercado, utilizando solamente maíz y cal para la realización de la masa y utilizando el proceso de fritura. La fórmula No.2 sustituye 30% del maíz con frijol en la masa y utiliza también fritura. La fórmula No. 3 sustituye 30% del maíz con frijol en la masa y se realiza con un proceso de horneado.

En las figuras 2 y 3 se presentan los diagramas de flujo para cada uno de los procesos de fritura y horneado.

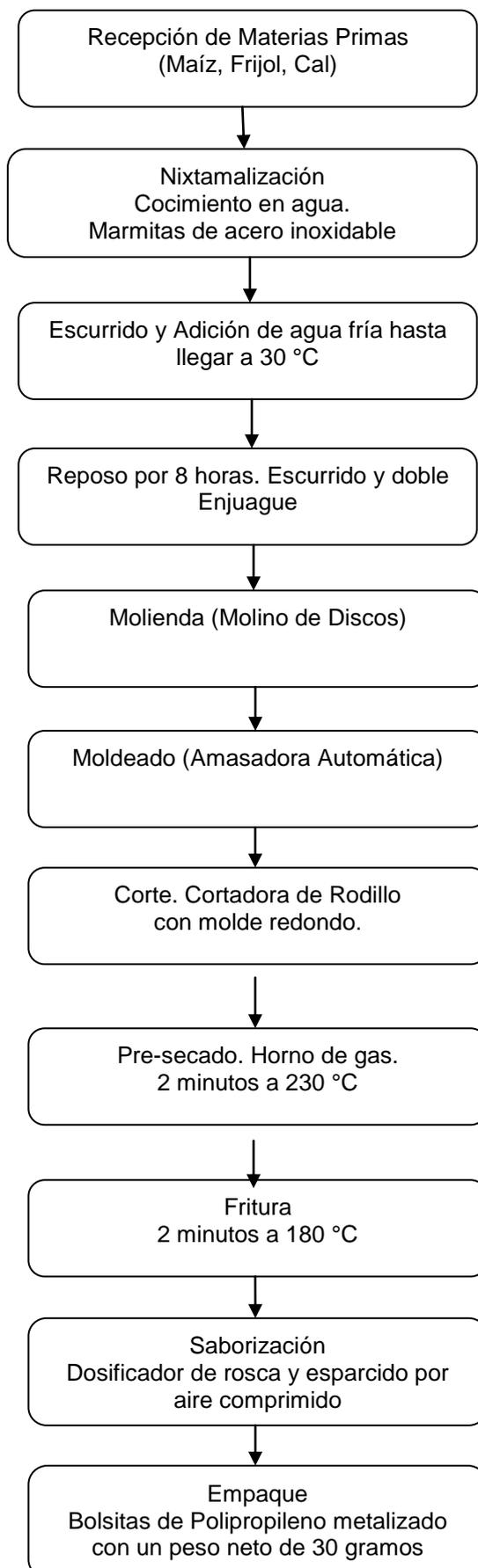
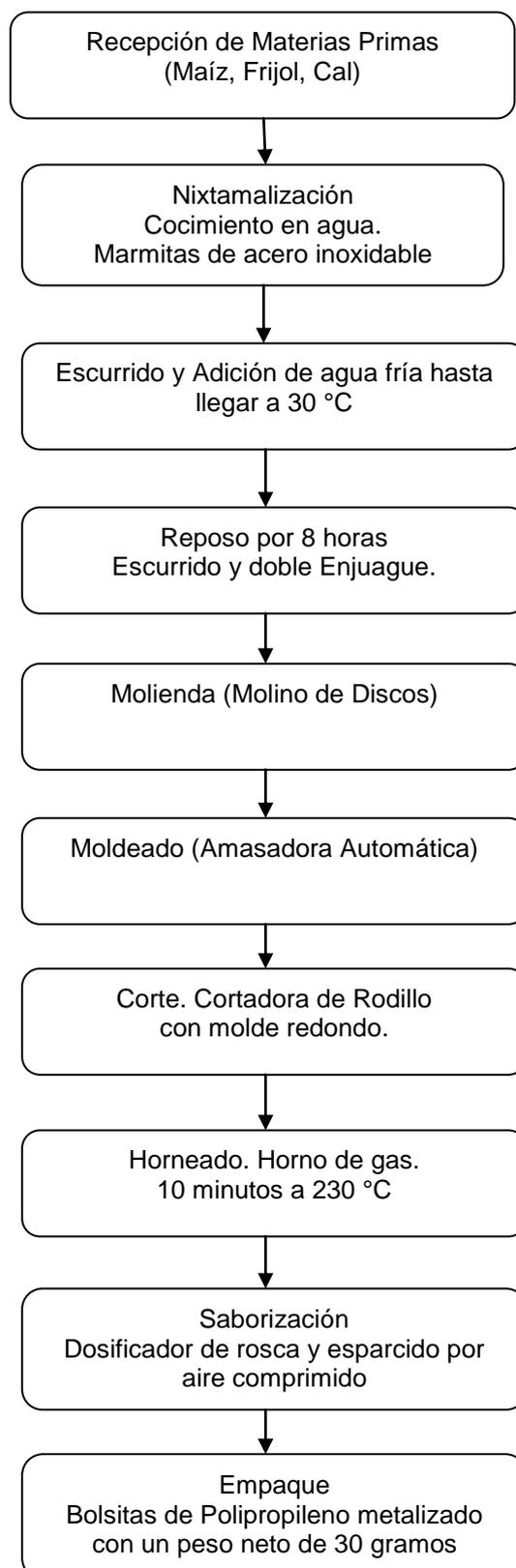
Figura 2. Diagrama de Flujo para la Elaboración de los Nachos Fritos

Figura 3. Diagrama de Flujo para la Elaboración de los Nachos Horneados.

2. Análisis Químicos

Se analizaron 3 muestras de cada formulación en el laboratorio central de Aseguramiento de Calidad de la empresa Alimentos, S.A. para obtener los siguientes análisis: Proteína, Humedad, Cenizas, Grasa Cruda y Carbohidratos.

Se envió una muestra de cada formulación al laboratorio Eurofins Scientific Inc (2200 Rittenhouse Street, Suite 150 Des Moines, IA 50321), para obtener los siguientes análisis: Lisina Total, Lisina Disponible, Fibra Dietética Total y Sodio. La metodología que cada laboratorio utilizó se describe en la tabla 9.

Tabla 9. Métodos de Referencia para los Análisis Químicos

Análisis	Método
Proteína	Por Combustión AOAC 990.03
Lisina Total	AOAC 975.44 mod
Lisina Disponible	AOAC 975.44 mod
Fibra Dietética Total	AOAC 991.43
Humedad	AOAC M. 14.003
Cenizas	AACC 08-01
Grasa Cruda	AACC 30-26
Carbohidratos	Por diferencia
Sodio	Por ICP AOAC 965.17 / 985.01 mod

3. Aceptabilidad de las tres formulaciones

La prueba de evaluación sensorial que se utilizó para evaluar el producto, fue una afectiva descriptiva, utilizando como herramienta una escala hedónica de 5 puntos. Se realizó con 50 adultos de edades entre 18 y 50 años. Ver boleta de Escala Hedónica en el Anexo 1.

Para el análisis de los resultados, se definieron como características de aceptabilidad, las respuestas que estaban dentro de la categoría “Me gusta mucho” y “Me gusta levemente”. Se evaluaron independientemente 5 atributos de cada formulación y también se creó un índice de aceptabilidad para poder comparar los datos estadísticamente. Para la creación del índice de aceptabilidad, se asignó una numeración de 1 a 5 a cada una de las respuestas de la escala hedónica y se

sumaron todas las respuestas para obtener un puntaje numérico. En la tabla 10 se describe la numeración que se le asignó a cada categoría.

Tabla 10. Creación del Índice de Aceptabilidad

Numeración Asignada	Respuesta
1	Me disgusta Mucho
2	Me disgusta levemente
3	No me gusta ni me disgusta
4	Me gusta levemente
5	Me gusta mucho

4. Análisis Estadístico

Se utilizó el programa Epi Info para la creación de la base de datos. Luego estos datos tabulados se trasladaron al paquete “Stata” para el análisis estadístico. Se utilizó la prueba t de Student a un nivel de confianza del 95% para probar diferencia significativa de grasa, proteína, humedad, carbohidratos y aceptabilidad entre las tres formulaciones.

IX. RESULTADOS

A continuación se presentan los principales hallazgos obtenidos, los cuales se dividen en 3 secciones. La primera detalla las formulaciones utilizadas para cada una de las tortillas de maíz y tortillas de maíz con frijol. La segunda sección presenta los resultados de los análisis químicos realizados a cada una de las formulaciones y la tercera sección presenta los resultados de los análisis sensoriales.

A. FORMULACIONES

Para el siguiente estudio se realizaron tres diferentes formulaciones para un producto tipo “snack”. La primera de ellas, es la versión que ya existe en el mercado, una tortilla frita hecha a base de maíz amarillo. La segunda es una propuesta alta en proteína, una tortilla frita hecha a base de maíz negro y frijol negro. Y la tercera es una propuesta alta en proteína y baja en grasa, una tortilla horneada hecha a base de maíz negro y frijol negro.

Tabla 11. Fórmula de la Tortilla Frita de Maíz Amarillo. Guatemala, 2011

Ingrediente	Cantidad	Unidad de Medida
Maíz Amarillo en grano	324.60	g
Aceite Vegetal	99.00	g
Sabor Frijol	20.64	g
Cal Hidratada	5.46	g
Antioxidante TBHQ	0.30	g
Total	450.00	g
Rinde	304.05	g
Número de Nachos	152.03	unidades

La masa de la fórmula No. 1 se produjo con 100% granos de maíz amarillo. La cantidad de aceite absorbido durante la fritura fue de aproximadamente el 22%. Se le aplicó aproximadamente un 4.5% de sabor frijol.

Tabla 12. Fórmula de la Tortilla Frita de Maíz Negro y Frijol Negro. Guatemala, 2011.

Ingrediente	Cantidad	Unidad de Medida
Maíz Negro en grano	237.39	g
Frijol Negro en grano	101.74	g
Aceite Vegetal	85.50	g
Sabor Frijol	19.61	g
Cal Hidratada	5.46	g
Antioxidante TBHQ	0.3	g
Total	450.00	g
Rinde	304.05	g
Número de Nachos	152.03	unidades

La masa de la fórmula No. 2 se produjo con 70% granos de maíz negro y 30% granos de frijol común negro. La cantidad de aceite absorbido durante la fritura fue de aproximadamente el 19%. Se le aplicó aproximadamente un 4.5% de sabor frijol.

**Tabla 13
Fórmula de la Tortilla Horneada de Maíz Negro y Frijol Negro. Guatemala, 2011.**

Ingrediente	Cantidad	Unidad de Medida
Maíz negro en grano	278.73	g
Frijol negro en grano	119.45	g
Aceite Vegetal	25.69	g
Sabor Frijol	20.64	g
Cal Hidratada	5.46	g
Antioxidante TBHQ	0.03	g
Total	450.00	g
Rinde	334.00	g
Número de Nachos	126.98	unidades

La masa de la fórmula No. 3 se produjo con 70% granos de maíz negro y 30% granos de frijol común negro. Las tortillas se hornearon después de moldearse. Se le aplicó aproximadamente un 4.5% de sabor frijol con un dosificador de rosca y se esparció aceite por aire comprimido para una mejor adherencia del sabor.

B. ANÁLISIS QUÍMICO

A continuación se presentan los resultados de los análisis químicos realizados a cada una de las tres formulaciones producidas. Se realizó un proximal completo que se detalla y explica en la tabla 14, este compara los resultados obtenidos de humedad, carbohidratos, proteína, grasa y calorías por 100 gramos de producto. En la tabla 15 se presentan los resultados obtenidos de lisina total y lisina disponible de las tres formulaciones; así mismo, se presenta el porcentaje de aumento de lisina total y disponible comparada respecto al control, que en este estudio es la tortilla frita hecha a base de maíz amarillo.

En la tabla 16 se presenta el porcentaje de fibra de cada una de las fórmulas, así como el aporte por porción de producto y el porcentaje que este representa al compararlo con las RDD (recomendaciones dietéticas diarias) de acuerdo al FDA. En la tabla 17 se presenta el porcentaje de sodio de cada una de las fórmulas, el aporte por porción de producto y el porcentaje que este representa al compararlo con las RDD de acuerdo al FDA.

En la tabla 18 y tabla 19 se hace el mismo análisis comparativo: porcentaje, contenido por porción y porcentaje que representa de las RDD, del contenido de grasa y ácidos grasos saturados.

Tabla 14. Proximal de tres Formulaciones de tortillas tipo “snack”. Guatemala, 2011.

Formulación	% Humedad ($\bar{X} \pm DV$)	% Grasa ($\bar{X} \pm DV$)	% Proteína ($\bar{X} \pm DV$)	% Carbohidratos ($\bar{X} \pm DV$)	Calorías por 100 gramos ($\bar{X} \pm DV$)
Control: Tortillas Fritas de Maíz Amarillo	0.86 ± 0.06	22.70 ± 2.28	6.56 ± 0.04	67.97 ± 2.29	502 ± 11
Tortillas Fritas de Maíz Negro y Frijol Negro	0.40 ± 0.19	19.06 ± 2.31	10.30 ± 0.37	67.82 ± 2.30	484 ± 12
Tortillas Horneadas de Maíz Negro y Frijol Negro	9.58 ± 0.59	5.71 ± 0.53	12.25 ± 0.50	65.78 ± 6.82	363 ± 22

Humedad: Se observa diferencia significativa entre la humedad de las tortillas horneadas y la humedad de las tortillas fritas ($p < 0.05$, $n=3$), mientras que no hay diferencia entre las dos versiones fritas ($p > 0.05$, $n=3$).

Grasa: Se observa diferencia significativa entre la grasa de las tortillas horneadas y las dos versiones fritas ($p < 0.05$), mientras que las dos versiones fritas no muestran diferencia significativa entre sí ($p > 0.05$, $n=3$).

Proteína: Se observa diferencia significativa entre la proteína de las tortillas hechas de maíz amarillo y la proteína de las tortillas hechas de maíz negro y frijol. Se puede observar que la adición de frijol a las tortillas incrementa entre 57% y 87% la cantidad de la proteína respecto a la fórmula control sin frijol. Hay diferencia significativa entre las tres formulaciones, ($p < 0.05$, $n=3$).

Carbohidratos: No se observó diferencia significativa entre las tres formulaciones ($p = 1$, $n = 3$).

Calorías: Se observa diferencia significativa entre las calorías de las tortillas hechas de maíz amarillo y las calorías de las dos versiones con frijol. También se observa diferencia significativa entre las tortillas horneadas de maíz negro y frijol y las tortillas fritas de maíz negro y frijol. Se puede observar que las tortillas fritas con maíz negro y frijol tienen 3.66% menos de calorías que las tortillas control de maíz amarillo mientras que las tortillas horneadas tienen 27.65% menos de calorías. Hay diferencia significativa entre las tres formulaciones, ($p < 0.05$, $n=3$).

Tabla 15. Lisina Total y Lisina Disponible de tres formulaciones de tortillas tipo "snack". Guatemala, 2011.

Formulación	Lisina Total (mg/g N)	Aumento de Lisina Total respecto al control %	Lisina Disponible (mg/g N)	Aumento de Lisina Disponible respecto al control %
Control: Tortillas Fritas de Maíz Amarillo	135	-	114	-
Tortillas Fritas de Maíz Negro y Frijol Negro	290	115%	267	134%
Tortillas Horneadas de Maíz Negro y Frijol Negro	286	112%	269	136%

Se observa que la adición de frijol a la fórmula original, aumentó en más de 100% la cantidad de lisina total y en más de 130% la cantidad de lisina disponible en las dos formulaciones con frijol. El proceso de fritura y horneado no interfiere con el aumento de lisina total ni de lisina disponible.

Tabla 16. Fibra Dietética Total de tres formulaciones de tortillas tipo “snack”. Guatemala, 2011.

Formulación	% Fibra	Cantidad por porción de 30 g	% RDD*
Control: Tortillas Fritas de Maíz Amarillo	6.20	1.86 g	7.4%
Tortillas Fritas de Maíz Negro y Frijol Negro	10.30	3.09 g	12.4%
Tortillas Horneadas de Maíz Negro y Frijol Negro	11.60	3.48 g	13.9%

* % de las recomendaciones dietéticas diarias según FDA (25g Fibra /día)

Fibra: El porcentaje de fibra fue mayor en las dos tortillas con frijol. Las tortillas fritas de maíz y frijol tienen 66% más fibra que las tortillas fritas de maíz amarillo. Las tortillas horneadas de maíz negro y frijol tienen 87% más fibra que las tortillas fritas de maíz amarillo. En una porción, las tortillas tienen 7.4%, 12.4% y 13.9% respectivamente de las recomendaciones dietéticas diarias de fibra de acuerdo al FDA.

Tabla 17. Cantidad de Sodio de tres formulaciones de tortillas tipo “snack”. Guatemala 2011.

Formulación	% Sodio	Cantidad por porción de 30 g	% RDD*
Control: Tortillas Fritas de Maíz Amarillo	0.18%	54 mg	2.25%
Tortillas Fritas de Maíz Negro y Frijol Negro	0.28%	84 mg	3.50%
Tortillas Horneadas de Maíz Negro y Frijol Negro	0.18%	54 mg	2.25%

* % de las recomendaciones dietéticas diarias según FDA (2,400 mg Sodio /día)

Los valores de sodio encontrados en una porción de 30 gramos, fueron de 54 mg en las tortillas fritas de maíz y en las tortillas horneadas de maíz negro y frijol, y 84 mg en las tortillas fritas de maíz negro y frijol. Ninguna de las tres formulaciones sobrepasa

el valor mínimo establecido por el FDA para que un producto sea considerado como “bajo en sodio”, el cual es de 140mg de Sodio por porción.

Tabla 18. Porcentaje de las Recomendaciones Dietéticas Diarias de la Grasa de tres formulaciones de tortillas tipo “snack”. Guatemala, 2011.

Formulación	% Grasa	Cantidad por porción de 30 g	% RDD*
Control: Tortillas Fritas de Maíz Amarillo	22.70%	6.81 g	10.48%
Tortillas Fritas de Maíz Negro y Frijol Negro	19.06%	5.72 g	8.80%
Tortillas Horneadas de Maíz Negro y Frijol Negro	0.07%	2.31 g	3.56%

* % de las recomendaciones dietéticas diarias según FDA (65 g grasa /día)

El porcentaje que cubre de las recomendaciones dietéticas diarias de grasa es de 10.48% para las tortillas fritas de maíz amarillo. Las tortillas fritas de maíz negro y frijol aportan 16% menos de las recomendaciones dietéticas diarias que tortillas fritas de maíz amarillo. Las tortillas horneadas de maíz negro y frijol aportan 67% menos que las tortillas fritas de maíz amarillo.

Tabla 19. Porcentaje de las Recomendaciones Dietéticas Diarias de Ácidos Grasos Saturados de tres formulaciones de tortillas tipo “snack”. Guatemala, 2011.

Formulación	% Ácidos Grasos saturados	Cantidad por porción de 30 g	% RDD*
Control: Tortillas Fritas de Maíz Amarillo	11.10%	3.33 g	16.65%
Tortillas Fritas de Maíz Negro y Frijol Negro	9.32%	2.80 g	14.00%
Tortillas Horneadas de Maíz Negro y Frijol Negro	0.03%	0.01 g	0.05%

* % de las recomendaciones dietéticas diarias según FDA (20 g ácidos grasos saturados /día máx.)

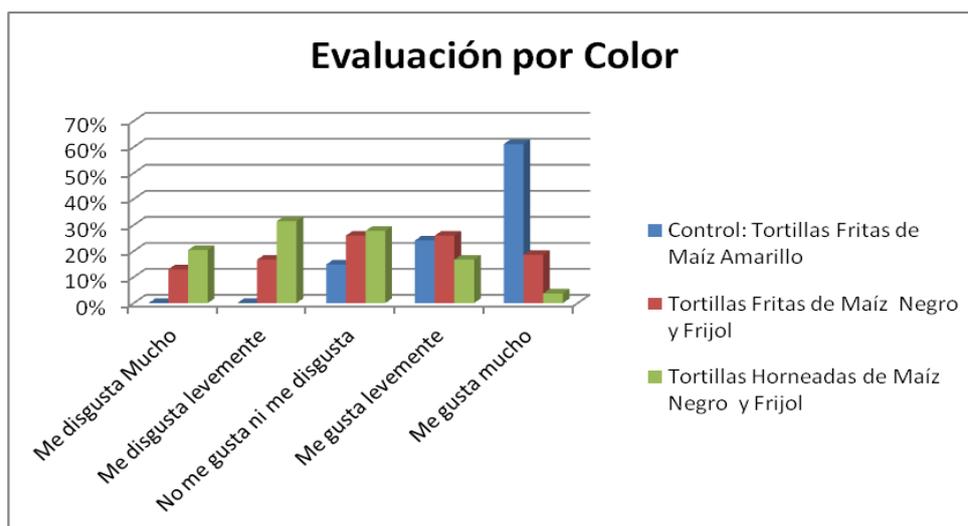
El porcentaje de las recomendaciones dietéticas diarias de ácidos grasos saturados es de 16.65% para las tortillas fritas de maíz amarillo. Las tortillas fritas de maíz negro

y frijol aportan 16% menos de las recomendaciones dietéticas diarias que tortillas fritas de maíz amarillo. Las tortillas horneadas de maíz negro y frijol aportan 100% menos que las tortillas fritas de maíz amarillo.

C. ANÁLISIS SENSORIAL

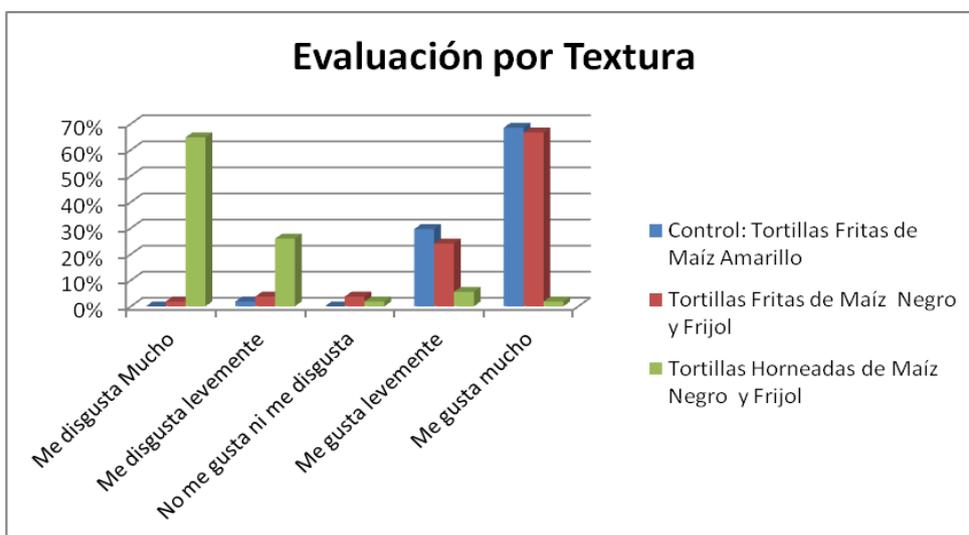
A continuación se presentan los resultados del análisis sensorial realizado con 50 adultos de edades entre 18 y 50 años. La prueba de evaluación sensorial que se utilizó para evaluar el producto, fue una afectiva descriptiva, utilizando como herramienta una escala hedónica de 5 puntos. Para el análisis sensorial, se tomaron como características de aceptabilidad, las respuestas que estaban dentro de la categoría “Me gusta mucho” y “Me gusta levemente”.

Figura 4. Evaluación por Color de tres formulaciones de tortillas tipo “snack”. Guatemala, 2011



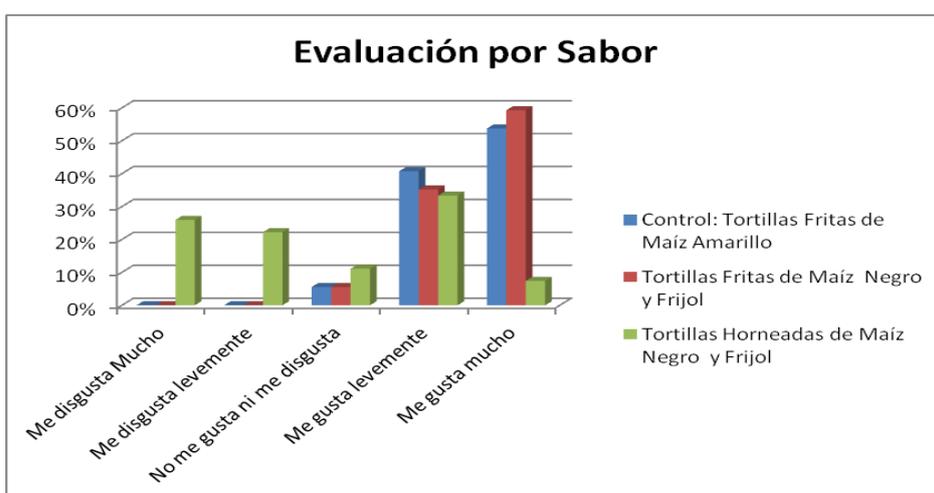
Al evaluar color, se observó que las tortillas fritas de maíz amarillo obtuvieron 84% de aceptabilidad (61% gusta mucho y 24% gusta levemente), las Tortillas fritas de maíz negro y frijol obtuvieron 44% de aceptabilidad (19% gusta mucho y 26% gusta levemente) y las tortillas horneadas de maíz negro y frijol 20% de aceptabilidad (4% gusta mucho y 17% gusta levemente).

Figura 5. Evaluación por Textura de tres formulaciones de tortillas tipo “snack”. Guatemala, 2011.



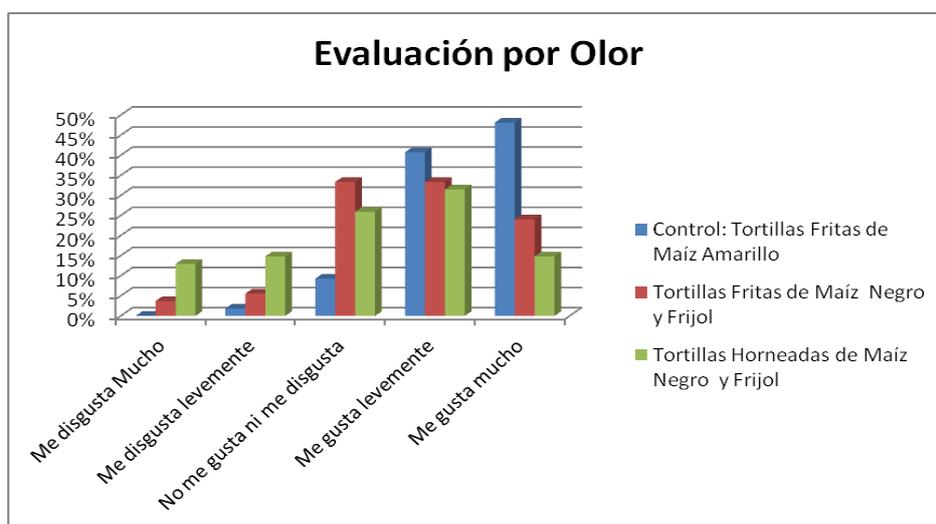
Al evaluar textura se observó que las tortillas fritas de maíz amarillo obtuvieron 98% de aceptabilidad (69% gusta mucho y 30% gusta levemente), las Tortillas fritas de maíz negro y frijol obtuvieron 91% de aceptabilidad (67% gusta mucho y 24% gusta levemente) y las Tortillas horneadas de maíz negro y frijol 7% de aceptabilidad (2% gusta mucho y 6% gusta levemente).

Figura 6. Evaluación por Sabor de tres formulaciones de tortillas tipo “snack”. Guatemala, 2011.



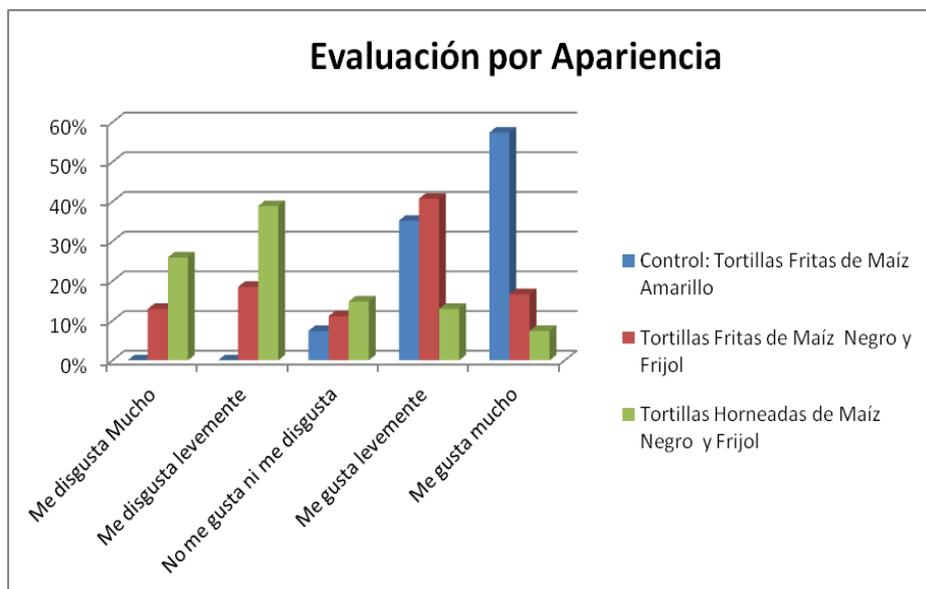
Al evaluar sabor se observó que las tortillas fritas de maíz amarillo obtuvieron 94% de aceptabilidad (54% gusta mucho y 40% gusta levemente), las Tortillas fritas de maíz negro y frijol obtuvieron 94% de aceptabilidad (59% gusta mucho y 35% gusta levemente) y las Tortillas horneadas de maíz negro y frijol 41% de aceptabilidad (7% gusta mucho y 33% gusta levemente).

Figura 7. Evaluación por Olor de tres formulaciones de tortillas tipo “snack”. Guatemala, 2011.



Al evaluar olor se observó que las tortillas fritas de maíz amarillo obtuvieron 89% de aceptabilidad (48% gusta mucho y 41% gusta levemente), las Tortillas fritas de maíz negro y frijol obtuvieron 57% de aceptabilidad (24% gusta mucho y 33% gusta levemente) y las Tortillas horneadas de maíz negro y frijol 46% de aceptabilidad (15% gusta mucho y 31% gusta levemente).

Figura 8. Evaluación por Apariencia de tres formulaciones de tortillas tipo “snack”. Guatemala, 2011.



Al evaluar apariencia se observó que las tortillas fritas de maíz amarillo obtuvieron 93% de aceptabilidad (58% gusta mucho y 35% gusta levemente), las Tortillas fritas de maíz negro y frijol obtuvieron 58% de aceptabilidad (17% gusta mucho y 41% gusta levemente) y las Tortillas horneadas de maíz negro y frijol 20% de aceptabilidad (7% gusta mucho y 13% gusta levemente).

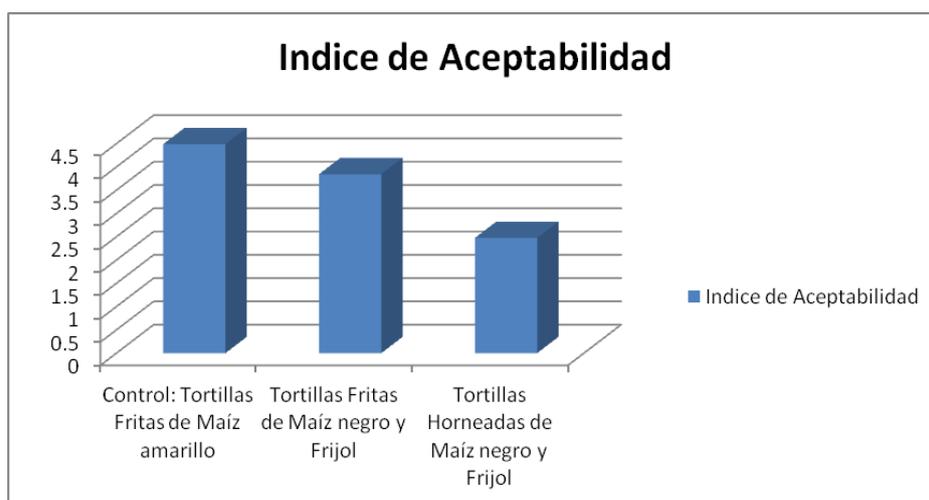
Tabla 20. Índice de Aceptabilidad. Guatemala, 2011.

Formulación	Índice de Aceptabilidad	Interpretación
Control: Tortillas Fritas de Maíz Amarillo	4.49 ± 0.67	Está entre “me gusta mucho” y “me gusta levemente”
Tortillas Fritas de Maíz Negro y Frijol Negro	3.84 ± 1.20	Está entre “me gusta levemente” y “ni me gusta ni me disgusta”
Tortillas Horneadas de Maíz Negro y Frijol Negro	2.47 ± 1.29	Está entre “ni me gusta ni me disgusta” y “me disgusta levemente”

En la tabla 20 se observa que el índice de aceptabilidad de las tortillas fritas de maíz amarillo es 4.49, de las tortillas fritas de maíz negro y frijol es 3.84 y de las tortillas horneadas de maíz negro y frijol es 2.47, sobre un valor máximo de 5 puntos. Las

tortillas fritas de maíz amarillo están entre la categoría “me gusta mucho” y “me gusta levemente”, las tortillas fritas de Maíz Negro y frijol negro están entre la categoría “me gusta levemente” y “ni me gusta ni me disgusta” y las tortillas horneadas de maíz negro y frijol negro entre la categoría de “ni me gusta ni me disgusta” y “me disgusta levemente”. La aceptabilidad entre las tres formulaciones es significativamente diferente ($p < 0.05$, $n=54$).

Figura 9 . Índice de Aceptabilidad General de tres formulaciones de tortillas tipo “snack”. Guatemala, 2011.



La aceptabilidad de las tres formulaciones es significativamente diferente ($p < 0.05$, $n=54$).

X. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Análisis Químico

En la tabla 14 se muestra el análisis químico proximal de las tres formulaciones de tortillas de maíz amarillo (*Zea mays L.*) fritas y tortillas de maíz negro y frijol negro (*Phaseolus vulgaris L.*) fritas y horneadas. Se observó que existe diferencia significativa entre la humedad de las tortillas de maíz y frijol horneadas y la humedad de las dos formulaciones de tortillas fritas ($p < 0.05$, $n=3$), mientras que no hay diferencia entre las dos versiones fritas ($p > 0.05$, $n=3$). Esto pudo haber sido una de las razones por las cuales la textura del producto horneado salió mal evaluada; como se observó en los resultados del análisis sensorial. En el caso de las dos formulaciones fritas, la humedad llegó a valores menores de 1% mientras que el producto horneado obtuvo una humedad de 9.58%. La transferencia de calor entre el alimento y el aceite es más eficiente en el proceso de fritura que en el proceso de horneado u otro método de evaporación, debido a que la transferencia de calor es por conducción en lugar de convección (59). Así mismo, por medio de fritura se logran obtener temperaturas más altas en el producto que lo que se logra obtener durante el horneado (50).

Adicional a la textura poco aceptable, otro problema que se podría encontrar en productos de humedad alta, es un menor tiempo de vida de anaquel debido a mayor actividad del agua. La actividad del agua es crítica para la estabilidad de la mayoría de los productos alimenticios secos. Esto no solo controla la degradación microbiana, sino también la estabilidad física y química otorgando una larga vida útil (60). En el presente estudio no se consideraron los valores de actividad de agua promedio de los "snack", sin embargo hay estudios que sugieren que está directamente relacionada a la humedad total de los productos secos (68).

Respecto a la grasa, se observó diferencia significativa entre la grasa de las tortillas horneadas y las dos versiones fritas ($p < 0.05$), mientras que las dos versiones fritas no muestran diferencia significativa entre sí ($p > 0.05$, $n=3$). Este resultado coincide con lo esperado, ya que el objetivo de formular una versión horneada era obtener un producto con menos cantidad de grasa, que satisfaga las últimas recomendaciones

para una dieta saludable del FDA (29). Es importante observar que mientras las tortillas fritas de maíz obtuvieron 22.7% de grasa, las tortillas fritas de maíz y frijol obtuvieron 19% de grasa, esto representa un 16% menos de grasa lo cual sugiere que el aumento de fibra y proteína en la formulación incidió en la absorción de grasa en el producto. Sin embargo, esto no concuerda con un estudio realizado en la Universidad de Texas en el cual se produjeron Tortillas fritas de maíz y tortillas fritas de maíz con sorgo. Ellos encontraron que a mayor cantidad de sorgo, aumentaba la cantidad de fibra, sin embargo, no variaba el porcentaje de grasa absorbido (69). Esta diferencia puede deberse a que ellos estandarizaron la humedad de la masa, mientras que en el presente estudio no se tomó en cuenta ese factor. Otro estudio de tortillas de maíz fritas realizado también en la Universidad de Texas demostró que lo que determina la absorción de aceite en el producto final es la humedad inicial de la masa. Ellos encontraron que a mayor humedad en la masa, mayor contenido de aceite en el producto frito (52).

Respecto a las tortillas de maíz y frijol horneadas, estas obtuvieron 75% menos grasa que la versión frita. Esto es una ventaja si se buscan productos bajos en grasa, sin embargo, el sabor no fue bien evaluado. Esto se debe a que la grasa aporta palatabilidad en los alimentos, debido a su calidad de intensificador de sabores y vehículo de sabores liposolubles (60).

La porción estándar que la FDA recomienda para este tipo de productos, es de 30 gramos (29). El contenido de grasa que aporta una porción es de 6.8g en las tortillas fritas de maíz, 5.7g en las tortillas fritas de maíz y frijol y 1.7g en las tortillas horneadas de maíz y frijol. La cantidad de grasa total que corresponde a las recomendado dietéticas diarias es de 65 gramos por día (29), por lo que una porción de cada una de las tres formulaciones estaría aportando respectivamente 10.5%, 8.8% y 3.5% de las recomendaciones dietéticas diarias.

En el análisis de energía, se observa diferencia significativa entre la cantidad de kilocalorías de las tortillas hechas de maíz y la cantidad de kilocalorías de las dos versiones con frijol. También se observa diferencia significativa entre las kilocalorías encontradas en las tortillas horneadas de maíz y frijol y las kilocalorías encontradas en

las tortillas fritas de maíz y frijol. Se puede observar que las tortillas fritas con maíz y frijol tienen 3.66% menos de calorías que las tortillas control de maíz mientras que las tortillas horneadas tienen 27.65% menos de calorías. Hay diferencia significativa entre las tres formulaciones, ($p < 0.05$, $n=3$). Si el producto es orientado a programas institucionales que buscan ayudar a poblaciones con desnutrición, el aporte de calorías de las versiones fritas sería el recomendado. Si el producto se enfoca en poblaciones con altos índices de sobrepeso y obesidad, se recomienda el producto horneado.

Es importante mencionar el tema de los programas institucionales, y los productos diseñados para este fin. Las agencias de cooperación o instituciones donantes, buscan dar el mayor aporte calórico por gramo a manera de hacer más eficiente la ayuda. En la última década se ha incrementado el uso de productos extra calóricos en ayuda alimentaria, como el caso del "Plumpy Nut" y los "Instant Noodles". El Plumpy Nut es un producto desarrollado por Nutriset y la organización IRD. Fue el primer alimento listo para comer diseñado específicamente para el tratamiento de desnutrición severa y recomendado por el PMA (67). Está hecho a base de maní, azúcar, grasa vegetal, leche descremada y enriquecido con vitaminas y minerales; tiene 500 calorías en una porción de 92 gramos y se ha utilizado en África en programas de recuperación nutricional en niños desde los 6 meses (67). El caso de los Instant Noodles es un proyecto iniciado en Indonesia y replicado en África por su éxito en programas escolares, debido no solo a su importante contenido proteico calórico sino que también a su alta aceptabilidad. Es un snack frito a base de trigo y soya y fortificado con vitaminas y minerales, contiene 143 calorías en una porción de 30 gramos (30). Las tortillas fritas de maíz aportan 150 calorías por porción, las tortillas fritas de maíz y frijol aportan 145 calorías por porción y las tortillas horneadas de maíz y frijol aportan 109 calorías por porción.

En el análisis de proteína, se observa diferencia significativa entre la cantidad de proteína de las tortillas hechas de maíz y la cantidad de proteína de las tortillas hechas de maíz y frijol. Con la adición de 30% de frijol, se observó un incremento de 57% en el caso de las tortillas fritas de maíz y frijol y de 87% en el caso de las tortillas horneadas de maíz y frijol. Este resultado era de esperarse debido a la cantidad de

proteína que se encuentra en el frijol que corresponde a 26.1% (48) comparada con la cantidad de proteína en el maíz que es tan solo 9.4% (8).

La tabla 15 presenta la calidad proteica encontrada en las tres formulaciones. Se observa que la adición de 30% de frijol a la fórmula original, aumentó en más de 100% la cantidad de lisina total y en más de 130% la cantidad de lisina disponible. Este resultado mantiene la primera hipótesis de este estudio, la cual es “La calidad proteica es mayor en tortillas tipo “snack” que contienen maíz y frijol que en las tortillas tipo “snack” originales a base de maíz, evaluada por medio de lisina disponible, debido a la complementariedad proteica”. El resultado coincide con varios estudios previos en donde se demuestra que la adición de una leguminosa a un cereal, mejora la calidad de la proteína, debido a la complementariedad de los aminoácidos (8, 10, 15, 21, 66). Es importante notar que no se observó diferencia significativa en cuanto a calidad proteica al comparar entre el proceso de horneado y el de fritura; esto sugiere que ninguno de los dos procesos térmicos son lo suficientemente agresivos para destruir la lisina y que no hubo relación entre el tratamiento térmico utilizado y la calidad de la proteína. Se recomienda investigar más acerca de la relación entre la calidad proteica y los tipos de tratamientos térmicos utilizados.

El porcentaje de fibra y contenido por porción, se presenta en la tabla 16. Se observa que las dos versiones con frijol tienen mayor contenido que la versión formulada solo con maíz. Las tortillas fritas de maíz y frijol tienen 66% más fibra que las tortillas fritas de maíz. Las tortillas horneadas de maíz y frijol tienen 87% más fibra que las tortillas fritas de maíz. Este hallazgo es muy importante debido a la relación que se ha encontrado entre una dieta baja en fibra y el desarrollo de enfermedades cardiovasculares (51), obesidad (62), diabetes (32), cáncer de colon (2, 4, 24, 49, 64), entre otras. Esto se debe a que los frijoles tienen los 4 tipos de fibra dietética reconocidas: fibra insoluble, fibra soluble, almidón resistente y oligosacáridos y a su alta cantidad de fitoquímicos, compuestos ampliamente estudiados por sus propiedades antioxidantes y anticancerígenas (46). Así mismo, estudios similares demostraron que al agregar harina de frijol a espaguetis aumentó el contenido de fibra, mejorando así la digestibilidad del producto (35) por lo que se considera interesante hacer estudios posteriores en donde se relacione el consumo de un “Snack” con maíz y frijol y la digestibilidad.

En la tabla 17 se presenta el contenido de sodio de las tres formulaciones. Se observa que ninguna sobrepasa el valor mínimo establecido por el FDA para que un producto sea considerado como “bajo en sodio”, el cual es de 140mg de Sodio por porción (29). Los valores de sodio encontrados en una porción de 30 gramos, fueron de 54 mg en las tortillas fritas de maíz y en las tortillas horneadas de maíz negro y frijol, y 84 mg en las tortillas fritas de maíz negro y frijol. Es importante observar que las tortillas fritas de maíz negro y frijol obtuvieron el mayor contenido de sodio y fue la formulación más aceptada en sabor. El experimento se diseñó para que las tres formulaciones tuvieran exactamente la misma cantidad de sabor artificial de frijol y sal, sin embargo el análisis químico revela que la fórmula frita de maíz y frijol tiene 0.28% de sodio, mientras que las otras dos tienen 0.18%. Esta puede ser la razón por la que fue la formulación preferida. El error en la aplicación de sabor se debe a que el equipo utilizado se ajusta manualmente, fue un error de operación. Se recomienda en futuros estudios controlar las condiciones de proceso para que este factor no sea una variable insospechada, o de ruido en los resultados obtenidos.

El contenido de ácidos grasos saturados de cada una de las tres formulaciones se presenta en la tabla 19. Las tortillas fritas de maíz amarillo tienen 11.1% de ácidos grasos saturados, las tortillas fritas de maíz y frijol negro tienen 9.32% y las tortillas horneadas de maíz y frijol negro 0.03%. Esto equivale por porción de 30 gramos, a 3.33 g, 2.80 g y 0.01 g respectivamente. El FDA recomienda 20 gramos de grasa saturada al día (29), por lo que los productos aportan lo siguiente: las tortillas fritas de maíz aportan 16.65% de esta recomendación; las tortillas fritas de maíz y frijol aportan 14%, mientras que las tortillas horneadas de maíz y frijol aportan 0.5%. Para disminuir el aporte de grasas saturadas se recomienda utilizar fuentes de grasa con menos ácidos grasos saturados como el aceite de canola, el de oliva y el de maíz, que son altos en ácidos grasos poli insaturados y mono insaturados; sin embargo, estos tienen un menor punto de fusión lo que disminuye la palatabilidad al momento del consumo y la estabilidad del producto; otra desventaja es el costo y la baja disponibilidad (59). La grasa que se utilizó para freír estos “snacks” es oleína de palma, que contiene aproximadamente 50% de ácidos grasos saturados. Es utilizada ampliamente en la industria de “snacks” ya que el punto de fusión entre 33°C y 39°C favorece la estabilidad en el proceso de fritura y aporta palatabilidad al fundirse en la boca a temperatura corporal; el uso de aceites con alto contenido de ácidos grasos

insaturados o poli insaturados, además de encarecer el proceso, serían causantes de atributos sensoriales desagradables al consumidor (59).

Análisis Sensorial

Los productos fueron evaluados por 54 consumidores y se pidió evaluar separadamente los atributos de color, olor, sabor, textura y apariencia. En la figura 4, en la evaluación de color, se observa una marcada preferencia por la fórmula frita a base de maíz amarillo con 84% de aceptabilidad. Las dos versiones con frijol, no gustaron mucho, obtuvieron 44% la versión frita y 20% la versión horneada. Esto se debe al color negro del frijol común el cual no fue aceptado por las personas que evaluaron los productos. Se recomienda para futuras investigaciones y desarrollos evaluar una mezcla de maíz blanco y frijol blanco, para obtener los beneficios nutricionales de la mezcla vegetal pero no afectar la aceptabilidad del producto.

En la figura 5, se observa que en la evaluación de textura, las dos formulaciones fritas fueron muy bien evaluadas, con un 98% de aceptabilidad en las tortillas fritas de maíz y 91% de aceptabilidad las tortillas fritas de maíz y frijol; sin embargo, la versión horneada fue rechazada por la mayoría de los consultados con 7% de aceptabilidad y más del 60% respondió que le disgustaba mucho. Esto puede deberse a la humedad tan alta que se encontró en el análisis químico proximal del producto. Se recomienda continuar investigaciones y prácticas para mejorar la palatabilidad del producto horneado, ya que es una opción más saludable especialmente para el mercado con sobrepeso u obesidad. Se recomiendan utilizar otros tipos de hornos largos que logren extraer la humedad de una manera más eficiente o variar las condiciones de la humedad inicial de la masa.

La evaluación de sabor se observa en la figura 6. Las dos versiones fritas tuvieron 94% de aceptabilidad mientras que la fórmula horneada solamente 41%. Se cree que la razón principal de esta preferencia por los productos fritos es el contenido de grasa, la cual aporta sabores agradables al paladar (60). Hay varios factores que influyen en la aceptabilidad de un "Snack" frito como los son: la absorción de aceite, la deshidratación en la superficie del alimento que forma una corteza crujiente; el

desarrollo de color dorado en la superficie y la creación de sabores originados por reacciones químicas entre los componentes del alimento (59).

Las diferencias de textura y sabor detectadas entre las dos versiones fritas y la versión horneada, se explican al conocer el proceso de fritura, en el cual el alimento es completamente rodeado por el aceite de fritura y el calor se transfiere al alimento desarrollando características deseables de color y sabor. En la fritura ocurren cuatro eventos importantes, (i) la humedad de la superficie y del interior del alimento se convierte en vapor, (ii) la temperatura del aceite de fritura disminuye como resultado de la adición del alimento mientras un calor adicional se provee desde la fuente de calor; (iii) la alta temperatura provoca reacciones entre los componentes del alimento y (iv) la deshidratación de la superficie y la absorción de grasa, principalmente en la superficie, imparte sabores deseables y textura en el alimento (59).

En la figura 7 se observa la evaluación de las tres formulaciones por olor. La que más gusta es la fórmula control, con 89% de aceptabilidad. Le sigue la versión frita con maíz y frijol con 57% de aceptabilidad y por último la versión horneada de maíz y frijol con 46% de aceptabilidad. Respecto a la apariencia, en la figura 8 se observa una aceptabilidad del 93% para la versión frita de maíz, 58% de aceptabilidad en la versión frita de maíz y frijol y 20% en la versión horneada de maíz y frijol. Esto coincide con los resultados de color, con lo cual se confirma que al consumidor no le gusta un Snack de color negro.

Adicional a las evaluaciones individuales de cada uno de los atributos de cada formulación, también se creó un índice de aceptabilidad para poder comparar los datos estadísticamente. Para la creación del índice de aceptabilidad, se asignó una numeración de 1 a 5 a cada una de las respuestas de la escala hedónica, siendo la puntuación 1 para la categoría “Me disgusta mucho” y la puntuación 5 para la categoría “Me gusta mucho”. Esto dio como resultado un índice de 4.49 a la formulación de tortillas fritas de maíz amarillo lo cual se interpreta como aceptable, de acuerdo al criterio de aceptabilidad definido en la metodología y se encuentra entre las categorías de “me gusta mucho” y “me gusta levemente”.

El índice de aceptabilidad para la formulación de tortillas fritas de maíz negro y frijol negro fue de 3.87 lo que se interpreta como aceptable, y se encuentra entre las categorías de “me gusta levemente” y “ni me gusta ni me disgusta”; como este índice se obtuvo sumando todos los atributos, se observó que fue la evaluación del color y la apariencia lo que contribuyó a disminuir el promedio, ya que la textura fue muy bien evaluada y el sabor fue el que más gustó. Respecto al índice de aceptabilidad para la formulación de tortillas horneadas de maíz negro y frijol negro, este fue de 2.49 lo cual se interpreta como no aceptable de acuerdo al criterio definido en la metodología. Está entre las categorías de “Ni me gusta ni me disgusta” y “Me disgusta levemente”. Como se discutió anteriormente, esto se debe a la textura dura que se detectó en las tortillas horneadas, comparada con la textura crujiente de las tortillas fritas.

XI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En base a los objetivos planteados al inicio de la investigación y los resultados obtenidos al aplicar la metodología propuesta, se concluye lo siguiente respecto al análisis químico y la evaluación sensorial de las tres formulaciones estudiadas.

1. La calidad proteica es mayor en tortillas tipo “snack” que contienen maíz y frijol que en las tortillas tipo “snack” originales a base de maíz, evaluada por medio de lisina disponible, debido a la complementariedad proteica. La primera hipótesis alterna se mantiene.
 - La adición de frijol al 30% en una tortilla tipo “snack” de maíz, aumenta la calidad de la proteína en el producto, de 114 mg/g N a 267 mg /g.
 - La adición de frijol al 30% en una tortilla tipo “snack” de maíz, aumenta la cantidad de la proteína en el producto, de 6.5% a 10.3%.

2. La adición de frijol a tortillas tipo “snack” mejoran otros perfiles nutricionales del producto además de mejorar la calidad de la proteína.
 - La adición de frijol al 30% en una tortilla frita tipo “snack” de maíz, reduce la cantidad de grasa absorbida en el producto, de 22.7% a 19%.
 - El proceso de horneado en sustitución de fritura para la elaboración de una tortilla tipo “snack” de maíz y frijol, reduce la cantidad de grasa en el producto, de 22.7% a 5.71%
 - La adición de frijol al 30% en una tortilla tipo “snack” de maíz, aumenta la cantidad de fibra en el producto, de 6.2% a 10.3%.

3. La aceptabilidad de una tortilla de maíz y frijol frita es mayor que la aceptabilidad de una tortilla de maíz y frijol horneada, evaluada por medio de pruebas sensoriales utilizando escala hedónica con 50 adultos entre 18 a 50 años. La segunda hipótesis alterna se rechaza.

- El índice de aceptabilidad general de las tres formulaciones demuestra que la fórmula que más gusta es la fórmula frita de maíz amarillo con un índice de 4.49, le sigue la fórmula frita de maíz negro y frijol con un índice de 3.84 y la fórmula horneada de maíz negro y frijol con 2.47 en una escala de 5 puntos, siendo las tres significativamente diferentes entre ellas, con un valor p menor de 0.005

RECOMENDACIONES

Se recomienda:

1. Realizar un producto a base de maíz blanco y frijol blanco para mejorar la aceptabilidad del producto, al mismo tiempo que se aprovechan los beneficios nutricionales encontrados en este estudio.
2. Continuar el proceso de estudio e investigación para obtener snacks horneados de alta aceptabilidad debido a los riesgos asociados a las grasas saturadas, las cuales son altas en los snacks fritos.
3. Diseñar y probar una fórmula que, a la vez que mejore la cantidad y calidad de la proteína, esté fortificada con vitaminas y minerales.
4. Realizar estudios de aceptabilidad en niñas y niños.

XII. REFERENCIAS

1. Altschul, A. M. 1974. *New Protein Foods*. New York, Technology Academic Press. vol. 1 A.
2. Anderson, G.H. 2008. *The effect of whole pulses and their fractions on regulation of short-term food intake and metabolic control*. Canada, University of Toronto. (s.p).
3. Aoki, H. et. al. 2002. Anthocyanins isolated from purple corn (*Zea mays L.*). *Journal of Foods and Food Ingredients*. (US). (199): 41–45.
4. Aparicio-Fernández, X., et. al. 2005. Comparison of antimutagenic activity of phenolic compounds in newly harvested and stored common beans (*Phaseolus vulgaris*) against aflatoxin. *Journal of Food Science*. (US). 70(1): S73-S78.
5. Bender, A.E. 1958. *Biological methods of evaluating protein quality*. Journals of Cambridge. University of Cambridge. School of Agriculture. (UK). (17).
6. Blandón, P. A. 1983. *Fundamentos de Nutrición*. San José, Costa Rica. Editorial Universidad Estatal a Distancia. 146 p.
7. Booth, R. Gordon. 1990. *Snack Food*. Alemania, Van Nostrand Reinhold. (s.p.).
8. Bressani, R. 1972. *Mejoramiento de las Dietas a Base de Maíz Enriquecido con Aminoácidos y Proteínas Suplementarios. Mejoramiento de la Calidad proteínica del maíz*. Guatemala, INCAP. pp. 41-61.

9. _____ . 1972. Mejoramiento Nutricional del Maíz. Guatemala, INCAP. pp. 172-195.
10. _____ . 1976. Valor Nutritivo de Mezclas Vegetales. Interciencia. (GT) 1 (1): 26 – 31.
11. Carpenter, K.J. 1958. Chemical Methods of Evaluating Protein Quality. Journals of Cambridge. University of Cambridge. School of Agriculture. (UK). (17).
12. _____ . 1960. The Estimation of the Available Lysine in Animal Protein Foods. Biochemical Journal. (US). 77:10-604.
13. Clark, Peter. J. 2009. Case Studies in Food Engineering: Learning from Experience. Estados Unidos, Springer. 224 p.
14. CODEX STAN. 1995. Codex *Alimentarius*. 192. (s.p.), CODEX STAN. 284 p.
15. Conferencia del Día Mundial de la Alimentación Colombiana. 2008. Colombia. Las mezclas vegetales, solución a la falta de proteínas de buena calidad. Gómez, L. M. Colombia, (s.e.). 6 p.
16. Conferencia de Responsabilidad Social Empresarial. 2011. Guatemala. Estrategia de reducción de la malnutrición en Guatemala: La nutrición como solución en Centroamérica. Cazali, C. Guatemala (s.e.) (s.p.).
17. Conferencia Internacional de Nutrición de la Organización mundial de la Salud (OMS) y la Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación (FAO). 1992. Nutrición Humana en el Mundo del Desarrollo. Roma, OMS / FAO. Parte II, Capítulo 9. 41 p.

18. Congreso Alimentación en el Siglo XXI. 2003. Argentina. XXVI Reunión Anual de CASLAN, Mendoza. Alimentos de Interés Social. González, R.J. Argentina, CASLAN. (s.p.).
19. Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos (12). 2010. México, Universidad de Guanajuato. Evaluación Sensorial de Tortillas de Maíz fortificadas con harina de Amaranto, Frijol y Nopal. Vázquez, J.A., et. al. (s.p.).
20. Consumo de Boquitas en Guatemala [Diapositiva]. 2010. Guatemala. Estudio realizado por Central de Alimentos, S.A. 50 diapositivas, color.
21. Cuevas-Martínez, D., et al. 2010. Nutrition and Texture Evaluation of Maize-white Common Bean Nixtamalized Tortillas. *Interciencia*. (VE). (35): 828-832.
22. Debouck, D. et. al. 1984. Morfología de la Planta de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT. (s.p.)
23. Delolme, S. 1999. La Enseñanza en la Uned. 12^a. ed. San José, Costa Rica, Universidad Estatal a Distancia. 88 p.
24. Dodin, S. 2008. Effects of pulse incorporation into the diet on components of the metabolic syndrome, body fatness and food habits in women. Francia, Laval University. 12 p.
25. El Estado de la Agricultura y la Alimentación. 2010. Roma, Italia. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación - FAO. 90 p.
26. El mundo de la comida [Diapositiva]. 2007. México, De la Riva, Investigación Estratégica. 30 diapositivas, color.

27. Encuesta Mundial de Salud Escolar. Capítulo Guatemala. 2009. Guatemala, Ministerio de Salud Pública. 245 p.
28. Escala Hedónica. Biblioteca Digital de la Universidad de Chile. Sistema de Servicios de Información y Bibliotecas, SISIB. Santiago de Chile, (s.e.). (s.p.).
29. FDA. Food and Drug Administration. 2011. Guidance, Compliance & Regulatory Information. USA, Food Labeling & Nutrition Guide. (s.p.)
30. Feurstein, Sara. 2010. Worldwide Support Network Plays Powerful Role in Creation of Cameroon Company. USA, United States Department of Agriculture. (s.p.)
31. Figuerola, F. et.al. 2008. Desarrollo de un alimento de humedad intermedia de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Archivos Latinoamericanos de Nutrición. (CH). 58(2): 193-200.
32. Foster-Powell K. et. al. 1995. International tables of glycemic index. American Journal of Clinical Nutrition. (US). (62): 871S-893S.
33. Gabrielska, J., et. al. 1999. Anthocyanin extracts with antioxidant and radical scavenging effect. Zeitschrift für Naturforschung. C, Journal of biosciences. (DE). 54(5-6):319-24.
34. Gallivan, Donna R. 2003. Soy Snack Noodles are Success in Indonesian School Children. Grainnet. (US). (s.p.).
35. Gallegos, J.A. et. al. 2010. Effect of the Addition of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Flour on the In Vitro Digestibility of Starch and Undigestible Carbohydrates in Spaghetti. Journal of Food Science. (US). 75(5): 151-156

36. García, P.A. 1983. Fundamentos de Nutrición. San José, Costa Rica, Educación Diversificada a Distancia. 149 p.
37. Gil, A. 2010. Tratado de Nutrición. 2ª. ed. Madrid, España, Editorial Médica Panamericana. Tomo 1: Bases fisiológicas y bioquímicas de la nutrición. 488 p.
38. Giraud, C.B. 2006. Nutrición Básica Humana. España, Universidad de Valencia. 421 p.
39. Hagiwara, A. et al. 2001. Pronounced inhibition by a natural anthocyanin, purple corn color, of 2-amino-1-methyl-6-phenylimidazo[4,5-b]pyridine (PhIP)-associated colorectal carcinogenesis in male F344 rats pretreated with 1,2-dimethylhydrazine. *Cancer Lett. (JP)*. 171(1): 17-25.
40. Hernández, R. et. al. 2007. Metodología de la Investigación. 4ta. ed. México, Edidtorial Mc Graw -Hill. 850 p.
41. Hui, Y.H. 2006. Handbook of Food Science Technology and Engineering. (US). 1:3, 618.
42. Hurtado, M.L. et. al. 2001. Elaboración y caracterización de frijoles fritos tipo "snack" cultivar Pinto 114, Suave 85 y Tórtola Inia. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición. (VE)*. (51):2.
43. INE. (Instituto Nacional de Estadística, GT). 2008. Hoja de Balance de Alimentos. Guatemala, INE. (s.p.).
44. Kinsella, J. 1991. Advances in food and nutrition research. USA, Academic Press. vol. 35, 378 p.

45. Landaverry, R.A. 2009. Estudio de Factibilidad para la Implementación de una Planta Industrial de Fabricación de Tortillas. Guatemala. 107p. Trabajo de Graduación presentado para optar a grado de Licenciado en Ingeniería Industrial. Universidad del Valle de Guatemala.
46. Las Leguminosas de Grano y El Cáncer de Colon [Diapositiva]. 2009. Tecnoalimentaria Guatemala. Ana Silvia Colmenares. Guatemala, Universidad del Valle de Guatemala. 23 diapositivas, color.
47. Las Leguminosas de Grano: Su Valor Nutritivo y en la Salud. Composición Química y Valor Nutritivo [Diapositiva]. 2009. Tecnoalimentaria Guatemala. Ricardo Bressani. Guatemala, Universidad Del Valle de Guatemala, Centro de Ciencia y Tecnología de Alimentos. 40 diapositivas, color.
48. Leguminosas en Grano: Factores Funcionales [Diapositiva]. 2009. Tecnoalimentaria Guatemala. Patricia Palacios de Palomo. Guatemala, Universidad del Valle de Guatemala, Centro de Ciencia & Tecnología de Alimentos. 15 diapositivas, color.
49. Mathres, J. C. 2002. Pulses and carcinogenesis: potential for the prevention of colon, breast and other cancers. British Journal of Nutrition. (UK). (88): S273-S279.
50. Matz, S.A. 1997. Snack Food Technology. third edition. USA, Pan-Tech International. 450 p.
51. McCrory, M.A. 2008. Effectiveness of two levels of pulse consumption on caloric restriction adherence and chronic disease risk. USA, Bastyr University. (s.p.).

52. Moreira, R.G. et al. 1997. Factors affecting oil uptake in tortilla chips in deep-fat frying. *Journal of Food Engineering*. (US). 31(4): 485-498
53. Morrow, B. 1991. The rebirth of legumes. *Journal of Food Technology*. (US). (96): 21.
54. Naciones Unidas. 2003. Grupo de Seguridad Alimentaria Nutricional. Situación de la Seguridad Alimentaria y Nutricional de Guatemala. Guatemala, Naciones Unidas. 143 p.
55. Nestares, T. et. al. 2003. Effect of different soaking solution on nutritive utilization of minerals (calcium, phosphorus, and magnesium) from cooked beans (*Phaseolus vulgaris* L) in growing rats. *Journal of Agriculture Food Chem*. (US). 51: 515-520.
56. Owusu – Apenten, R. 2002. *Food Protein Análisis*. Quantitative effects on processing. USA, Marcel Dekker Inc. 488 p.
57. Panorama de la Seguridad Alimentaria y Nutricional en America Latina y el Caribe. 2010. Italia, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación - FAO. 90 p.
58. Pellet, M. L. y Vernon, R.Y. 1980. Evaluación Nutricional de Alimentos Proteínicos. Programa Mundial contra en Hambre de la Universidad de las Naciones Unidas. *Food and Nutrition Bulletin*. (US). 4:175.
59. Perkins, E.G. et. al. 1994. *Deep Frying*. Chemistry, Nutrition, and Practical Applications. Illinois, Estados Unidos, Aocs Press. 357 p.

60. Potter, Norman N. 1978. La Ciencia de los Alimentos. 2a. ed. México, Harla. 749 p.
61. PESA (Programa Especial para la Seguridad Alimentaria, GT). 2010. Centroamérica: Seguridad Alimentaria y Nutricional, Conceptos Básicos. Guatemala, PESA. p.7
62. Ramirez, M. et. al. 2010. INCAP Oriente Longitudinal Study: 40 years of History and Legacy. Journal of Nutrition. (US). (140):397-401.
63. Richardson, P.J. 2008. Effect of pulses and pulse fractions on indices of lipid carbohydrate and energy metabolism, as well as oxidative status in overweight, hyperlipidemic individuals. USA, Centre for Functional Foods and Nutraceuticals. (s.p.).
64. Rocha-Guzmán N.E. et. al., 2007. Effect of pressure cooking on the antioxidant activity of extracts from three common bean (*Phaseolus vulgaris L*) cultivars. Journal of Food Chemical. (US). (100): 31-35.
65. Rojas Lima, Flavio. 1988. La Cultura del Maíz en Guatemala. Guatemala, Ministerio de Cultura y Deportes. 146 p.
66. Ruano, B. 2005. Formulación y evaluación de aceptabilidad de mezclas vegetales para la alimentación de pacientes hospitalizados en el Instituto de Cancerología Dr. Bernardo del Valle S. Guatemala. 44p. Tesis Licenciada en Nutrición. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Escuela de Nutrición.
67. Sadler, K. et al. 2002. Outpatients care for severely malnourished children in emergency relief programmes: a retrospective cohort study. The Lancet (UK). 360(9348): 1824 – 1830.

68. Saenz, C. et al. 2007. Utilización de residuos de la industria de jugos de naranja como fuente de fibra dietética en la elaboración de alimentos tipo "snack". Archivos Latinoamericanos de Nutrición. (VE). 57:(2): 186-191.
69. Serna-Saldivar, A. et al. 1988. Production of tortilla chips from Sorghum and maize. Journal of Cereal Science. (US). 8(3): 275-284
70. Torricella M.R. et al. 2007. Evaluación Sensorial Aplicada a la Investigación, Desarrollo y Control de la Calidad en la Industria Alimentaria. 2ª. ed. Cuba, Editorial Universitaria. 135 p.
71. Transición y Situación Alimentaria en Guatemala. [Diapositiva]. 2010. Guatemala. Hernán L. Delgado Presentación. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. 27 diapositivas, color.
72. Yoshimoto, M. et. al. 1999. Bioscience, Biotechnology, Biochemistry. Japón, (s.e.). pp. 63, 537-541
73. Walker & Hymowitz. 1972. Communications in Soil Science and Plant Analysis, USA, Taylor & Francis. vol. 3. pp. 505 – 511.
74. Whiteside, Glenn. 2011. Tortilla Chips. How Products are Made. Consultado el 5 de febrero de. Disponible: <http://www.madehow.com/Volume-1/Tortilla-Chip.html>
75. Wiersma, W. et. al. 2005. Research methods in education. 8a. ed. Boston, Pearson. 323 p.

XIII. ANEXOS

ANEXO I

Sexo ___ F ___ M
 Edad _____

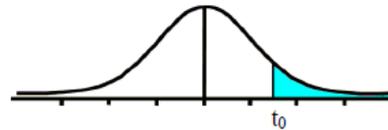
Boleta de Evaluación
 Prueba de Aceptabilidad con Escala Hedónica

A continuación se le presentará una muestra de Tortilla Frita. Observe la muestra y pruébela. Indique el grado en el que le gusta o disgusta la muestra de acuerdo a la escala indicada en la tabla, escribiendo una X en el cuadro que mejor describa lo que siente, para cada una de las características indicadas.

Nivel de Aceptación	Textura	Sabor	Color	Olor	Apariencia
Me gusta mucho					
Me gusta levemente					
No me gusta ni me disgusta					
Me disgusta Levemente					
Me disgusta mucho					

ANEXO II
Tabla de la Distribución t de Student

Tabla t-Student



Grados de libertad	0.25	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005
1	1.0000	3.0777	6.3137	12.7062	31.8210	63.6559
2	0.8165	1.8856	2.9200	4.3027	6.9645	9.9250
3	0.7649	1.6377	2.3534	3.1824	4.5407	5.8408
4	0.7407	1.5332	2.1318	2.7765	3.7469	4.6041
5	0.7267	1.4759	2.0150	2.5706	3.3649	4.0321
6	0.7176	1.4398	1.9432	2.4469	3.1427	3.7074
7	0.7111	1.4149	1.8946	2.3646	2.9979	3.4995
8	0.7064	1.3968	1.8595	2.3060	2.8965	3.3554
9	0.7027	1.3830	1.8331	2.2622	2.8214	3.2498
10	0.6998	1.3722	1.8125	2.2281	2.7638	3.1693
11	0.6974	1.3634	1.7959	2.2010	2.7181	3.1058
12	0.6955	1.3562	1.7823	2.1788	2.6810	3.0545
13	0.6938	1.3502	1.7709	2.1604	2.6503	3.0123
14	0.6924	1.3450	1.7613	2.1448	2.6245	2.9768
15	0.6912	1.3406	1.7531	2.1315	2.6025	2.9467
16	0.6901	1.3368	1.7459	2.1199	2.5835	2.9208
17	0.6892	1.3334	1.7396	2.1098	2.5669	2.8982
18	0.6884	1.3304	1.7341	2.1009	2.5524	2.8784
19	0.6876	1.3277	1.7291	2.0930	2.5395	2.8609
20	0.6870	1.3253	1.7247	2.0860	2.5280	2.8453
21	0.6864	1.3232	1.7207	2.0796	2.5176	2.8314
22	0.6858	1.3212	1.7171	2.0739	2.5083	2.8188
23	0.6853	1.3195	1.7139	2.0687	2.4999	2.8073
24	0.6848	1.3178	1.7109	2.0639	2.4922	2.7970
25	0.6844	1.3163	1.7081	2.0595	2.4851	2.7874
26	0.6840	1.3150	1.7056	2.0555	2.4786	2.7787
27	0.6837	1.3137	1.7033	2.0518	2.4727	2.7707
28	0.6834	1.3125	1.7011	2.0484	2.4671	2.7633
29	0.6830	1.3114	1.6991	2.0452	2.4620	2.7564
30	0.6828	1.3104	1.6973	2.0423	2.4573	2.7500
31	0.6825	1.3095	1.6955	2.0395	2.4528	2.7440
32	0.6822	1.3086	1.6939	2.0369	2.4487	2.7385
33	0.6820	1.3077	1.6924	2.0345	2.4448	2.7333
34	0.6818	1.3070	1.6909	2.0322	2.4411	2.7284
35	0.6816	1.3062	1.6896	2.0301	2.4377	2.7238
36	0.6814	1.3055	1.6883	2.0281	2.4345	2.7195
37	0.6812	1.3049	1.6871	2.0262	2.4314	2.7154
38	0.6810	1.3042	1.6860	2.0244	2.4286	2.7116
39	0.6808	1.3036	1.6849	2.0227	2.4258	2.7079
40	0.6807	1.3031	1.6839	2.0211	2.4233	2.7045
41	0.6805	1.3025	1.6829	2.0195	2.4208	2.7012
42	0.6804	1.3020	1.6820	2.0181	2.4185	2.6981
43	0.6802	1.3016	1.6811	2.0167	2.4163	2.6951
44	0.6801	1.3011	1.6802	2.0154	2.4141	2.6923
45	0.6800	1.3007	1.6794	2.0141	2.4121	2.6896
46	0.6799	1.3002	1.6787	2.0129	2.4102	2.6870
47	0.6797	1.2998	1.6779	2.0117	2.4083	2.6846
48	0.6796	1.2994	1.6772	2.0106	2.4066	2.6822
49	0.6795	1.2991	1.6766	2.0096	2.4049	2.6800

50	0.6794	1.2987	1.6759	2.0086	2.4033	2.6778
51	0.6793	1.2984	1.6753	2.0076	2.4017	2.6757
52	0.6792	1.2980	1.6747	2.0066	2.4002	2.6737
53	0.6791	1.2977	1.6741	2.0057	2.3988	2.6718
54	0.6791	1.2974	1.6736	2.0049	2.3974	2.6700
55	0.6790	1.2971	1.6730	2.0040	2.3961	2.6682
56	0.6789	1.2969	1.6725	2.0032	2.3948	2.6665
57	0.6788	1.2966	1.6720	2.0025	2.3936	2.6649
58	0.6787	1.2963	1.6716	2.0017	2.3924	2.6633
59	0.6787	1.2961	1.6711	2.0010	2.3912	2.6618
60	0.6786	1.2958	1.6706	2.0003	2.3901	2.6603
61	0.6785	1.2956	1.6702	1.9996	2.3890	2.6589
62	0.6785	1.2954	1.6698	1.9990	2.3880	2.6575
63	0.6784	1.2951	1.6694	1.9983	2.3870	2.6561
64	0.6783	1.2949	1.6690	1.9977	2.3860	2.6549
65	0.6783	1.2947	1.6686	1.9971	2.3851	2.6536
66	0.6782	1.2945	1.6683	1.9966	2.3842	2.6524
67	0.6782	1.2943	1.6679	1.9960	2.3833	2.6512
68	0.6781	1.2941	1.6676	1.9955	2.3824	2.6501
69	0.6781	1.2939	1.6672	1.9949	2.3816	2.6490
70	0.6780	1.2938	1.6669	1.9944	2.3808	2.6479
71	0.6780	1.2936	1.6666	1.9939	2.3800	2.6469
72	0.6779	1.2934	1.6663	1.9935	2.3793	2.6458
73	0.6779	1.2933	1.6660	1.9930	2.3785	2.6449
74	0.6778	1.2931	1.6657	1.9925	2.3778	2.6439
75	0.6778	1.2929	1.6654	1.9921	2.3771	2.6430
76	0.6777	1.2928	1.6652	1.9917	2.3764	2.6421
77	0.6777	1.2926	1.6649	1.9913	2.3758	2.6412
78	0.6776	1.2925	1.6646	1.9908	2.3751	2.6403
79	0.6776	1.2924	1.6644	1.9905	2.3745	2.6395
80	0.6776	1.2922	1.6641	1.9901	2.3739	2.6387
81	0.6775	1.2921	1.6639	1.9897	2.3733	2.6379
82	0.6775	1.2920	1.6636	1.9893	2.3727	2.6371
83	0.6775	1.2918	1.6634	1.9890	2.3721	2.6364
84	0.6774	1.2917	1.6632	1.9886	2.3716	2.6356
85	0.6774	1.2916	1.6630	1.9883	2.3710	2.6349
86	0.6774	1.2915	1.6628	1.9879	2.3705	2.6342
87	0.6773	1.2914	1.6626	1.9876	2.3700	2.6335
88	0.6773	1.2912	1.6624	1.9873	2.3695	2.6329
89	0.6773	1.2911	1.6622	1.9870	2.3690	2.6322
90	0.6772	1.2910	1.6620	1.9867	2.3685	2.6316
91	0.6772	1.2909	1.6618	1.9864	2.3680	2.6309
92	0.6772	1.2908	1.6616	1.9861	2.3676	2.6303
93	0.6771	1.2907	1.6614	1.9858	2.3671	2.6297
94	0.6771	1.2906	1.6612	1.9855	2.3667	2.6291
95	0.6771	1.2905	1.6611	1.9852	2.3662	2.6286
96	0.6771	1.2904	1.6609	1.9850	2.3658	2.6280
97	0.6770	1.2903	1.6607	1.9847	2.3654	2.6275
98	0.6770	1.2903	1.6606	1.9845	2.3650	2.6269
99	0.6770	1.2902	1.6604	1.9842	2.3646	2.6264
100	0.6770	1.2901	1.6602	1.9840	2.3642	2.6259
∞	0.6745	1.2816	1.6449	1.9600	2.3263	2.5758

Paola Melanie Escobar Mejía

AUTOR

Odette Muralles Hazbun

ASESOR

MSc. Vivian Matta de Garcia

DIRECTORA

Óscar Manuel Cobar Pinto, Ph.D.

DECANO