

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS



Formulación y evaluación de panes para celíacos

Por:

José Favian Hernández Ángel

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:
INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Diciembre de 2012

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Formulación y evaluación de panes para celíacos

Presentado por:

José Favian Hernández Ángel

TESIS

Que Se Somete a Consideración del H. Jurado Examinador como Requisito Parcial
Para Obtener el Título de.

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

El presente trabajo ha sido dirigido por el siguiente comité:

Director



Dr. Heliodoro de la Garza Toledo

Codirector



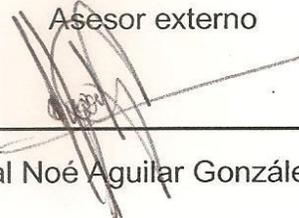
M.C. Emilio Ochoa Reyes

Asesor interno



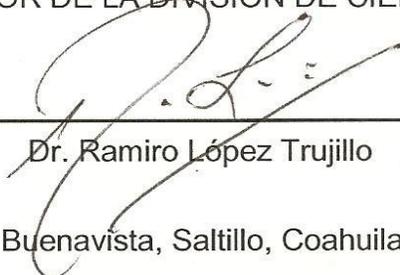
Lic. Laura Olivia Fuentes Lara

Asesor externo



Dr. Cristóbal Noé Aguilar González

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL



Dr. Ramiro López Trujillo

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, Diciembre de 2012



Cuando era un niño siempre soñé con ser alguien en la vida, ser un profesionalista, una persona comprometida y al servicio de la sociedad llevando en alto los principios y valores que mis padres me inculcaron, honestidad, trabajo, lealtad entre muchos otros. Hoy que ya soy un adulto he logrado parte de mis sueños y tengo claro que el compromiso que adquiero, cada día es más grande, porque mi pueblo, mi país espera lo mejor de mí así es que, debo hacer mi mejor esfuerzo para cumplir la meta que en mi infancia me fijé. He cumplido una etapa pero lo mejor está por venir, demostrar que seré un profesionalista de bien.

A veces me preguntan cómo le haces para lograr lo que te has propuesto, yo contesto, con esfuerzo, trabajo, dedicación y amor se puede hacer eso y más. Porque yo soy de la idea que aquel u aquella que se da por vencido simple y sencillamente está condenado al fracaso.

Nunca dejes las cosas inconclusas, porque ya lo decía un político Mexicano "Solo esta derrotado quien ha dejado de luchar ". Así es que, todo lo que quieras o hayas soñado lo puedes lograr.

Hernández Ángel José Favían

Agradecimientos

Fueron 4 años y medio a lo largo de este camino, hubo de todo un poco, parrandas, carnes asadas, bebidas fermentadas, noches de bohemia, bailes entre muchas cosas más. Conocí a una infinidad de personas que ahora puedo identificar a los que realmente son mis amigos así como a los que creí que lo eran, en fin a todos les agradezco su apoyo, pero hay personas a las cuales se merecen mi reconocimiento y agradecimiento de forma especial por ayudarme a formarme como profesionista.

*En primer lugar, a mi “**Alma Mater**” (Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro), por haberme abierto las puertas y sin duda alguna por darme los conocimientos y sabiduría, siempre le estaré eternamente agradecido porque fueron tantos momentos muy bonitos que marcaron mi vida y que nunca olvidare. Hoy y siempre lo diré y gritare “**VIVA LA NARRO**”.*

*Al **Dr. Heliodoro De La Garza Toledo** (jefe de jefes). Porque además de haber sido mi profesor es un gran amigo, agradezco infinitamente su apoyo y dedicación en el presente trabajo, usted es una gran persona que vale mucho que quiero y siempre tendré presente.*

*Al **Mc. Emilio Ochoa Reyes**. Por su dedicación y disponibilidad para poder sacar adelante este trabajo, agradezco profundamente la paciencia que me brindo. Amigo disfrutamos muchos momentos agradables en Saltillo, aunque también hubo momentos desagradables, pero le he demostrado que en las buenas y en las malas cuenta conmigo mi estimado.*

*Al **Dr. Cr Cristóbal Noé Aguilar González**, por haberme dado la confianza de formar parte de su equipo de trabajo y por su valiosa participación en esta obra, sin duda es un gran amigo y una persona comprometida y responsable al cual le ofrezco mi sincera amistad.*

*A la **Lic: Laura Olivia Fuentes Lara** (Laurita), por haber aceptado formar parte de mi trabajo, además de ser una excelente profesora es una gran persona a la cual siempre le agradeceré haberme formado como profesionista.*

*Al **Ing. Guillermo López Muñoz**, por abrirme las puertas de su empresa (Panadería 3 espigas) y por brindarme su amistad de la cual siempre le agradeceré. Gracias Inge.*

Al Dr. Ramiro López Trujillo, por su apoyo incondicional y por haber estado siempre al tanto en momentos que necesite de su apoyo. Gracias Doctor.

Al T.L.Q. Carlos Alberto Arévalo Sanmíquel (el Inge), por su apoyo, colaboración y dedicación .Mi estimado Inge y buen amigo muchas gracias.

Al Dr. Antonio Aguilera Carbó (Tony), por demostrarme su apoyo y amistad en los momentos que lo he necesitado. Doctor muchas gracias.

Al Mc. Oscar Noé Reboloso Padilla por compartirme gran parte de sus conocimientos en las aulas y por ser un gran amigo. Químico muchas gracias

A Joaquín Hernández Escamilla (Brother) por su asesoría y apoyo cuando lo necesite, además le agradezco mucho que en gran parte de la carrera fuimos un gran equipo de trabajo, de bohemia y de parranda. Amigo les estoy muy agradecido.

A Cesar Tijerina (El tije) por aquellos días que hemos convivido, degustando unas bebidas fermentadas y carne asada entre muchas cosas más. Hermano Gracias.

A María Elena Velázquez Arellano (Male) por su amistad desde que iniciamos la carrera hasta estos días que culminamos, fuimos un gran equipo de trabaja. Male, muchas gracias.

Al Ing. Adolfo Baylon Palomino por haberme guiado y apoyado en todo momento cuando llegue a esta institución y por su amistad durante gran parte de mi carrera. Amigo de todo corazón le agradezco mucho.

Al Ing. Edgar Mendoza Moreno (El jefe) por su amistad y apoyo durante gran parte de la carrera. Jefazo muchas gracias.

Al Ing: Irmín Isay Cruz Gonzales (El vín) por su gran amistad y apoyo cuando lo he requerido.. Gracias Vín.

Al Departamento de ciencia y tecnología de alimentos y todos los maestros que forman parte por haberme formado como profesionista.

Al Mc. Gerardo Sánchez Martínez (Brother), por haberme compartido una parte de sus conocimiento y por ser un muy buen amigo. Gracia Brother.

A todos mis compañeros de la Generación ICTA 2008-2012 por haber compartido tantas experiencias con ustedes. Muchas gracias amigos y amigas.

A mis amigos y amigas del Departamento de investigación Alimentos (DIA-Ua de C), en especial a Valeria Ramos Perfecto, Juan Buenrostro (Pollo) y Romeo Rojas Molina por su amistad y apoyo en momentos que lo he requerido.

Al programa Jóvenes Adelante por el apoyo económico que recibí durante gran parte de la carrera. Muchas gracias.

A mis amigos Políticos de San Miguel Allende, en especial a Ignacio Pérez Quiroz, Alfonso Sauto Agundís, Cristóbal Finkelstein Franyutí, Ricardo Villarreal García y a Luis Alberto Villarreal García. Por apoyarme en momentos importantes. Gracias amigos.

A mis ex profesores de la preparatoria. Ing. Daniel Silerio Rodelo, C.P. Carlos Duran Manríquez, Lic. Verónica Pérez Maldonado y al Lic. Alfonso Rodríguez Medina, muchas gracias por sus consejos y por guiarme a elegir el mejor camino.

Al Lic. Leopoldo González Carrera por compartirme sus conocimientos 5 años en la primaria, además gracias a él me gusto la historia y el ámbito político, mi mayor respeto y admiración profe. Gracias.

Dedicatorias

A él todo poderoso dios nuestro señor por darme la oportunidad de vivir y lograr culminar con esta etapa tan importante en mi vida.

Con todo mi amor, cariño y admiración, a mis padres:

Sra. María del Socorro Ángel Ángel

Sr. José Trinidad Hernández García

A mis queridos y amados padres les dedico este trabajo con todo mi amor y afecto, primero que nada por haberme dado la vida, ya que gracias a ustedes hoy puedo escribir estas palabras y con lágrimas en los ojos recuerdo que cuando decidí venirme a Saltillo nunca me negaron su apoyo, sé que fueron momento de tristeza al decirles pronto vuelvo, pero ahora he logrado lo que en mi pueblo hasta al momento nadie ha logrado. Me llena de satisfacción haberles cumplido y no defraudarlos hoy por hoy me convierto en el primer profesional de la tierra que me vio nacer y regreso diciéndoles padre, madre ya soy Ingeniero.

Palabras faltan para decirles que los amo y que les estaré eternamente agradecido por su impulso para lograr este sueño. PAPÁS MUCHÍSIMAS GRACIAS.

A la Dinastía Hernández Ángel mí(s) hermano(as). Trinidad, Omero, Neli, Pueblito, María Guadalupe, Emilio, Everardo, Rodrigo, Luis, gracias por apoyarme en todo momento, los quiero mucho.

A mis abuelos Paternos, Josefina, Salud (+). Maternos, Guadalupe, Simón, muchas gracias por sus valiosos consejos, los amo

“VA Y ES PARA USTEDES, MI QUERIDA FAMILIA”.

Índice General

	Pág.
RESUMEN	ix
1. Introducción	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Justificación	3
1.3. Hipótesis	3
1.4. Objetivos	4
2. Revisión bibliográfica	5
2.1. Pan	5
2.2. Alimento funcionales	7
2.3. Trigo	9
2.4. Industrialización de harina de trigo	10
2.5. Enfermedad celíaca	12
2.6. Harinas libres de gluten	18
3. Materiales y métodos	25
4. Resultados y discusiones	34
5. Conclusiones	50
6. Perspectivas	51
6. Bibliografía	52

Índice de cuadros

	Pág.
1. Características y funciones de los diferentes tipos de trigo.....	10
2. Síntomas más frecuentes en celíacos.....	14
3. Formulaciones para generar un panque.....	26
4. Resultados de medias de análisis estadístico sensorial.....	38
5. Información nutrimental harinas con y sin gluten.....	39
6. Información nutrimental mantecada con y sin trigo.....	40
7. Parámetros evaluados en prueba de vida de anaquel.....	41
8. Mantecada elaborada con harinas libre de gluten evaluación al aire libre.....	41
9. Mantecada elaborada con harinas de trigo o comercial evaluación al aire libre.....	42
10. Mantecada elaborada con la combinación de harinas libres de gluten en bolsa de plástico.....	43
11. Mantecada con trigo o comercial en bolsa de plástico.....	45
12. Mantecada con trigo o comercial almacenada en refrigeración.....	46
13. Mantecada con la combinación de harinas libres de trigo almacenada en refrigeración.....	48

Índice de figuras

	Pág.
1. Hoja de encuesta para panque.....	28
2. Hoja de ilustración para quequitos o mantecadas.....	29
3. Panque elaborado con la con la formulación 1.....	35
4. Panque elaborado con la formulación 4.....	36
5. Panque elaborado con la formulación 5.....	36
6. Mantecada sin trigo a los 3 días de evaluación al aire libre.....	42
7. Mantecada con harina de trigo a los tres días de evaluación al aire libre.....	43
8. Mantecada con harinas libre de gluten evaluada a los 25 días en bolsa de plástico.....	44
9. Mantecada con trigo evaluada a los 13 días en bolsa de plástico.....	45
10. Mantecada sin trigo evaluada a los 25 días en refrigeración	47
11. Mantecada con trigo evaluada a los 25 días en refrigeración.....	49

RESUMEN

Actualmente los productos horneados sobre la base de harina de trigo, son consumidos en forma masiva. Entre ellos el pan, ocupa un lugar preponderante en todo el mundo. Sin embargo existe un grupo poblacional que presenta intolerancia al gluten, presente no sólo en el trigo, sino también en la avena, cebada y centeno. Este síndrome caracterizado por una mala absorción intestinal es llamado enfermedad celíaca y puede llevar a una severa malnutrición, esta enfermedad ocurre en individuos predispuestos genéticamente, en los cuales la ingestión de alimentos que contienen gluten daña la superficie de la mucosa del intestino delgado lo que lleva a la incapacidad de absorción de nutrientes. El tratamiento de esta patología es exclusivamente dietético y consiste en la eliminación de la dieta de los cereales: trigo, avena, cebada y centeno y de los productos elaborados a partir de sus harinas. En el presente trabajo se desarrollaron dos panes (panque y mantecada), empleando harinas libres de gluten, adicionadas como quínoa, mandioca, arroz, amaranto y fécula de maíz. Se definieron como variables la cantidad de harina de quínoa y fécula de maíz, además se empleó como índice de selección la apariencia visual del pan horneado. Se realizaron dos pruebas sensoriales una de comparación de pares y otra hedónica estructurada estructurada. Se generó un panque y mantecada con harinas libres de gluten con una apariencia aceptable. El producto de panadería fue evaluado por panelistas consumidores lo que nos permitió saber que los productos generados presentan una aceptación significaba $p = 0.05$.

Palabras clave: Celiacía, Pan, Alimento funcional, Gluten.

1. Introducción

1.1. Antecedentes

El pan constituye la base de la alimentación desde hace 7000 u 8000 años (Bourgeois y Larpenfer, 1995). Al principio era una pasta plana, no fermentada, elaborada con una masa de granos machacados groseramente y cocida, muy probablemente sobre piedras calientes.

Sin embargo, fue en Egipto donde apareció el primer pan fermentado, cuando se observó que la masa elaborada el día anterior producía burbujas de aire y aumentaba su volumen, y que, añadida a la masa de harina nueva, daba un pan más ligero y de mayor agrado. Existen bajorrelieves egipcios (3000 años a. C.) sobre la fabricación de pan y cerveza, que sugieren que fue la civilización egipcia donde se utilizaron por primera vez los métodos bioquímicos de elaboración de estos alimentos fermentados (Aleixandre, 1996).

Sánchez y col. (2008), afirman que el pan es uno de los productos alimenticios a base de cereales que más se consume en el mundo, sin embargo, debido a que generalmente es elaborado con harina de trigo, no es consumible por toda la población, ya que existen personas que presentan intolerancia a las prolaminas, proteínas mayoritarias del trigo (también de la avena, la cebada y el centeno).

La celiaquía o enfermedad celíaca es la intolerancia permanente a un conjunto de proteínas denominadas prolaminas, presentes en el trigo, la avena, la cebada, el centeno y en productos derivados de estos cuatro cereales. Las prolaminas reciben distintos nombres de acuerdo al cereal de procedencia: trigo: gliadina, avena: avenina, cebada: hordeína y centeno: secalina. El gluten de los cereales mencionados es la forma más conocida de presentación de las prolaminas tóxicas para los celíacos. La gliadina es la más utilizada a nivel industrial y constituye el mayor problema ya que en muchos alimentos la harina de trigo está presente como ingrediente principal o como aditivo y en otros está presente por posibles contaminaciones cruzadas que pueden darse a nivel industrial o en la comercialización de los alimentos (Cueto, 2002).

Goggins y Kelleher (1994), indican que la enfermedad celíaca se puede clasificar según las manifestaciones gastrointestinales presentes en: 1) presentación sintomática o clásica, que habitualmente incluye algún grado de malabsorción de nutrientes y generalmente es más frecuente en la infancia, y 2) oligo, monosintomática, o silenciosa, en que la sintomatología gastrointestinal

puede tener baja intensidad o el paciente puede referir síntomas no gastrointestinales; generalmente es más frecuente en niños mayores .

Una de las características de la enfermedad celíaca es su asociación con el desarrollo de anticuerpos. Algunos de ellos, como los anti gliadina, anti endomisio y los anti transglutaminasa tisular, tienen un gran valor diagnóstico y han causado un cambio profundo tanto en la epidemiología como en el reconocimiento de las manifestaciones clínicas de la enfermedad. Gracias a su diagnóstico serológico, la celiaquía ha pasado de ser una enfermedad rara de niños con malnutrición a ser una enfermedad frecuente, que se presenta a cualquier edad, tanto niños como adultos y ancianos (Fasano y col. 2001). Puede manifestarse con síntomas digestivos o extradigestivos y diagnosticarse incluso en fase asintomática. En nuestro medio la prevalencia actual de la celiaquía oscila entre 1/118 en la población infantil y 1/389 en la población adulta (Riestra y col. 2000; Castaño y col. 2004).

Las prolaminas tóxicas para los enfermos celíacos afectan directamente al intestino delgado, en el cual se produce una severa lesión con atrofia de las vellosidades intestinales. Esto conlleva una inadecuada absorción de los nutrientes de los alimentos (Cueto, 2002).

Shan y col. (2002), describen al gluten como una proteína de bajo valor nutritivo, cuyo uso se masificó debido a su capacidad de retener aire en la matriz proteica facilitando que la masa se adhiera mejor, fenómeno que favorece la elaboración del pan. Las gliadinas son la fracción soluble en alcohol del gluten y contienen la mayor parte de los componentes tóxicos para los celíacos; son ricas en glutamina y prolina, cuya digestión en el tracto gastrointestinal es más difícil que el de otros péptidos.

1.2. Justificación

La mayoría de los productos de panadería, confitería y pastelería en México contienen harina de trigo como principal componente, entonces, las personas que no pueden consumir este tipo de productos (enfermos celíacos), encuentra limitaciones en cuanto a su alimentación. Si bien se han desarrollado una serie de productos comerciales para estos pacientes, su variedad en el mercado local es escasa (Tapia, 1990).

Cueto (2002) menciona que el único tratamiento para revertir los síntomas de la enfermedad celíaca es una dieta estricta y permanente libre de gluten de (harinas de trigo, avena, cebada y centeno). Recientemente Ciclitira (2005), indica que el único tratamiento de la celiaquía consiste en la adopción de una dieta rigurosamente sin gluten, durante toda la vida; lo que conlleva a una normalización clínica y funcional, así como a la reparación de la lesión vellositaria.

Por este motivo es de suma importancia para los pacientes con esta patología disponer de alimentos libres de gluten que resulten seguros para su dieta, es decir alimentos que no sólo no contengan proteínas de cereales TACC por su composición sino que además no hayan sufrido una contaminación cruzada con cereales TACC en ninguna de las etapas, desde su proceso de elaboración hasta su comercialización final (Green y Cellier, 2007).

En base a lo anterior, nos podemos dar cuenta que es necesario incrementar la variedad de productos libres de gluten en el mercado para facilitar las opciones de consumo de alimentos en la dieta de los pacientes o enfermos celíacos; la elaboración de pan a base de cereales libre de gluten quínoa, arroz, amaranto, fécula de maíz y tubérculos como la mandioca presenta una excelente alternativa para poder resolver este grave problema.

1.3. Hipótesis

La utilización de harinas libres de gluten permite obtener panes aptos para enfermos celíacos.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Obtener un pan libre de gluten, apto para pacientes celíacos, intolerantes o alérgicos al gluten basado en mezclas de harinas obtenidas de diferentes granos y semillas (quínoa, mandioca, amaranto, fécula de maíz y arroz).

1.4.2. Objetivos específicos

- 1) Elaborar mezclas para panadería mediante el uso de harinas libres de gluten.
- 2) Elaboración y horneado de masas para panes funcionales libres de gluten.
- 3) Evaluación sensorial de los panes generados.
- 4) Evaluación bromatológica del pan funcional
- 5) Evaluación de vida de anaquel del pan obtenido

2. Revisión bibliográfica

2.1. Pan

El pan es considerado como el más universal de todos los productos horneados y ha sido tan importante en la alimentación humana que se considera como sinónimo de alimento básico en muchas culturas, entre ellas la Europea, Oriental, India y Americana (Lucas, 2009). Este es un producto de gran técnica en su elaboración y puede incorporar una amplia variedad de componentes tales como harina, agua, levadura, sal, azúcar, grasa, leche, huevo, emulsificantes, mejoradores e hidrocoloides, entre otros. Un buen pan debe tener una corteza crujiente, de miga color blanco, de olor apetitoso y con buena conservación; las materias primas que se utilizan tienen una gran influencia en las variaciones de estas características (Clavel, 2001).

2.1.1. Características generales

Los procesos industriales de panificación son altamente mecanizados y requieren de un estricto control de calidad de la harina de trigo, ya que la misma afecta variables procesos y calidad de productos terminados. Para la manufactura de pan se siguen los siguientes pasos básicos: remezcla de ingredientes, amasado, fermentación, prensado, desgasado, formado, fermentación final y horneado. La calidad de harina afecta principalmente la absorción de agua y tiempo óptimo de amasado, la masa debe amasarse para su mejor procesamiento hasta lograr el desarrollo óptimo del gluten (Serna, 2003).

El proceso de fermentación empieza una vez que la levadura y la harina se hidratan en presencia de sustrato (azúcares fermentables) y condiciones de temperatura adecuadas, esta operación se lleva a cabo bajo un estricto control de temperatura y humedad relativa, el horneado de una masa se considera como un medio para apreciar el valor de la panificación de la harina. La naturaleza biológica o características de la harina, la levadura y las acciones amasadoras constituyen factores que de manera definitiva influyen en las características del producto terminado. Se reconoce que ciertos elementos de apreciación en el pan resultan muy importantes desde el punto de vista comercial, como son el aspecto general (volumen, suavidad, color), el color y textura de la costra, color y textura interna de la miga y propiedades organolépticas del producto (Serna, 2003).

La industria de la panificación está interesada en determinar mediante ensayos las condiciones de conocimiento y las reglas que les permiten obtener una fabricación irreprochable unida a un rendimiento satisfactorio. Los trigos fuertes que tienen alto contenido de proteína tienen la facultad de producir harina para panificación que producen piezas de gran volumen con buena textura de la miga y buenas propiedades de conservación. Los trigos suaves que tienen bajo contenido de proteínas producen harinas para panificación que rinden panes pequeños con miga densa y abierta. Estas harinas se utilizan para galletas y pasteles, no resultan adecuadas para panificación a menos que se mezclen con harinas más fuertes o con ingredientes mejoradores como agentes oxidantes y gluten vital (Serna, 2003).

Serna (2003), la manufactura industrial de pan de mesa por lo general se realiza siguiendo alguno de los siguientes procesos: panificación directa, proceso esponja, esponja líquida o método continuo. Las formulaciones son distintas para cada proceso, además de los requerimientos de calidad de la harina, mano de obra y propiedades del producto terminado. Indudablemente, el proceso tipo esponja se llama así debido a que parte de la harina (60%) se mezcla con casi toda el agua y la levadura que la formulación requiere. Después de un tiempo de fermentación (5-8 horas) la masa luce similar a una esponja, la esponja se amasa posteriormente junto con refresco (resto de harina e ingredientes) para producir una masa que sufre el proceso normal de panificación. El proceso esponja presenta ventajas tales como menor tiempo de amasado, demora menos tiempo la manufactura del pan en planta y en especial que produce panes con mejor sabor y textura.

La panificación directa se practica por lo común en pequeñas panaderías y consisten la mezcla de todos los ingredientes y el seguimiento de la masa hasta su transformación en el producto terminado.

2.1.2. Consumo

El pan ha estado unido a la evolución del hombre, siendo el punto de apoyo de su dieta, debido a su riqueza en principios nutritivos. Desde sus orígenes, que datan de hace miles de años, hasta nuestros días, el consumo de este alimento ha pasado por distintas etapas. Las primeras noticias que tenemos de este alimento, se remontan a la época Neolítica, en la cual, el primer pan del mundo tomó forma, como una torta granulada, seca y aplastada.

Entre los alimentos básicos en la dieta de los mexicanos, los elaborados a partir de trigo ocupan un lugar de privilegio: semanalmente se consume prácticamente un kilo de pan dulce, de pan blanco y de tortillas de harina de trigo. Son también usuales en el consumo semanal los pasteles, pan de caja, galletas y pastas (SIAP, 2012).

2.1.3. Producción

En México existen 45 mil 528 establecimientos dedicados a la elaboración de productos derivados de la panificación. De ellos, 44 mil 966 efectúan el proceso de manera tradicional, concentrando sus esfuerzos en la producción de pan blanco, pan dulce y pasteles, mientras que otros 562 elaboran pan de caja, pan dulce, pastelillos, galletas y pastas en forma industrial. En México por cada diez mil habitantes existen cuatro establecimientos de panificación, por la naturaleza del mercado consumidor que atienden, las panificadoras tradicionales se ubican en las inmediaciones de los puntos residenciales. A nivel nacional, el Estado de México, el más poblado del país, es la entidad que concentra el mayor número de ellas; en segundo sitio se encuentra Veracruz con ocho por ciento (SIAP, 2012).

La industria de la panificación cuenta con 562 centros de transformación, de los cuales 132 generan pan de caja, tortillas y pastelillos; el resto produce sólo galletas y pastas. A diferencia de las unidades tradicionales, su localización se vincula con la proximidad de los puntos de producción de la materia prima básica, la harina de trigo. Así, la zona Centro del país posee la mayor concentración de industrias: una de cada cuatro se ubica en el Estado de México y el Distrito Federal (SIAP, 2012).

2.2. Alimento funcionales

2.2.1. Historia

En la última década del siglo XX comenzaron a desarrollarse nuevos conceptos en nutrición, como fruto de nuevos estilos de vida y la preocupación por elevar la calidad vida de los individuos. La interrelación de disciplinas como la Biología Molecular, Biotecnología, Informática, entre otras, con la Nutrición, permite a las industrias alimentarias el desarrollo de nuevos productos con funciones (Diplock y col. 1991).

De los alimentos funcionales (AF) se comenzó a hablar en Japón hace aproximadamente 20 años. Actualmente se engloban bajo el nombre de FOSHU (Alimentos para Uso Dietético Especial) y el gobierno japonés construye alegaciones sanitarias encaminadas a mejorar con su consumo la salud de la población (Arai, 2000).

El poder funcional de los alimentos sobre la salud es de origen milenario, principalmente a lo largo de la historia de la cultura oriental, donde los alimentos y la medicina son considerados igualmente importantes en la prevención y curación de enfermedades. La relación alimento-medicina es conocida por la cultura china hacia el año 1000 AC. El "Yellow Emperor's Internal Classic" es probablemente el primer libro clásico de medicina china (745-221 a. C.) donde se encuentran diversas prescripciones de dietas médicas (Xu, 2001). Desde la antigüedad, han sido utilizados muchos productos como alimentos, y como medicina, tales como el jengibre, menta, ajo, azafrán. La filosofía del "alimento como medicina" es la que soporta el paradigma de los alimentos funcionales (Saavedra y col. 1994).

2.2.2. Concepto

Los alimentos funcionales son un concepto no definido aún de forma consensuada en la comunidad científica. Un AF es aquel que contiene un componente, nutriente o no nutriente, con actividad selectiva relacionada con una o varias funciones del organismo, con un efecto fisiológico añadido por encima de su valor nutricional y cuyas acciones positivas justifican que pueda reivindicarse su carácter funcional (fisiológico) o incluso saludable. Como puede apreciarse, las fronteras son difusas; tanto con los medicamentos como con casi cualquier alimento, en el más amplio de los sentidos (Arai, 2000).

La Academia Nacional de Ciencia de los Estados Unidos ha definido los alimentos funcionales como "cualquier alimento o ingrediente alimenticio modificado, que pueda proporcionar un beneficio a la salud superior al de los nutrientes tradicionales que contiene"(Thomas, 1994). Los alimentos funcionales ejercen su actividad en múltiples sistemas, especialmente el gastrointestinal, cardiovascular e inmunológico. Se comportan como potenciadores del desarrollo y la diferenciación, moduladores del metabolismo de nutrientes, la expresión génica, el estrés oxidativo y la esfera psíquica (Arai, 2000).

2.3. Trigo

2.3.1. Antecedentes

El trigo es uno de los principales cultivos en México y en el mundo, en función de la gran cantidad de alimentos que se obtienen a partir de la molienda del grano. En nuestro país, es el segundo cereal más consumido y fuente de empleo de miles de personas que directa o indirectamente participan en los procesos de la cadena comercial de la obtención y transformación del grano. La producción y comercialización de trigo ha sido uno de los puntos neurálgicos para la agricultura de nuestro país desde hace muchos años, en función de la importancia que tiene para la alimentación de nuestra población.

La producción de trigo a nivel mundial ha presentado altibajos en lo que va de la década 2000-2010, repercutiendo en el comportamiento de los precios y por ende en las economías de algunos países, tal es el caso del nuestro, en el que el ingreso del productor ha estado sujeto a las variaciones internacionales de las cotizaciones.

2.3.2. Consumo en México

Es bien sabido en el medio agrícola que el trigo es uno de los principales cultivos en México y en el mundo, en función de la gran cantidad de alimentos que se obtienen a partir de la molienda del grano. En nuestro país, es el segundo cereal más consumido y fuente de empleo de miles de personas que directa o indirectamente participan en los procesos de la cadena comercial de la obtención y transformación del grano.

En nuestro país la mayor cantidad de trigo se consume como harina, de ahí la importancia de entender la composición de ésta, la harina de trigo se utiliza principalmente para la elaboración de productos horneados como el pan, galletas, repostería y pasteles, predominando su uso en la producción de pan, principalmente porque las masas hechas de harina de trigo son cohesivas y viscoelásticas y por lo tanto tienen la habilidad de retener el gas producido durante la fermentación para producir pan de levadura (SIAP, 2012).

2.3.3. Tipos de trigo

En el cuadro 1, se observan clasificaciones del gluten en base a sus propiedades y sus usos en la industria.

Cuadro 1. Características y funciones de los diferentes tipos de trigo.

Grupo de trigo	Tipo y características del gluten	Uso industrial
Grupo 1	Fuerte y elástico	Industria mecanizada de la panificación y mejorador de trigos suaves
Grupo 2	Medio fuerte y elástico	Industria del pan hecho a mano o semi mecanizado, mejorador de trigos suaves
Grupo 3	Suaves y extensibles	Industria galletera y elaboración de tortilla, buñuelos, etc.
Grupo 4	Corto y tenaz	Industria pastelera y elaboración de donas y galletas
Grupo 5	Tenaz, cortó y cristalino, con contenido de caroteno	Industria de pastas y macarrones

Fuente: ACERCA, 2012

2.4. Industrialización de harina de trigo

La harina es el material más importante en todo producto de panificación ya que afecta la funcionalidad y las características del producto terminado, dictamina parámetros de procesamiento y requerimientos de algunos otros ingredientes. La funcionalidad es impartida principalmente por el contenido de proteína y, o fuerza del gluten. Solamente la harina de trigo tiene un gluten funcional una vez que es hidratado y mezclado. Se dice que es funcional ya que forma una red continua, elástica, extensible y hasta cierto punto impermeable al bióxido de carbono liberado durante la fermentación (ACERCA, 2012).

Generalmente, la industria de la panificación tiene fuertes medidas del control de calidad de la harina. Algunos importantes componentes de la harina son los pentosanes, almidón, carbohidratos simples y lípidos polares (glicolípidos, fosfolípidos, etc.). El grado de daño sufrido por el almidón en el campo dado la activación de enzimas diastáticas y durante el proceso de molienda influye también en la calidad de la harina. En general, una buena harina para panificación contiene menos de 0.4% de cenizas, 11-14.5% de proteínas con gluten fuerte, 0.6% de pentosanes y trazas de compuestos polares (Serna, 2001).

2.4.1. Criterios de calidad

Las principales características que contribuyen a la calidad de panificación de la harina de trigo son la cantidad y la calidad de la proteína del grano; ambos factores pueden variar ampliamente entre variedades de trigo. La cantidad de la proteína es en gran parte afectada por las condiciones ambientales y de manejo del cultivo. Es de amplio conocimiento que los incrementos en el rendimiento de grano son el resultado de un incremento en la tasa de la síntesis de almidón, y, en consecuencia, una dilución de los niveles de proteína en el grano. Esto es, a mayor rendimiento menor contenido de proteína. Los criterios de calidad de la proteína están relacionados al gluten, la parte principal de la proteína del grano. El gluten es la masa viscoelástica que se forma cuando una harina es amasada al adicionarle agua y sal. Es un complejo compuesto de dos grupos de proteína, principalmente; gliadinas (43%) y glutelinas (39%), y otras proteínas (4.4%). Otros componentes del gluten son: lípidos (2.8%), azúcares (2.1%), almidón (6.4%), y algo de celulosa y minerales (ACERCA, 2012).

2.4.2. Harinas para panificación

La harina recién molida no es la más adecuada para panificar. Es preciso que transcurra un tiempo de almacenamiento, para que se produzcan cambios relacionados con la oxidación y que son beneficiosos para la panificación. También es necesario que toda la harina sea de una maduración uniforme, el tiempo que tarda una harina en madurar depende de la aireación y de la temperatura ambiental, siendo en los meses de invierno el envejecimiento más lento.

El 85% de las proteínas de las harinas son gliadinas (proporcionan cualidad pegajosa a la masa) y gluteninas (proporcionan resistencia y fortaleza), proteínas insolubles que en conjunto reciben el nombre de gluten debido a su capacidad de aglutinarse cuando son mezcladas con agua originando una red o malla. Esta propiedad que poseen las proteínas del trigo y que (salvo raras excepciones como el centeno) no poseen las proteínas de otros cereales, es la que hace panificables las harinas de trigo y la que proporciona las características plásticas de la masa de pan.

El porcentaje de gluten define a veces los tipos de harina. Las harinas fuertes (contenido en gluten superior al 11%) absorben mucha agua y dan masas consistentes y plásticas y panes de buen volumen, aspecto y textura. Por el contrario, las harinas débiles son harinas no aptas para la elaboración de pan pero sí para la elaboración de galletas y pastas alimenticias (Torres y col. 2011).

2.5. Enfermedad celíaca

2.5.1. Generalidades

La enfermedad celíaca fue conocida por los médicos desde la antigüedad y es lógico que así sea, porque el trigo es uno de los alimentos más antiguos utilizados por el hombre para su sustento. En el siglo XIX el Dr. Samuel Gee proporcionó una excelente descripción clínica y recomendó tratamiento dietético a una enfermedad diarreica que denominó enfermedad celíaca. La determinación de la causa y la terapia dietética solo ocurrió con los estudios del Dr. W. R Dickes, pediatra holandés, que durante la Segunda Guerra Mundial, retiró el pan de la dieta a un grupo de pacientes con la enfermedad. Los síntomas mejoraron y al reintroducirlo, se observaron complicaciones de la enfermedad nuevamente (Paveley, 1988).

En México no existen estadísticas oficiales sobre celíacos por parte de la SSA (Secretaría de Salubridad y Asistencia) ni se tienen datos precisos de la incidencia de esta condición, no hay referencias de protocolos de investigación, sin embargo, según cifras de la ACELMEX (Asistencia al celíaco de México), 1 de cada 500 mexicanos la tienen, aunque probablemente el porcentaje no sea confiable, puesto que muchos de ellos no presentan ningún síntoma y de presentarlos, son confundidos con otras enfermedades, si bien no es dato respaldado por ninguna instancia oficial nos puede dar una idea de la magnitud del problema (Fonolla, 2007; Green y Jones, 2006).

En el ámbito internacional las estadísticas señalan que la Enfermedad Celiaquía o EC tiene una prevalencia del 1% en Estados Unidos (aproximadamente 1 de cada 100 personas presenta enfermedad celíaca). En Italia una de cada 300, en Holanda una de cada 400. Cabe señalar que hay personas con formas latentes de intolerancia al gluten, por lo que a pesar de la predisposición genética tardan años en desarrollar la enfermedad y otras más la padecen sin presentar síntoma alguno, por consecuencia el 97% de los pacientes desconoce que posee dicha enfermedad (Fonolla, 2007; Green y Jones, 2006).

El primer reporte que se pudo identificar de la enfermedad celíaca fue en Chile en 1947, donde se describe en un niño un cuadro con presencia de síntomas gastrointestinales que comenzaron luego de 2 años de vida y a los 5 años ya tenía claros signos de desnutrición y

patologías secundarias a la mala absorción como osteoporosis; el diagnóstico se hizo en base a clínica y exámenes radiológicos (Meneghello, 1946).

2.5.2. Conceptos

La celiaquía o enfermedad celíaca es la intolerancia permanente a un conjunto de proteínas denominadas prolaminas, presentes en el trigo, la avena, la cebada y el centeno así como en productos derivados de estos cuatro cereales. Las prolaminas reciben distintos nombres de acuerdo al cereal de procedencia: trigo, gliadina, avena, avenina, cebada, hordeína y, centeno, y secalina. De los cereales mencionados el gluten es la forma más conocida de presentación de las prolaminas tóxicas para los celíacos. La gliadina es la más utilizada a nivel industrial y constituye el mayor problema ya que en muchos alimentos la harina de trigo está presente como ingrediente principal o como aditivo y en otros está presente por posibles contaminaciones cruzadas que pueden darse a nivel industrial o en la comercialización de los alimentos (López y col. 2010).

La celiaquía ocurre en individuos predispuestos genéticamente, en los cuales la ingestión de alimentos que contienen gluten daña la superficie de la mucosa del intestino delgado lo que lleva a la incapacidad de absorción de nutrientes. El tratamiento de esta patología es exclusivamente dietético y consiste en la eliminación de la dieta de los cereales: trigo, avena, cebada y centeno y de los productos elaborados a partir de sus harinas (Programa iberoamericano, 1995). Si bien se han desarrollado una serie de productos comerciales para estos pacientes, su variedad en el mercado local es escasa y no existen productos elaborados con quínoa y mandioca (Tapia y Morón, 1990; Ayala, 2004).

2.5.3. Síntomas

En el cuadro 2, se muestra la sintomatología que presenta una persona que es intolerante al gluten, así como algunas enfermedades que puede llegar a causar el consumo de gluten cuando se es intolerante.

Cuadro 2. Síntomas más frecuentes en celíacos.

Síntomas	
Intestinales	Extraintestinales
Diarrea crónica	Alteraciones de crecimiento
Distensión abdominal	Fracturas espontaneas
Carácter irritable	Osteoporosis y dolores óseos
Deposiciones blandas, frecuentes, abundantes, paplidas y fétidas	Tetania
Palidez	Alteraciones del esmalte dental
Anorexia	Anemia ferropenica
Hipotrofia muscular	Cefalea
Debilidad generalizada	Depresión
Vómitos	Erupción cutánea
Estreñimiento	Artritis
	Esterilidad

Fuente: ACELMEX, 2012

2.5.2.1. Manifestaciones Clínicas Digestiva

2.5.2.1.1. Infancia

Forma precoz: Antes de los 9 meses de edad, cuando la introducción del gluten tenía lugar antes de los 4 meses. Se caracteriza por vómitos, pérdida de apetito, diarreas severas, así como distensión abdominal, edemas e hipoproteinemias. Eran las formas responsables de la “crisis celíacas”.

Forma clásica: Entre los 9 y 18 meses, siendo uno de sus síntomas predominantes la esteatorrea acompañada de detención de peso y la talla junto a anorexia, apatía y cambio de carácter, forma con estreñimiento acompañada de debilidad y distensión abdominal.

Forma tardía: Después de los dos años de edad las manifestaciones suelen ser monosintomáticas y entre ellas se encuentran: dolor abdominal recurrente, glositis, aftas orales, hipoplasia del esmalte, náusea y vómitos son síntomas frecuentes con los que debuta la enfermedad durante la infancia.

2.5.2.1.2. Adulto

Dispepsia: Puede presentarse con cuadros diarreicos episódicos nocturnos, flatulencia y pérdida de peso, simulando en ocasiones a una intolerancia a la lactosa, forma con estreñimiento acompañada de debilidad y distensión abdominal, esteatorrea y síndrome de malabsorción se presenta en menos del 50% de los casos, cuando existe una afectación importante de gran parte del intestino delgado, dolor y distensión abdominal son frecuentes sugiriendo la existencia de síndrome de intestino irritable. Estreñimiento, síntomas a tener en consideración (junto con el síndrome de intestino irritable) dado la enorme frecuencia con la que estos síntomas deben ser abordados en las consultas de atención primaria.

2.5.2.2. Manifestaciones Extradigestivas

En los infantes y jóvenes se presenta; apatía, irritabilidad e introversión son frecuentes y forman parte del síndrome de malabsorción, malnutrición, hipotrofia muscular y retraso pondoestatural, retraso del desarrollo puberal e Irregularidades menstruales, cefaleas, artralgias, artritis, anemias macrocítica, microcíticas o mixtas, dislexias, autismo e hiperactividad.

Los adultos presentan; anemias ferropénicas resistentes a tratamientos, apatía, ansiedad, depresión, osteopenia y osteoporosis precoces, estatura corta, infertilidad, abortos de repetición y niños de bajo peso al nacer, hipocalcemia, hipovitaminosis de hipertransaminemia, manifestaciones neurológicas como: ataxia sensorial progresiva, parestesias, tetania, epilepsia, neuropatía periférica (ACELMEX, 2012).

2.5.4. Recomendaciones para enfermos celíacos

Está ampliamente demostrado que el tratamiento de la enfermedad celíaca es la dieta libre de gluten, estricta y por toda la vida (Fasano y Catasi, 2001). Es importante aclarar que “dieta libre de gluten” significa que la cantidad que éste en el alimento está por debajo de un determinado punto de corte y no necesariamente que no contiene gluten. La reglamentación internacional obedece al Codex alimentarius, creado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), ha cambiado en el año 2009 y ha disminuido la cantidad límite de gluten que pueden contener los productos para que sean libres de gluten. Es así como califica a todo alimento libre de prolaminas tóxicas, a todo aquel producto que

además de no contener bajo ninguna circunstancia rastros de cereales peligrosos para los celíacos, como lo son el trigo, la avena, la cebada, el centeno y derivados debe cumplir con el requisito que determina que la cantidad máxima de gluten admisible es 20 (mg/kg), o dicho de otra manera, menos de 20 ppm, (Codex Alimentarius, 1981).

Por ello, la Comunidad Europea ha aceptado esta sugerencia como normativa para el 2012 y considerará que los productos aceptados como libres de gluten pueden contener uno o más ingredientes que sustituyan el trigo, el centeno, la cebada, la avena o sus variedades híbridas, pero con un nivel de gluten que no supere los 20 ppm en los alimentos (Méndez, 2001).

Las decisiones del Codex Alimentarius son aplicadas por los distintos países adaptándolas a sus realidades. En Chile, el Ministerio de Salud define que un alimento libre de gluten es aquel que está preparado únicamente con ingredientes que por su origen natural y por la aplicación de buenas prácticas de fabricación, que impidan contaminación cruzada, no contiene prolaminas procedentes de trigo, de todas las especies de *triticum kamut*, trigo duro, centeno, ni sus variedades cruzadas, así como también la avena. A partir de octubre de 2009 la norma otorga al Instituto de Salud Pública la facultad de definir la normativa y técnicas para certificar a alimentos como libres de gluten, que actualmente pone el límite de gluten contenido en los alimentos definidos como exentos de gluten en “cantidades menores de 1 a 1.5 ppm de prolaminas, que deberán corresponder a los límites de determinación para gluten de las técnicas de laboratorios que se usan en Chile” (Méndez, 2001).

2.5.5. Dosis recomendadas para los enfermos celíacos

Se ha comprobado que la enfermedad celíaca es atacada por el gluten, y la cantidad mínima de gluten necesaria para inducir la aparición de síntomas no está aún del todo clara. En población no celíaca la ingesta promedio de gluten es 10 a 20 g por día (Overbeek, 1997), en los celíacos, dosis sobre 1 g de gluten día producen aparición de daño severo en la mucosa intestinal. Al infundir gliadina en dosis entre 10 a 1.000 mg no fraccionada en el duodeno de pacientes celíacos se demostró que 10 mg de gliadina durante 8 horas no causaron daño histológico en la mucosa, 100 mg indujeron cambios mínimos y con 500 mg se desarrollaron cambios claros, en la relación altura vellosidad/cripta e infiltración de linfocitos intraepiteliales (Ciclitira y col. 1984). Datos posteriores mostraron que la infusión de 1.000 mg de gliadina por 2-3 horas produjo anormalidades marcadas después de 2 a 3 horas de infusión (Ciclitira y col. 1984). Otro estudio durante 20 niños a celíacos

que recibieron 100 mg o 500 mg de gliadina durante 4 semanas. Los dos grupos mostraron cambios, pero el aumento en cantidad de linfocitos interepiteliales y el daño histológico observado fue mayor que en el grupo que recibió 500 mg (Catassi y col. 1993).

Recientemente, el mismo autor evaluó dosis más pequeñas de gluten observando que, aunque existe variabilidad individual en la respuesta, dosis menores a 50 mg diarios de gluten no inducen cambios significativos en la mucosa intestinal, pero 50 mg o más de gluten/día sí lo logran (Catassi y col. 2007). No es fácil traducir estos resultados a indicaciones concretas ya que los tiempos de duración de los estudios mencionados son cortos, y no hay evidencias que permitan afirmar o descartar que los resultados sean distintos cuando la exposición al gluten es a dosis bajas pero por períodos prolongados. La mayoría de los expertos en el tema están de acuerdo en que las cantidades seguras se encuentran en algún punto entre 10 y 50 ppm. Medidas extremas como menos de 10 ppm ó 0 ppm, teóricamente mejores, atentan contra la mayor disponibilidad de alimentos libres de gluten (encarecen los procesos de elaboración, se certifican menos alimentos como libres de gluten) y, no necesariamente contribuyen al bienestar de los celíacos (Catassi y col. 2007).

2.5.6. Cereales libres de gluten

El arroz y otros cereales o tubérculos como objeto de estudio para sustituir totalmente al trigo en la fórmula del pan como producto para celíacos, ya que su harina se caracteriza por poseer propiedades hipoalérgicas, un sabor suave, bajo contenido en prolaminas, poco contenido en grasas y baja proporción de sodio, lo cual la hacen fácilmente digerible (Gujral y Molina, 2004; Marco y Molina, 2008). Adicionalmente, el arroz integral contribuye en las propiedades nutricionales del pan, ya que contiene cantidades considerablemente más elevadas de proteínas y minerales que el arroz blanco (Itani y col. 2002; Lamberts y col. 2007; Renzetti, 2009). Por su parte Veluppillai y col. (2010) utilizaron la harina de arroz malteado para sustituir parcialmente la harina de trigo en la fórmula del pan. Por lo tanto el desarrollo de productos horneados empleando harina de arroz integral es una alternativa para mejorar su valor nutricional, reducir el uso del trigo y por ende importaciones de este grano. Además la harina puede aprovecharse como subproducto del arroz, ya que generalmente es obtenida a partir de los granos rotos durante el proceso de molienda.

2.5.7. Otras alternativas para realizar panes sin gluten

Además de los diferentes tipos de cereales una de las formas más efectivas de sustituir el gluten es por medio de la goma xantana, las gomas son polisacáridos de alto peso molecular que tienen la capacidad de actuar como espesantes y gelificantes y que además presentan algunas propiedades funcionales tales como las de emulsificación, estabilización, entre otras. La goma xantana es un heteropolisacárido ramificado, que es muy soluble en agua fría y caliente y forma soluciones muy viscosas estables al calor. El aspecto físico del xantano es el de un polvo color crema que se disuelve en agua caliente o fría produciendo soluciones de viscosidad relativamente alta a concentraciones bajas, la viscosidad es alta en un amplio intervalo de concentraciones y las soluciones son estables en un amplio rango de pH, concentración de sales y temperaturas. Estas características son muy favorables para la economía de operaciones donde se usa como espesante (Flores, 1998). Dicha goma tiene la capacidad de sustituir al gluten gracias a sus conformaciones, una de hélice y otra de cadena desordenada, dependiendo de la temperatura a la cual se realiza la disolución. Las soluciones de xantano son estables respecto de la acción del calor en un amplio intervalo de temperaturas y su estabilidad aumenta con sales catiónicas mono y divalentes, La viscosidad es independiente del pH en presencia de sales a pH entre 1 y 13, (Slodki, 1998).

2.6. Harinas libres de gluten

2.6.1. Quínoa

2.6.1.1. Descripción general

La quinua (*Chenopodium quínoa W.*) es una quenopodiácea característica de las regiones andinas más frías. Durante muchos años el cultivo de la quinua estuvo subvaluado, pero desde que se hicieron públicas sus propiedades nutricionales, ha tomado mayor importancia en Bolivia y en el mundo, siendo uno de los cereales de mayor demanda en Europa (Fontúrbel, 2003).

La importancia de las proteínas de la quinua se debe a la calidad de las mismas (Carrasco y col. 2001). Las proteínas de quinua tienen una composición balanceada de aminoácidos esenciales parecida a la composición aminoacídica de la caseína, la proteína de la leche. En pruebas biológicas se ha encontrado valores mayores para la quinua que para la caseína. El aceite de quinua es alto en ácidos grasos esenciales y ácido oleico: 48% de ácido oleico, 50.7% de ácido linoleico, 0.8% de

ácido linolenico y 0.4% de ácidos saturados (Debruin, 1964). En caso de la quinua resalta el alto contenido de calcio, magnesio, hierro, cobre y zinc (Carrasco y col. 2001).

2.6.1.2. Descripción botánica

La quínoa (*Chenopodium quínoa*), es una especie arbustiva, con raíces pivotantes y fasciculadas, bien adaptadas al clima frío y la escasez de humedad (puesto que las raíces pivotantes aprovechan el agua a mayor profundidad y las raíces fasciculadas el agua superficial). El tallo es redondo cerca al cuello y cuadrangular a la altura de las ramificaciones, y puede tener una altura de 60 cm hasta 2 m. El nivel de ramificación puede variar de acuerdo a cuatro categorías, pero la forma usada en cultivo corresponde a la primera categoría, que es la de mayor ramificación (y por ende, mayor producción). De acuerdo a la posición en los tallos, se presentan tres tipos de hojas romboidales, triangulares y lanceoladas (Fonturbel, 2003).

2.6.1.3. Usos de la quínoa

Por su alto valor nutritivo la quínoa se usa en la industria alimentaria en la elaboración de pastas, cereales, harinas y últimamente se le está dando mucha importancia a la elaboración de pan para celíacos, ya que no tiene gluten y presenta una excelente opción para el desarrollo de diversos productos para las personas que no pueden consumir trigo.

2.6.2. Amaranto

2.6.2.1. Descripción general

El amaranto (*Amaranthus caudatus*), son plantas de hoja ancha, siendo de los pocos no pastos que producen cantidades significativas de grano de cereal comestible, por este motivo, el amaranto también se conoce como seudo cereal para distinguirlo de los pastos que producen grano, de hojas brillantemente coloreadas y flores violetas, anaranjadas, rojas y doradas, las panojas, algunas de hasta 50 cm de largo, se parecen a las del Sorgo, las semillas, aunque apenas más grandes que una semilla de mostaza (0.9 a 1.7 mm de diámetro), se producen en cantidades masivas (SAGARPA, 2012).

2.6.2.2. Descripción botánica

La familia Amaranthaceae (Dicotyledoneae, orden Caryophyllales), está compuesta de 60 géneros y alrededor de 800 especies (Feine y col. 1976). Todos los amarantos de grano son hierbas anuales. El género *Amaranthus* está dividido en dos secciones: Sección *Amaranthus* y secciones *Blitopsis*. Los caracteres usados con más frecuencia para la clasificación de esas especies, dentro de las secciones, son la forma y proporción de las partes florales pistiladas (Feine y col.1976).

2.6.2.3. Usos

El Amaranto es utilizado para consumo humano, artesanalmente se han elaborado productos de poco valor agregado como alegrías, amaranto reventado, granolas y en la actualidad se usa para la elaboración de harinas.

2.6.3. Mandioca

2.6.3.1. Descripción general

La mandioca o yuca es un tubérculo perteneciente a la familia *Euphorbiaceae* y al género *Manihot*, siendo la del tipo *Manihot Esculenta* la que es comercialmente conocida, es un arbusto muy ramificado, de hasta 2.5 m de altura, con flores de color amarillo verdoso, la raíz alcanza hasta 8 cm de diámetro y 90 cm de longitud, los frutos asemejan pequeños plátanos y son comestibles (SIAP, 2012).

2.5.3.2. Descripción botánica

La mandioca es un arbusto de tamaño variable de 1-5 m de altura. Los cultivares se agrupan según su tamaño en: 1) bajos hasta 1.50 m; 2) intermedios 1.50-2.50 m; y 3) altos más de 2.50 m (Montaldo y col. 1979). La estaca plantada da nacimiento preferentemente en su extremo apical a uno o varios tallos, cada tallo, puede ramificarse, a cierta altura del suelo, constituyéndose esta división de la ramificación primaria.

Las variedades, según el número de ramificaciones primarias se clasifican en: 1) con ningún ramificación; 2) con dos ramificaciones; y 3) con tres o más ramificaciones. El tipo que predomina en la yuca cultivada es con tres ramificaciones (Montaldo y col, 1979).

2.6.3.3. Usos

Como raíz fresca y procesada para consumo humano, como insumo en la industria alimenticia, como materia prima en la industria productora de alimentos balanceados para animales y como producto intermedio en la industria no alimenticia, el producto industrial más importante elaborado con base en Yuca es el almidón, que se usa en las industrias alimenticia y textil y en la fabricación de papeles y adhesivos. La Yuca es un cultivo fuente de carbohidratos para la elaboración de harinas con alto porcentaje de proteínas, las características de este cultivo permite su total utilización, el tallo (estacón) para su propagación vegetativa, sus hojas para producir harinas y las raíces reservantes para el consumo en fresco la agroindustria o la exportación (SIAP, 2012).

2.6.4

2.6.4.1. Clasificación botánica

El maíz pertenece al género *Zea* y comprende varias especies. Sturtevan describió 507 variedades y 266 sinónimos. Sin embargo, en América, que es donde se cosecha la mayor parte de este cereal, solo se presenta importancia comercial de dos tipos: *Zea indurata* (grano duro) y *Zea identata* (grano dentado). Este cereal es originario de América en donde se le conoce con el nombre de corn (Kent y Amos, 1956).

2.6.4.2 Usos

El Maíz Grano Blanco se utiliza principalmente para la elaboración de las tradicionales tortillas y tamales, pero también se puede obtener aceite o en la fabricación de barnices, pinturas, cauchos artificiales y jabones. El Maíz Grano Amarillo también se puede utilizar para consumo humano en una amplia variedad de platillos, sin embargo, en la actualidad se tiene como destino el consumo pecuario en la alimentación del ganado y en la producción de almidones (SIAP, 2012).

El maíz no posee gluten, por lo que es apto para el consumo de celíacos, su principal proteína es la *Zeína*, el aminoácido más importante es la leucina, carece de lisina y triptófano, tiene un bajo contenido de ácido nicotínico y es rico en minerales, tales como magnesio, fósforo y potasio, aporta provitamina A, en baja cantidad (FAO, 1993).

2.6.5. Arroz

2.6.5.1. Descripción general

El tallo se forma de nudos y entrenudos alternados, siendo cilíndrico, nudoso de 60 a 120 cm de longitud; las hojas son alternas, envainadoras, con el limbo lineal, agudo, largo y plano; en el punto de reunión de la vaina y el limbo se encuentra una lígula membranosa, bifida y erguida que presenta en el borde inferior una serie de cirros largos y sedosos; las flores son de color verde blanquecino dispuestas en espiguillas cuyo conjunto constituye una panoja grande terminal, estrecha y colgante después de la floración. El grano de Arroz es el ovario maduro que se le conoce como Arroz Palay. El grano descascarado de Arroz (cariópside) con el pericarpio parduzco se conoce como Arroz Pulido (SIAP, 2012).

2.5.5.2. Descripción botánica

El arroz es una gramínea que pertenece al género *Oryza lin.* Del cual se cultivan dos especies, *O. sativa Linn.* y *O. gaberrima Steud.* Siendo la primera, con mucho, las más importante. *O. glaberrina* se encuentra limitada a pequeñas áreas del África occidental. Aunque es indudable que son dos tipos distintos, las diferencias morfológicas entre ellos son mínimas, teniendo *O. glaberrima* lígulas más cortas y truncadas (6 mm en comparación con 15 a 45 mm), lema y palea fértiles y panícula con ramas simples, no divididas, en contraste con las de *O. sativa* que forma en ella ramillas cortas (Richharia y Misro, 1962).

2.6.5.3. Usos

La utilización del Arroz ya descascarillado depende de los diferentes productos que se obtengan durante el proceso de pulimento. El arroz blanco es utilizado en su generalidad para el consumo humano, debido a su alto valor alimenticio que va desde el energético hasta el proteínico. El salvado o harina que se obtiene mediante el pulimento, tiene como principal objetivo formar parte de los alimentos balanceados para uso animal. En lo que respecta al granillo su importancia radica en que es empleado por la industria cervecera, así como en la elaboración de harina de arroz. La cascarilla que se obtiene es aprovechada para la fabricación de alimentos balanceados de uso

animal, que incluye al ganado en la mayoría de sus variedades, y para la fabricación de materiales para la construcción aglomerados (SIAP, 2012).

Además el arroz no contiene colesterol ni gluten y no provoca alergia, una ventaja para los enfermos celíacos, la *Orzenina*, es la proteína más importante, y la leucina es el aminoácido en mayor porcentaje, contiene vitaminas (tiamina, riboflavina y niacina) y minerales (fósforo, hierro y calcio), (Nieto y col. 2001).

2.6.6. Garbanzo

2.6.6.1. Descripción general

El garbanzo es muy consumido en todo el mundo por sus propiedades nutritivas y culinarias. Esta legumbre es una excelente fuente de proteínas y presenta un alto contenido en hidratos de carbono, lo que la convierte en un alimento que suministra mucha energía. Además, aporta una cantidad importante de fibras, favoreciendo el tránsito intestinal. Por otro lado, también contiene folatos, que intervienen en el buen funcionamiento del sistema nervioso. Habitualmente esta legumbre se consume como grano seco, aunque también se utiliza tostado e incluso en forma de harina (Agrolanzarote, 2012).

2.6.6.2. Descripción botánica

La planta del garbanzo (*Cicer arietinum* L), es pequeña, aproximadamente de unos 60 cm, herbácea y anual. Los tallos son erectos y vellosos. Las raíces profundizan en el suelo de forma considerable, de ahí que se adapten perfectamente a los suelos áridos o secos. Las hojas son generalmente imparipinnada, alternas, pubescentes y con los folíolos dentados. En las axilas de las hojas nacen las flores que son pequeñas y solitarias. Se trata de una planta principalmente autógama, es decir, se autofecundan. La autopolinización ocurre antes de que la flor se abra, lo que se conoce como cleistogamia. El fruto es una vaina pubescente y puntiaguda que contienen una o dos semillas en su interior. La superficie de la semilla es en general arrugada y su color puede ser blanco, crema, amarillento o café (Agrolanzarote, 2012).

2.6.6.3. Usos

Los garbanzos además de consumirse cocidos, también se pueden comer, tostados, fritos o en forma de harina y si, se tuestan y muelen se puede hacer una especie de café con ellos (Agrolanzarote, 2012).

2.6.6. Sorgo

2.6.6.1. Descripción general

En México se cultivan tres variedades de sorgo, de acuerdo principalmente con su uso: a) Sorgo escobero, variedad que tiene una mayor precocidad y resistencia, cuya espiga se utiliza para elaborar escobas. b) Sorgo forrajero, dulce o sacarino, considerado nutritivo, sobre todo estando verde. c) Sorgo grano, son aquellas variedades no sacarinas, de las se explota el grano, que es la principal materia prima en la industria de alimentos balanceados (FINANCIERA RURAL, 2011).

2.6.6.2. Descripción botánica

El sorgo es una planta originaria de la India, de la familia de las gramíneas. Con cañas de un metro y medio de altura, llenas de un tejido blanco y dulce, vellosas en los nudos; hojas lampiñas, ásperas en los bordes; flores en panoja floja, grande y derecha, o espesa, arracimada y colgante, y granos mayores que los cañamones, algo rojizos, blanquecinos o amarillos. En México se cultivan tres variedades de sorgo, de acuerdo principalmente con su uso: a) Sorgo escobero, variedad que tiene una mayor precocidad y resistencia, cuya espiga se utiliza para elaborar escobas. b) Sorgo forrajero, dulce o sacarino, considerado nutritivo, sobre todo estando verde. c) Sorgo grano (FINANCIERA RURAL, 2011).

2.6.6.3. Usos

La mayor parte del Sorgo Grano se utiliza en la preparación de alimentos balanceados, también se puede hacer la harina de sorgo sola o en composición de harinas compuestas para la fabricación de galletitas, alfajores, bizcochos, pan, etc. El sorgo se cultiva para producir grano que sirve para la alimentación del ganado. En la industria de extracción se emplea fundamentalmente para la obtención de almidón, alcohol y glucosa, además en la fermentación aceto-butílica donde se producen 3 solventes importantes: alcohol, acetona y butanol (SIAP, 2012).

3. Materiales y métodos

3.1 Sección experimental I: Obtención de una combinación de harinas libres de gluten que nos permitan elaborar productos de panadería (panque)

Mediante una extensa revisión de literatura y a una consulta en las tiendas proveedoras de materias primas en la ciudad de Saltillo (Coahuila) con la finalidad de trabajar con harinas libres de gluten de fácil acceso, así como de bajo costo, por tal motivo se adquirieron las harinas; Quínoa (*Chenopodium quinoa*), Amaranto (*Amaranthus caudatus*), Mandioca (*Manihot Esculenta*), Arroz (*Oriza sativa*) Y Maíz (*Zea maíz*) en un establecimiento de materias primas exentas de gluten lo cual nos permite procesarlas para la obtención de pan libre de gluten.

Después de haber decidido el tipo de harinas que se utilizaron, se procedió a comprarlas en el supermercado localizado en la ciudad de Saltillo, Coahuila, México.

3.1.1. Localización

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en la panadería 3 ESPIGAS S.A DE C.V., ubicada en Saltillo, Coahuila, México.

3.1.2. Selección de porcentajes de harinas

Para definir el porcentaje de harinas a utilizar se emplearon porciones tomando como base lo reportado por, Del Catillo (2009) así como también el costo de las harinas, como se observa en el cuadro 3, esto con la finalidad de definir qué proporción sería la más adecuada para su aplicación en formulación para obtener un producto de panadería.

Tras varios ensayo basados en la experiencia de la los panaderos que laboran en la empresa se definió la mezcla de las harinas libres de gluten que se utilizaron. Es importante señalar que las cantidades de las 5 harinas diferentes libres de gluten no se publican por ser parte del contrato de secrecía con la empresa.

Cuadro 3. Formulaciones para generar un panque

Formulación 1	Formulación al 2	Formulación al 3	Formulación al 4	Formulación al 5
100 g harina de trigo	98 g de harina libre de gluten	95 g de harina libre de gluten	93 g de harina libre de gluten	90 g de harina libre de gluten
20 gramos de leche	2 g de sal	5 g de sal	7 g de sal	10 g de sal
10 g de margarina	20 g de leche			
30 g de azúcar	10 g de margarina			
40 gr de líquido fermentado(huevo)	30 g de azúcar			
5 g de sabor vainilla	40 g de líquido fermentado (huevo).			
5 g de levadura amarilla	5 g de vainilla			
	5 g de levadura amarilla			

3.1.3. Proceso de elaboración de panque

Se usa una mezcla de harinas libres de gluten (tapioca, quínoa, amaranto, arroz, fécula de maíz) e ingredientes como (huevo, aceite, leche y levadura). Se inició pesando las materias primas en una báscula electrónica marca Torrey, el amasado se realizó en una mezcladora marca Kitchen, después de haber obtenido la masa se colocó en un molde y se dejó fermentar por 40 minutos, posteriormente se horneó a una temperatura de 200°C durante 20 minutos, transcurrido el tiempo se retiró el pan del molde, se dejó enfriar 10 minutos y se procedió a degustar por el personal que se encuentra laborando en la panadería.

3.1.4. Criterio de selección de la combinación de harinas adecuadas para generar un producto de panadería (panque)

Las cantidades de harinas para generar un panque con las características deseadas se seleccionaron de acuerdo a la textura y sabor que generaban en el pan, la quínoa y la mandioca juegan un papel muy importante ya que ayuda a que la masa fermente, en el caso de la quínoa se debe tener cuidado la cantidad que se utilizó ya que tiene un sabor amargo por tal motivo se agregó harina de arroz, amaranto y la fécula de maíz para enmascarar el sabor además ayudan a la optimización de los costos.

3.2. Sección experimental II: Evaluación sensorial de los productos de panadería generados (panque y mantecadas).

3.2.1. Localización

La evaluación se llevó a cabo en el Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos en el laboratorio de evaluación sensorial de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, campus (Saltillo Coahuila).

3.2.2. Método para determinar diferencia

3.2.2.1. Prueba de comparación de pares (Panque)

Esta prueba consiste en presentar a los panelistas dos muestras del producto alimenticio a evaluar, preguntándoles en el formulario sobre alguna característica que se esté evaluando del producto como: cuál de las dos muestras es más dulce o más insípida, cuál de las dos muestras es más dura, cuál de las dos muestras es más acida o cual prefiere (Wittig de Penna, 2001).

3.2.2.2. Prueba escala hedónica estructurada (mantecada)

Es un método para medir preferencias, además permite medir estados psicológicos y nos podemos dar cuenta de acuerdo a los resultados por los jueces evaluadores si un producto es aceptado o rechazado (Wittig de Penna, 2001).

3.2.3. Proceso de evaluación de panque y mantecadas

La evaluación de los panques se realizó solamente por un análisis visual por medio de una prueba de comparación de pares. Se utilizó un panel de evaluación de 50 jueces no entrenados, presentándoles a cada uno una charola que contenía 4 panques, de los cuales dos eran iguales y se les pidió que señalaran cual de las muestras eran diferentes y lo indicaran en la hoja de evaluación Figura 1 cuál de las muestras era diferente.

La prueba de evaluación de las mantecadas o quequitos se realizó en 2 etapas, en la primera se hizo una prueba de comparación de pares solamente por un análisis visual. En la segunda se evaluaron las mantecadas con 100 jueces a los cuales se les pidió probar la muestra e indicar el nivel de agrado en la escala que mejor describe su reacción para cada uno de los atributos color, sabor y textura (Figura 2).

Prueba de comparación de pares

Nombre: _____ Fecha: _____

Producto: PANQUE

INSTRUCCIONES: Frente a usted tiene dos muestras de pan, elija la que más le agrada.

Muestra	Muestras codificadas	Muestra elegida
1	402	
2	385	

Figura 1. Hoja de encuesta para panque.

Escala hedónica estructurada

Nombre: _____ Fecha: _____

Producto: Quequitos

INSTRUCCIONES

Pruebe por favor la muestra que se presenta a continuación e indique el nivel de agrado en la escala que mejor describe su reacción para cada uno de los atributos.

Puntuación	Atributo	Color	Textura	Sabor	Aceptabilidad General
9	Me gusta muchísimo				
8	Me gusta mucho				
7	Me gusta moderadamente				
6	Me gusta poco				
5	No me gusta ni me disgusta				
4	Me disgusta poco				
3	Me disgusta moderadamente				
2	Me disgusta mucho				
1	Me disgusta muchísimo				

Figura 2. Hoja de ilustración para quequitos o mantecadas.

3.2.4. Expresión de resultados

Se contabilizaron los resultados proporcionado por cada juez evaluador en las hojas de evaluación correspondientes a cada prueba.

3.3. Sección experimental III. Análisis bromatológico

Se realizó el análisis bromatológico de la mantecada sin trigo y la mantecada con trigo como testigo, todo se trabajó con una repetición, se determinó; grasa, proteína, hidratos de carbono, minerales, humedad, fibra y contenido energéticos.

3.3.1. Ubicación del experimento

La evaluación se realizó en el Departamento de Nutrición y Alimentos en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro campus (Saltillo Coahuila).

3.3.2. Determinación de materia seca total y humedad

Se utilizaron crisoles de porcelana a peso constante de la estufa (Marca Thelco, modelo 27) que presenta temperaturas de 100-103 °C los crisoles fueron colocados por 12 horas con el fin de mantenerlos a peso constante, se toman los crisoles necesarios, se colocan en un desecador por un periodo de 15-20 minutos hasta peso constante, posteriormente se pasan a una balanza analítica (Marca AND serie 12310970) y se registra el peso. Enseguida se le agregan 2 gramos de muestra y se meten a la estufa por 24 horas, por último se pesa el crisol con muestra y se efectuaron las operaciones correspondientes.

$$\% \text{ Materia seca total} = \frac{\text{Peso del crisol con muestra} - \text{peso del crisol solo}}{\text{gramos de muestra}} \times 100$$

$$\% \text{ Humedad} = 100 - \text{MST}$$

3.3.3. Determinación de minerales

Después de haber determinado la MST, el contenido de esa muestra se pasa a una parrilla para preincinerar hasta que ya no salga humo, el crisol se coloca en la mufla (Marca Thermolyne modelo 1500), con una temperatura de 100-900 a 600 °C por 3 horas, enseguida se enfría por 30 minutos en un desecador y por último se pesa en una balanza analítica (Marca AND serie 12310970).

$$\% \text{ Ceniza} = \frac{\text{Peso del crisol con ceniza} - \text{peso del crisol seco}}{\text{gramos de muestra}} \times 100$$

3.3.4. Determinación de proteína cruda método de Microkjeldhal

Se pesaron 0.05 g de muestra envuelta en papel de celulosa, enseguida se pasa a un matraz Kjeldhal de 100 ml, se agregan 2 perlas de vidrio para que este a ebullición constante, se colocó 4 ml de mezcla digestora y se conectó al aparato Kjeldhal hasta digerir a color cristalino.

Posteriormente se llevó a cabo el método de destilación con equipo Rapid Distillation Unit Labconco, se enjuago con 1 ml de agua destilada el resultado de la digestión se vacía a la copa del equipo de destilación, se enjuago con poca agua y se cierra la llave, se le adiciona NaOH al 50 % hasta la mitad del nivel de la copita, se recibió 80 ml del destilado en un vaso con 30 ml de ácido bórico al 2.2 % y 5 gotas de indicador mixto, se tituló con ácido sulfúrico al 0.025 N, por último se calculó las operaciones correspondientes.

Nota: Para la determinación de muestra se utiliza el factor **6.35**, mientras que para la determinación de harinas su factor cambia a 5.7.

$$\% \text{ Proteína} = \frac{(\text{ml gastados H}_2\text{SO}_4)(0.014)}{\text{gramos de muestra}} \times 100 \times 6.35$$

3.3.5. Determinación de extracto etéreo (Método Soxhlet)

Se colocó a una estufa matraces bola fondo plano con tres perlas de vidrio por un periodo de 12 horas, transcurrido el tiempo se sacaron de la estufa y se colocaron en un desecador de 15-20 minutos hasta peso constante, se pesaron 5 gramos de muestra en un papel filtro, se colocaron en un cartucho de celulosa, se identificó el cartucho. Posteriormente se agregó 250 ml de éter etílico a los matraces bola, el cartucho se colocó en el sifón Soxhlet y estos se conectaron al matraz bola y al refrigerante, después se realizó la extracción por 8 horas para desengrasar, transcurrido el tiempo se retiró el cartucho con pinzas y se recupera el solvente excedente. Se retiraron los matraces bola y se colocaron en la estufa durante 12 horas, finalmente se enfriaron el desecador por 15-20 minutos.

$$\% \text{ Extracto etéreo} = \frac{\text{Peso del matraz con lipidos} - \text{peso del matraz solo}}{\text{gramos de muestra}} \times 100$$

3.3.6. Determinación de fibra cruda

Se pesaron 2 gramos de muestra desengrasada, se pasó a un vaso Bercillius, se agregó 100 ml de ácido sulfúrico N=0.255, el vaso se coloca en el digestor (Marca Labconco serie 54781), después de abrió el sistema de enfriamiento, se encendió la parrilla y se calentó a una temperatura de 80-90°C cuando la muestra empezó a hervir, se contó 30 minutos, enseguida se sacó la muestra y se filtró en tela de lino el cual se colocó sobre un embudo, se lavó con 3 porciones de agua hervida destilada de 150 ml hasta quitar la reacción acida. Después se pasó a la muestra que queda en la tela al vaso Bercillius, nuevamente se agrega 100 ml de hidróxido de sodio N=0.313 por 30 minutos, se retira la muestra, se filtra y lava con agua caliente con 3 porciones de 150 ml hasta quitar la reacción alcalina, se retiró la fibra y se pasa a un crisol de porcelana con ayuda de un espátula. El crisol con la fibra se pasa a la estufa por 12 horas, se retira el crisol transcurrido el tiempo, se enfría, se pesa después se lleva a preincinerar y se mete a la mufla a una temperatura de 600 °C por 3 horas, se saca y se coloca en un desecador por 30 minutos y por último se pesa.

$$\% \text{ Fibra cruda} = \frac{\text{Peso del crisol con fibra seca} - \text{peso del crisol con fibra cenizas}}{\text{gramos de muestra}} \times 100$$

3.3.7. Determinación de carbohidratos

Se determinó a través de una diferencia, esta diferencia es la que existe entre el peso original de la muestra y la suma de pesos del agua, extracto etéreo, proteína, fibra y cenizas.

Fórmula utilizada

$$100 - (\% \text{ proteína} + \% \text{ humedad} + \% \text{ extracto etereo} + \% \text{ cenizas} + \% \text{ fibra}) = \text{carbohidratos totales}$$

3.3.8. Determinación de contenido energético

Para la determinación del contenido calórico se realizó mediante el uso de reglas de 3, tomando en cuenta 9 Kcal/g para la grasa, 4 Kcal/g para proteína y carbohidratos respectivamente. Enseguida se sumaron las Kcal que se obtuvieron de la grasa, proteína y carbohidratos por último se multiplico por 100 el resultado.

3.4. Sección experimental IV. Vida de anaquel

3.4.1. Evaluación de vida de anaquel

Para la determinar la vida de anaquel se utilizó una prueba por duplicado evaluando mantecadas libres de gluten al aire libre a 20 ± 2 °C, en bolsa de plástico a 15 ± 2 °C, en refrigeración a 4 ± 1 °C utilizando como testigo mantecadas con gluten.

En la evaluación se tomó en cuenta resequedad, sabor, textura y aceptación general, así como la presencia de hongos en las muestras, el periodo de evaluación fue de acuerdo a la aceptación de las muestras tomando en cuenta las características que se mencionaron anteriormente.

4. Resultados y discusión

4.1. Sección experimental I: Obtención de una combinación de harinas libres de gluten que nos permitan elaborar productos de panadería (panque).

4.1.1. Obtención de las harinas

Se adquirieron cinco harinas comerciales libres de gluten, las cuales fueron; Quínoa (*Chenopodium quínoa*), Amaranto (*Amaranthus caudatus*), Mandioca (*Manihot Esculenta*), Arroz (*Oriza sativa*) Y Maíz (*Zea maíz*), las cuales se mezclaron en diferentes proporciones de acuerdo a los experimentos desarrollados anteriormente en la panadería Tres Espigas, para seleccionar los porcentajes que proporcionaran una harina que permita obtener los mejores panques

4.1.2. Selección de la combinación de diferentes porcentajes de harina libres de gluten para la elaboración de un pan tipo panque

Esta fase experimental se empleó con el fin de conocer una concentración aproximada de harinas a utilizar y de esta manera acortar el número de panques a evaluar, ya que únicamente se observó el comportamiento de la combinación de harinas generadas después del amasado y horneado, pero permitió eliminar algunas formulaciones que no presentaron las características deseadas de un panque, como fueron las formulaciones 1, 2 y 3 las cuales presentaron un comportamiento muy similar en la fermentación de la masa gracias al uso de la quínoa ya que esta tiene propiedades muy similar al trigo (Tapia y Moron, 1990). Sin embargo la textura fue muy mala así como el sabor, lo cual es debido a que la quínoa tiene compuestos químicos conocidos como saponinas (Mujica y col. 2001).

4.1.3. Proceso de selección de la combinación de harinas adecuadas para generar un producto de panadería (panque)

4.1.3.1. Las formulas 1, 2 y 3

Presentaron un comportamiento muy similar debido a que la masa logro fermentar gracias al uso de la quínoa ya que esta tiene propiedades muy similares al trigo a diferencia que está exenta

de gluten (Tapia y Morón, 1990). Sin embargo la textura fue muy mala así como el sabor, lo cual es debido a que la quínoa tiene compuestos químicos conocidos como saponinas (Mujica y col. 2001).



Figura 3. Panque elaborado con la con la formulación 1.

Con la fórmula 4 se logró que la masa se expandiera un 10 % más que en la fórmula 1, aquí la quínoa juega un papel muy importante ya que de acuerdo a las pruebas realizadas es el cereal que ayuda a que la masa crezca además con el acompañamiento de la tapioca la masa fermenta más rápido. Es importante señalar que la si la concentración de quínoa es muy alta de provoca un sabor amargo a las masa Tapia y Morón (1990) por tal motivo se incorporó cantidades equilibradas fécula de maíz, arroz y amaranto. En lo que respeta a la textura se mejoró debido a que la concentración de sal que se uso fue más alta que en la fórmula 1.



Figura 4. Panque elaborado con la formulación 4.

Con la fórmula 5, se logró obtener un panque con un tamaño muy superior al de las 4 formulas anteriores, con una textura muy buena, y el sabor muy agradable, esto es debido al igual que en la fórmula 4 por la cantidad de quínoa y mandioca que se manejó. Esta fórmula se aceptó y se dejó esta composición de harinas como base para realizar otro tipo de panes como mantecadas.



Figura 5. Panque elaborado con la formulación 5.

4.2. Sección experimental II: Evaluación sensorial de los productos de panadería generados (panque y mantecadas)

4.2.1. Resultados de prueba de comparación de pares (Panque)

Para cada comparación de pares se determinó el número de respuestas correctas dadas por los panelistas, tomando como respuestas correctas las del panque de mayor agrado, el cual fue de 44 para en el cuadro 1 del anexo 1 en el cual se reporta el número mínimo de respuestas correctas para establecer diferencia significativa, con un nivel de significancia del 1 %. Con el valor obtenido del cuadro, se observó que existe una amplia diferencia significativa que nos permitió seleccionar una formulación para la elaboración de panque que será aceptado por los consumidores.

4.2.1.1. Discusiones

En base a los resultados obtenidos de la evaluación sensoria se demostró que existe una diferencia considerable entre un panque elaborado con un alto porcentaje de quínoa y mandioca y otro realizado con la combinación de 5 harinas libres de gluten bien equilibradas. Cabe recordar que la evaluación la realizaron jueces no entrenados (posibles consumidores), concordando con Bárcenas y col (2001), quienes mencionan que en el momento de evaluar las preferencias de un producto, los consumidores no tienen los mismos conceptos de aceptabilidad, lo que hace amplio el margen de preferencias, esto es que cada consumidor puede tener una idea de lo que es el sabor o la apariencia ideal de lo evaluado, Las preferencias organolépticas para muchos alimentos están influenciadas por la cultura regional (Witting y col. 2005), por lo que es necesario determinar para cada producto estándares que satisfagan al mercado objetivo (Pérez y col. 2007). Actualmente existen lineamientos limitados de análisis sensorial, dichas normas no consideran las características particulares de cada alimento, como su proceso de manufactura o su presentación (Tejada y col. 2006).

4.2.2. Prueba escala hedónica estructurada (mantecada).

Los resultados de las medias totales del método estadístico aplicado se expresan en la cuadro 4. En el cual podemos observar que a los panelistas consumidores les gustó mucho demostrando una diferencia significativa en comparación a los demás atributos evaluados, el quequi o mantecada elaborada con harinas libres de gluten.

Cuadro 4. Resultados de medias de análisis estadístico sensorial.

Atributo	Color	Textura	Sabor	Aceptación general
Me gusta muchísimo	22 ± 1.41 b	24 ± 1.41 a	37 ± 2.12 a	20 ± 2.82 b
Me gusta mucho	37 ± 0.70 a	27 ± 0.70 a	38 ± 5.65 a	52 ± 1.41 a
Me gusta moderadamente	23 ± 2.12 b	30 ± 0.00 a	20 ± 1.41 ab	21 ± 0.70 b
Me gusta poco	15 ± 0.70 b	10 ± 1.14 b	3 ± 0.70 b	4 ± 1.41 c
No me gusta ni me disgusta	2 ± 1.41 c	2 ± 0.00 b	2 ± 1.41 b	2 ± 0.00 c
Me disgusta poco	2 ± 0.00 c	6 ± 1.41 b	0 ± 0.00 b	1 ± 0.70 c

Las desviaciones estándar se obtuvieron de dos repeticiones. Medias con la misma letra no presentan diferencia estadística (Tuckey $P \leq 0.05$).

La mantecada o quequi de trigo que fue evaluada en esta prueba comparada con una mantecada sin trigo fue muy significativa ya que se les pidió a los jueces que indicaran el nivel de agrado dando una puntuación importante por la que estaba libre de gluten esto lo podemos comparar con Anzaldúa (1994) el cual indica que la valoración de un producto alimenticio se percibe a través de uno de dos o más sentidos. La percepción de cualquier estímulo ya sea físico o químico, se debe principalmente a la relación de la información recibida por los sentidos, denominados también como órganos receptores periféricos, los cuales codifican la información y dan respuesta o sensación, de acuerdo a la intensidad, duración y calidad del estímulo, percibiéndose su aceptación o rechazo.

4.3. Sección experimental III. Evaluación bromatológica

4.3.1. Harinas libres de gluten

En el cuadro 5 se observan los análisis bromatológicos que se realizaron a la combinación de harinas libres de gluten y una harina con gluten (trigo), en el mencionado cuadro se observa de manera evidente que existe una diferencia significativa entre los componentes. El gluten de trigo está formado por 45% de proteínas, 20% de hidratos de carbono, 20% agua, 10 % grasas y 5% minerales Shan y col. (2002) En el cuadro 5 se puede observar que una harina libre de gluten comparándola con una que contiene gluten tanto en proteínas, grasa, hidratos de carbono, minerales, humedad, fibra hay diferencia significativa de acuerdo al análisis estadístico mediante el uso de la prueba de Tukey.

Es importante señalar que las harinas libres de gluten de acuerdo a los resultados en el caso de la grasa e hidratos de carbono están más altas, esto puede ser debido a que la formulación utiliza 5 harinas diferentes, lo cual explica claramente tener un contenido energético más alto que una harina con de trigo con gluten.

Cuadro 5. Información nutrimental harinas con y sin gluten.

Valor nutrimental		
Valores por porción de 100 g		
	Harinas sin gluten	Harina con gluten
Grasa total	1.57 ± 0.01 a	0.98 ± 0.00 b
Proteína	5.19 ± 0.04 b	15.40 ± 0.00 a
Hidratos de carbono	89.38 ± 0.03 a	76.21 ± 0.00 b
Minerales	0.59 ± 0.00 a	0.25 ± 0.00 b
Humedad	3.28 ± 0.00 b	4.46 ± 0.00 a
Fibra	0.0 ± 0.00 b	2.7 ± 0.00 a
CONTENIDO ENERGETICO	392 Kcal	364 Kcal

Las desviaciones estándar se obtuvieron de dos repeticiones. Medias con la misma letra no presentan diferencia estadística (Tuckey $P \leq 0.05$).

4.3.2. Mantecada con trigo y sin trigo

En el cuadro 6 se puede observar que la mantecada generada con harinas libres de gluten contiene mayor cantidad de grasa, minerales y humedad (10.46, 20.74 y 3.31% respectivamente), y un 2.48% más de contenido energético, pero menor cantidad de proteína e hidratos de carbono (25.74 y 5.32% respectivamente), comparación con las mantecadas elaboradas tradicionalmente con harina de trigo. Al igual se observa que solo los minerales presentan diferencia significativa de acuerdo al análisis estadístico utilizando la prueba Tukey.

El gluten es considerado una glicoproteína la cual conforma de un 80-85% de contenido proteico que contiene el (Hernández y col,2004), es por esto que nuestra formulación libre de gluten presenta un menor contenido proteico, el incremento en grasa total, minerales y humedad, se puede deber a que se utilizó el doble cantidad de leche respecto al quequi elaborado de trigo y además a la utilización de 5 diferentes tipos de harinas (quínoa, mandioca, arroz, amaranto y maíz) que contiene diferentes concentraciones de lo mencionado con anterioridad.

Cuadro 6. Información nutrimental mantecada con y sin trigo.

Valor nutrimental		
Valores expresado en gramos en porciones de 100 g		
	Mantecada sin trigo	Mantecada con trigo
Grasa total	39.38 ± 0.01 a	36.20 ± 4.21 a
Proteína	4.96 ± 0.71 a	7.02 ± 0.42 a
Hidratos de carbono	38.77 ± 0.74 a	40.66 ± 3.78 a
Minerales	1.62 ± 0.01 a	1.35 ± 0.00 b
Humedad	15.27 ± 0.00 a	14.78 ± 0.00 a
Fibra	0.0 ± 0.00 a	0.0 ± 0.00 a
CONTENIDO ENERGETICO	529.35 Kcal	516.49 Kcal

Las desviaciones estándar se obtuvieron de dos repeticiones. Medias con la misma letra no presentan diferencia estadística (Tuckey $P \leq 0.05$).

4.4. Sección experimental IV. Vida de anaquel

4.4.1. Evaluación de vida de anaquel del pan obtenido

En el cuadro 7 se observan las variables de respuesta con las cuales se clasificara a las mantecadas durante los periodos de evaluación correspondientes.

Cuadro 7. Parámetros evaluados en prueba de vida de anaquel.

Resequedad	Sabor	Textura	Aceptación
No se observa	Bueno	Bueno	Bueno
Poca	Pierde sabor	Pierde textura	No aceptable

4.4.2. Evaluación al aire libre 20±2 °C

En el cuadro 8 se muestran las observaciones realizadas a mantecadas sin trigo o libres de gluten, en lo cual es evidente que a partir del día tres la mantecada inicia la perdida de cualidades como lo es la textura, para el cuarto día este producto ya no es aceptable.

Cuadro 8. Mantecada elaborada con harinas libre de gluten evaluación al aire libre.

DIA	COMENTARIOS			ACEPTACIÓN
	RESEQUEDAD	SABOR	TEXTURA	
1				
2	No se observa	Bueno	Bueno	Buena
3	Poca	Bueno	Pierde	Buena
4	Notoria	Pierde sabor	Pierde	No aceptable

El periodo de vida de anaquel de la mantecada con trigo al aire libre fue de solo tres días, ya que en el cuarto día sus características sensoriales fueron muy malas pero sin presencia de hongos figura 6.



Figura 6. Mantecada sin trigo a los 3 días de evaluación al aire libre.

En el cuadro 9 se muestran las observaciones realizadas a mantecadas elaboradas con harina de trigo o comerciales, en lo cual es evidente que a partir del día tres la mantecada inicia la pérdida de cualidades como lo es la textura, para el cuarto día este producto ya no es aceptable, siendo este comportamiento muy similar al que se observó con la mantecada elaborada con la combinación de harinas libres de gluten.

Cuadro 9. Mantecada elaborada con harinas de trigo o comercial evaluación al aire libre.

DIA	COMENTARIOS			ACEPTACIÓN
	RESEQUEDAD	SABOR	TEXTURA	
1				
2	No se observa	Bueno	Bueno	Buena
3	Poca	Bueno	Pierde	Buena
4	Notoria	Pierde sabor	Pierde	No aceptable

El periodo de vida de anaquel de la mantecada con trigo al aire libre fue de solo tres días, ya que en el cuarto día sus características sensoriales fueron muy malas pero sin presencia de hongos figura 7.



Figura 7. Mantecada con harina de trigo a los tres días de evaluación al aire libre.

4.4.4. Evaluación en bolsa de plástico

Cuadro 10. Mantecada elaborada con la combinación de harinas libres de gluten en bolsa de plástico.

DIA	COMENTARIOS			ACEPTACIÓN
	Resequedad	Sabor	textura	
1				
2	No se observa	Bueno	Bueno	Bueno
3	No se observa	Bueno	Bueno	Bueno
4	No se observa	Bueno	Bueno	Bueno
5	No se observa	Bueno	Bueno	Bueno
6	No se observa	Bueno	Bueno	Bueno
7	No se observa	Bueno	Bueno	Bueno
8	No se observa	Bueno	Bueno	Bueno
9	No se observa	Bueno	Bueno	Bueno
10	No se observa	Bueno	Bueno	Bueno
11	No se observa	Bueno	Bueno	Bueno
12	No se observa	Bueno	Bueno	Bueno
13	No se observa	Bueno	Bueno	Bueno
14	No se observa	Bueno	Bueno	Bueno
15	No se observa	Bueno	Bueno	Bueno
16	No se observa	Bueno	Bueno	Bueno
17	No se observa	Bueno	Bueno	Bueno
18	No se observa	Bueno	Bueno	Bueno
19	No se observa	Bueno	Bueno	Bueno
20	No se observa	Bueno	Bueno	Bueno
21	No se observa	Bueno	Bueno	Bueno
22	No se observa	Bueno	Bueno	Bueno
23	No se observa	Bueno	Bueno	Bueno
24	No se observa	Bueno	Bueno	Bueno
25	No se observa	Bueno	Bueno	No aceptable

En el cuadro 10 se describe el periodo de vida de anaquel que presento la mantecada por más de 23 días con características sensoriales muy buenas, sin embargo se detectó la invasión fúngica, por tal motivo se determinó periodo de vida apto para el consumidor hasta el día que se menciona anteriormente, en figura 8 se puede apreciar la presencia de hongos.



Figura 8. Mantecada con harinas libre de gluten evaluada a los 25 días en bolsa de plástico.

En el cuadro 11 se observa que la mantecada en condiciones de almacenamiento en bolsa de plástico se conserva sin cambios hasta el día 10, transcurrido estos días se perciben cambios ligeros como lo es presencia de resequead aparente, cambios en sabor, al día 12 se pierde textura, y esto nos lleva a decir que la mantecada ya no es aceptable a los 13 días de almacenamientos en bolsa de plástico.

Cuadro 11. Mantecada con trigo o comercial en bolsa de plástico.

DIA	COMENTARIOS			ACEPTACIÓN
	Resequedad	Sabor	Textura	
1				
2	No se observa	Bueno	Bueno	Bueno
3	No se observa	Bueno	Bueno	Bueno
4	No se observa	Bueno	Bueno	Bueno
5	No se observa	Bueno	Bueno	Bueno
6	No se observa	Bueno	Bueno	Bueno
7	No se observa	Bueno	Bueno	Bueno
8	No se observa	Bueno	Bueno	Bueno
9	No se observa	Bueno	Bueno	Bueno
10	No se observa	Bueno	Bueno	Bueno
11	Poca	Pierde sabor	Bueno	Bueno
12	Poca	Pierde sabor	Pierde	Bueno
13	Poca	Pierde sabor	Pierde	No aceptable

La vida de anaquel de mantecadas con trigo en bolsa de plástico obtuvo un periodo muy corto, ya que además de perder textura, sabor y humedad presentó invasión fúngica claramente visible como se evidencia en la figura 9.



Figura 9. Mantecada con trigo evaluada a los 13 días en bolsa de plástico.

4.4.6. Evaluación en refrigeración

En el cuadro 12 se observa que la mantecada elaborada con trigo o comercial almacenada en refrigeración, se conserva sin cambios hasta el día siete, la resequead es ligeramente notoria a partir del día ocho, así como el cambio de textura en a partir del día siete, en el cual se indica que ya se perdió la textura inicial, sin embargo el sabor no se vio afectado hasta el día 24, lo que genera una mantecada ya no aceptable en base a la pérdida total de los tres atributos observados.

Cuadro 12. Mantecada con trigo o comercial almacenada en refrigeración.

DIA	COMENTARIOS			ACEPTACIÓN
	Resequead	Sabor	Textura	
1	No se observa	Bueno	Bueno	Bueno
2	No se observa	Bueno	Bueno	Bueno
3	No se observa	Bueno	Bueno	Bueno
4	No se observa	Bueno	Bueno	Bueno
5	No se observa	Bueno	Bueno	Bueno
6	No se observa	Bueno	Bueno	Bueno
7	No se observa	Bueno	Pierde	Bueno
8	Poca	Bueno	Pierde	Bueno
9	Poca	Bueno	Pierde	Bueno
10	Poca	Bueno	Pierde	Bueno
11	Poca	Bueno	Pierde	Bueno
12	Notoria	Bueno	Pierde	Bueno
13	Notoria	Bueno	Pierde	Bueno
14	Notoria	Bueno	Pierde	Bueno
15	Notoria	Bueno	Pierde	Bueno
16	Notoria	Bueno	Pierde	Bueno
17	Notoria	Bueno	Pierde	Bueno
18	Notoria	Bueno	Pierde	Bueno
19	Notoria	Bueno	Pierde	Bueno
20	Notoria	Bueno	Pierde	Bueno
21	Notoria	Bueno	Pierde	Bueno
22	Notoria	Bueno	Pierde	Bueno
23	Notoria	Bueno	Pierde	Bueno
24	Notoria	Bueno	Pierde	Bueno
25	Notoria	Pierde	Pierde	No aceptable

En la figura 11 se puede observar la mantecada elaborada con harinas de trigo o mantecada comercial después de 25 días de almacenamiento en refrigeración, presentando una apariencia aceptable, no se detectó invasión fúngica, sin embargo, pero perdió sabor humedad y textura.



Figura 10. Mantecada con trigo evaluada a los 25 días en refrigeración.

En el cuadro 13 se observa que la mantecada elaborada con la combinación de harinas libres de gluten almacenada en refrigeración, se conserva sin cambios hasta el día siete, para el caso de resequedad es ligeramente notoria a partir del día ocho, así como el cambio de textura en a partir del día siete, en el cual se indica que ya se perdió la textura inicial, sin embargo el sabor no se vio afectado hasta el día 24, lo que genera una mantecada ya no aceptable en base a la pérdida total de los tres atributos observados.

Tabla 13. Mantecada con la combinación de harinas libres de trigo almacenada en refrigeración.

DIA	COMENTARIOS			ACEPTACIÓN
	Resequedad	Sabor	Textura	
1	No se observa	Bueno	Bueno	Bueno
2	No se observa	Bueno	Bueno	Bueno
3	No se observa	Bueno	Bueno	Bueno
4	No se observa	Bueno	Bueno	Bueno
5	No se observa	Bueno	Bueno	Bueno
6	No se observa	Bueno	Bueno	Bueno
7	No se observa	Bueno	Pierde	Bueno
8	Poca	Bueno	Pierde	Bueno
9	Poca	Bueno	Pierde	Bueno
10	Poca	Bueno	Pierde	Bueno
11	Poca	Bueno	Pierde	Bueno
12	Notoria	Bueno	Pierde	Bueno
13	Notoria	Bueno	Pierde	Bueno
14	Notoria	Bueno	Pierde	Bueno
15	Notoria	Bueno	Pierde	Bueno
16	Notoria	Bueno	Pierde	Bueno
17	Notoria	Bueno	Pierde	Bueno
18	Notoria	Bueno	Pierde	Bueno
19	Notoria	Bueno	Pierde	Bueno
20	Notoria	Bueno	Pierde	Bueno
21	Notoria	Bueno	Pierde	Bueno
22	Notoria	Bueno	Pierde	Bueno
23	Notoria	Bueno	Pierde	Bueno
24	Notoria	Bueno	Pierde	Bueno
25	Notoria	Pierde	Pierde	No aceptable

El periodo de vida es igual al de la mantecada sin trigo, ya que perdió humedad, sabor, textura al día 25 de su evaluación, pero en ninguno de los dos casos se presentó invasión fúngica y el aspecto visual aún se mostraba atractivo.

En la figura 11 se observa la mantecada elaborada con la combinación de harinas libres de gluten en la cual no se presentó invasión fúngica ni mal aspecto.



Figura 11. Mantecada sin trigo evaluada a los 25 días en refrigeración.

5. Conclusiones

Es posible sustituir la harina de trigo por harinas libres de gluten (quínoa, tapioca, arroz, amaranto y maíz) en la industria de la panificación, obteniendo dos panes diferentes (panque y quequi) los cuales pueden ser consumidos por enfermos celíacos, siembargo se debe tener cuidado en el manejo de las harinas para evitar una posible contaminación cruzada.

La combinación de harinas libres de gluten nos permitió elaborar panques y quequis los cuales se obtuvieron características sensoriales parecidas a las de un quequi elaborado con harina de trigo y tiene un contenido nutrimental similar al quequi de trigo comercial, lo cual coloca al nuevo producto en los valores nutrimentales dentro de los rangos de la ingesta diaria recomendada (IDR).

La mantecada o quequi con harina libre de gluten presenta una vida de anaquel igual en las pruebas hechas al aire libre y refrigeración pero en la prueba hecha en bolsa de plástico tanto la mantecada con y sin gluten presento una vida de anaquel más larga. Por lo tanto el mejor método para vida de anaquel, es la bolsa de plástico ya que conserva las características sensoriales por más tiempo.

El uso de harinas libres de gluten en la elaboración de productos de panadería (panque y mantecada) permite generar un producto que fue aceptado por jueces consumidores.

6. Perspectivas

Realizar una evaluación sensorial con enfermos celíacos para ver si realmente el tipo de pan que se formuló y evaluó realmente es apto para los enfermos celíacos. Por otro lado recomiendo se hagan pruebas reológicas de la masa para ver ciertas características que se requieren para la industria de la panificación.

6. Bibliografía

- ACELMEX.** Síntomas de la enfermedad celiaca. Consultado el 25/09/2012 en línea. Disponible en <http://www.acelmex.org/la-enfermedad/sintomas>.
- Agrolanzarote.** Fichas técnicas de cultivo de Lanzarote. Consultado 3/11/012. En línea. Disponible en http://www.agrolanzarote.com/sites/default/files/Agrolanzarote/02Productos/documentos/agrolanzarote.ficha_garbanzo.pdf.
- Aleixandre, J.L.** 1996. Procesos de Elaboración de Alimentos. Ed. U.P.V., Valencia.
- Anzaldúa, Morales, A.** 1994. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Editorial Acribia S.A. Zaragoza España. 110 p.
- Arai S.** Functional food science in Japan: state of the art. *Biofactors* 2000;12(1-4):13-6.
- ASERCA.** De nuestra cosecha. Consultado el 26/09/2012. En línea. Disponible en <http://www.aserca.gob.mx/sicsa/claridades/revistas/043/ca043.pdf>.
- Ayala, G.,** Aporte de los Cultivos andinos a la Nutrición Humana. En Raíces Andinas: Contribuciones al conocimiento y a la capacitación. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú. p 101-112.
- Baile, L.H.** 1965. *Amaranthus* In: Standard Cyclopedia of Horticulture. Mac Millan I. New York.
- Bárcenas, P.,** Pérez de San Román, R.; Pérez Elortondo, F. J. and Albisu, M. 2001. Consumer preference structures for traditional Spanish cheeses and their relationship with sensory properties. *Food Quality and Preference*. 12 (4), 269-279.
- Bourgeois, C.M.;** Larpent, J.P. 1995. *Microbiología Alimentaria*. Ed. Acribia, Zaragoza.
- Castaño L, Blarduni E, Ortiz L, Núñez J, Bilbao JR, Rica I, et al.** Prospective population screening for celiac disease: High prevalence in the first 3 years of life. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 2004; 39: 80-4.
- Catassi, C.,** Rossini M, Rätsh IM, Bearzi I, Santinelli A, Castagnani R, et al. Dose dependent effects of protracted ingestion of small amounts of gliadin in coeliac disease children: a clinical and jejunal morphometric study. *Gut* 1993; 34: 1515-9.
- Ciclitira, P.,** Evans D, Fagg N, Lennox E, Dowling R. Clinical testing of gliadin fractions in coeliac patients. *Clin Sci* 1984; 66: 357-64.
- Clavel, R.;** *El sabor del pan, Molinería y Panadería.* (2001), <http://www.molineriaypanaderia.com/> técnica. Accedido: 24 de Abril (2009).

Codex-Alimentarius-Commission. Codex Standard. Joint FAO /WHO Food Standards Programme. Rome: WHO, 1981: 118.

Cueto Rúa EA, Nanfito G. Enfermedad Celíaca. 1. Nestlé Nutrición. Octubre 2002; 6 (6): 4-13.

Del castillo, Valeria, et al. Formulación de alimentos para celíacos con base en mezclas de harinas de quínoa, cereales y almidones. *ALAN v.59 n.3 Caracas sep.2009.*

Diplock AT, Aggett PJ, Ashweel M, Bornet F, Fern EB, Roberfroid M. Scientific concepts of functional foods in Europe consensus documents. *Br J Nutr* 1991;81:S1.

Encyclopedia of Chemical Technology, Wiley, New York, 1998

FAO. El maíz en la nutrición humana. Colección FAO: Alimentación y nutrición No. 25 ISBN 92-5-303013-5. Roma, Italia. 1993.

FAO. Reunión técnica y taller de formulación de proyecto regional sobre nutrición humana en base a cultivos andinos. Programa de cultivos andinos, Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, Provincia de Arequipa. Universidad Nacional del Altiplano, Provincia de Puno. Arequipa, Perú. 1998.

Fasano A, Catassi C. Current approaches to diagnosis and treatment of celiac disease: An evolving spectrum. *Gastroenterol* 2001; 120: 636-51.

Feine, Laurie. 1976. The cultivation and domestication of the grain amaranth and their possible use as future world crop. *Ethnoecology*. 405

Flores Candia., J. L., Metabolic Flux distribution, Modelling and Process Optimization of Xanthan Production, PhD Thesis, Fortschr.-Ber. VDI Reihe 17 Nr. 172, Dusseldorf, VDI Verlag, 1998

Fonolla, C., Asistencia al celiaco de México (publicación en línea). Febrero 2007. Se consigue en: URL: www.acelmex.org

Fontúrbel R.F., 2003. Problemática de la producción y comercialización de *Chenopodium quínoa* W. (*Chenopodiaceae*), debida a la presencia de las saponinas. *Ciencia Abierta*, cabierta.uchile.cl

Garcia, F., Santos V., Casas J., Xanthan Gum: Production, Recovery and Properties, *Biotechnology Advances* 18, 549-579, 2000.

Goggins M, Kelleher D. Celiac disease and other nutrient related injuries to the gastrointestinal tract. *Am J Gastroenterol* 1994; 89 (8 Suppl.): S2-17. [Links].

Green P and Cellier C. 2007. Celiac Disease. *N. Engl. J. Med.* 357:17. 1731 – 1743.

Grubben G.J.H. 1975. La culture De L" Amarante, Legume-Feuilles Tropical. Avec Reference Speciale au Sud-Dahomey. H. Veenman B.V. Wageningen-Neder-land. p. 29, 46.

- Gujral**, H., y C. Molina; *Improvement of the bread making quality of rice flour by glucose*. Food Research International. 37(1): 75–81 (2004).
- Hernandez-Munoz**, P., Kanavouras, A., Villalobos, R., Chiralt, A. 2004. Characterisation of biodegradable films obtained from cysteinemediated polymerized gliadins. Journal of Agricultural and Food Chemistry 52, 7897–7904.
- HR Green** P., Jones R., Celiac disease a hidden epidemic. 1st Edition. New York: Harper Collins Publishers; 2006 Dowd B, Walter-Smith J. Samuel Gee, Arteus, and The Coeliac Affectin. British Medical Journal 1947; 2: 45-7.
- Itani**, T., M. Tamaki, E. Arai y T. Horino; *Distribution of amylose, nitrogen, and minerals in rice kernels with various characters*, Journal of Agricultural and Food Chemistry 50, 5326–5332 (2002).
- Kent**, D. Amos J. *Química Moderna de los cereales*. 1era ediccion. Madrid España. 1956.802 p. Editorial Aguilar.
- López**, L., Dyner M., Vidueros A., Valencia M., 2010. Determinación del contenido de glíadinas en alimentos elaborados con amaranto, quínoa y/o chíá. Chil Nutr Vol. 37, Nº1.
- Lucas**, E.; *Elaboración de pan. Biotecnología de la fermentación*. (2008), <http://www.aldeaeeducativa.com/panificaciòn/elaboraciòndelpan.html>, Acceso: 04 de Abril(2009).
- Marco**, C., y C. Molina; *Mejora de la funcionalidad de proteínas de cereales libres de gluten: Aplicación en productos fermentados*, Tesis Doctoral. Universidad de Valencia, Valencia, España (2008).
- Méndez**, E., 2001. Problemas generales relacionados 7. con la analítica del gluten (II). Revista Transferencia de Tecnología. Revista 4. Disponible en: <http://www.madrimasd.org/revista/revista4/transferencia/transferencias.asp>. Consultado: noviembre de 2009.
- Meneghello**, J., Undurraga O. Síndrome celíaco. Rev. chil. Pediatr 1946; 17: 325-33. Steffe, J.; *Rheological methods in food process engineering*, 2nd Edition. 294–310, Freeman Press, Michigan, USA (1996).
- Montaldo**, L., Montilla J., Gunz T., Perez S., Reveron A. *La yuca o mandioca. 1era Ediccion*. San Jose, Costa Rica. 1979.386 p. Editorial IICA.
- Mujica**, A., IZQUIERDO J., MARATHEE J.P. (2001). Origen y descripción de la quinua. En *Quinua (Chenopodium quinoa Wild.)- Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro* (Mujica A., Jacobsen S.-E., Izquierdo J., Marathee J., Editores). FAO, UNA-Puno, CIP. Santiago, Chile, 9-29
- Nieto**, C, Vimos C, Monteros C, Caicedo C, Rivera C, Noriega A, Suquilanda M. Manual de producción de quinua del Ecuador. Editores Escuela Radiofónicas populares del Ecuador (ERPE), Gesellschaft für technische

zusammenarbeit (GTZ), Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), Instituto Nacional autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Quito, Ecuador. 2001.

Nieto, C., SORIA M. (1990). Investigación en posproducción de quinua en Ecuador. *Resúmenes seminario taller*. 4-4 junio, 1990. INIAP, UTA, CIID-CANADA. Quito, Ecuador.

Othmer D.F., Overberger C. G., Seaborg G. T. (ed.), Kirk-Othmer Concise

Paveley W., From Arataeus to Crosby: a History of coeliac disease. *British Medical Journal* 1988; 297: 24-31.

Pearsall, D. 1992. The origins of Plant Cultivation in South America. En *The Origins of Agriculture. An International Perspective* (Wesley Cowan C., Jo Watson P., Editores). Smithsonian Institution Press, Washington, London, 73-205.

Pedrosa, M., C., Airoidi y A. El-Dash; *Production of acidic extruded rice flour and its influence on the qualities of gluten-free bread*, *Food Science and Technology* 42(3): 618–623 (2009).

Pérez-Elortondo, F. J., Ojeda, M., Albisu, M., Salmerón, J., Etayo, I. and Molina M. (2007). Food quality certification: An approach for the development of accredited sensory evaluation methods. *Food Quality and Preference*, 18 (2), 425-439.

Potter, Norman., Hotchkiss H, Joseph. *Ciencia de los Alimentos*. 5ta edición. Zaragoza España. 2007. 667p. Editorial ACRIBIA, S.A.

Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. Subprograma XI. Tratamiento y Conservación de Alimentos. Red Iberoamericana de Alimentos para Regímenes Especiales. Guía Do Celiaco. Ríade-Portugal; 1995. pp 12-21.

Química Kirk-Othmer, Limusa, 1998, traducción española de: Mark H.F.,

Renzetti, S., y E. Arendt; *Effect of protease treatment on the baking quality of brown rice bread: From textural and rheological properties to biochemistry and microstructure*, *Journal of Cereal Science* 50(1): 22–28 (2009).

Repor-Carrasco, R., Espinoza., Jacobsen S-E. (2001). Valor nutricional y usos de la quinua (*Chenopodium quínoa*) y de la kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). En *Memorias, Primer Taller Internacional sobre Quinua- Recursos Genéticos y Sistemas de Producción* (Jacobsen S.-E., Portillo Z., Editores) , 10-14 May, UNALM, Lima, Perú, 391-400

Richaria, R.H. y Misro, B. (1962) *Evolutionary tendencies un rice base don genetic evidence*, *bull. Nat. Inst. of sciences of India*, Num. 19, 1962.

Riestra S, Fernandez E, Rodrigo L, García S, Ocio G. Prevalence of coeliac disease in the general population of northern Spain. Strategies of serologic screening. *Scand J Gastroenterol* 2000; 35: 398-402.

- Saavedra** JM, Bauman NA, Oung I, et al. Feeding *Bifidobacterium bifidum* and *Streptococcus thermophilus* to infant in hospital for prevention of diarrhoea and shedding of rotavirus. *Lancet* 1994;344: 1046-9.
- Sánchez**, H., R. González, C. Osella, R. Torres, y M. de la Torre; *Elaboración de pan sin gluten con harinas de arroz extruidas*, *Revista Ciencia y Tecnología Alimentaria* 6(2): 109-116 (2008).
- Sauer**, J.D. 1950^a. *Amaranthus* as dye plants among the pueblo peoples. *Southwest Journal of Anthropology*, 6:412-415.
- Serna**, S. *Almacenamiento e industrialización de los cereales*. 1era Edición. Madrid España. 2001. 521 P. AGT EDITOR S.A.
- Serna**, S. *Manufactura y control de calidad de productos basados en cereales*. 1era Edición. DF, Mexico. 2003. 340 p. AGT EDITOR S.A.
- Shan** L, Molberg O, Parrot I, Hausch F, Filiz F, Gray GM, et al. Structural basis for gluten intolerance in celiac sprue. *Science* 2002; 297: 2275-9.
- SIAP**. Consultado el 3/10/2012. En línea. Disponible en <http://www.siap.gob.mx/opt/123/75/74.html>.
- SIAP**. El amaranto. Consultado el 26/09/2012 en línea. Disponible en <http://w4.siap.sagarpa.gob.mx/AppEstado/monografias/Cereales/Amaranto.html>
- SIAP**. El arroz. Consultado el 29/09/2012. En línea. Disponible en <http://w4.siap.sagarpa.gob.mx/AppEstado/monografias/Cereales/ArrozPa.html>
- SIAP**. El Maíz. Consultado el 26/09/2012 en línea. Disponible en <http://w4.siap.sagarpa.gob.mx/AppEstado/monografias/Cereales/Amaranto.html>
- SIAP**. La yuca o mandioca. Consultado el 3/10/2012. En línea. Disponible en <http://w4.siap.gob.mx/AppEstado/Monografias/Forrajes/Yuca.html>.
- Slodki**, M. E., Polisacáridos Microbianos, en *Enciclopedia de Tecnología*
- Tapia**, M., Morón, C., Valor Nutritivo de los Cultivos Andinos Subexplotados. En: *Cultivos Andinos Subexplotados y su aporte a la alimentación*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Oficina Regional para América Latina y el Caribe; 1990. p.112-134.
- Tejada**, L., Abellán, A., Cayuela, J.M., Martínez-Cacha, A. (2006). Sensorial characteristics during ripening of the murcia al vino goat's milk cheese: the effect of the type of coagulant used and the size of the cheese. *Journal of Sensory Studies* 21 (3), 333–347.

Thomas, P.R.; Eart, R. (1994). Enhancing the food supply. En *Opportunities in the Nutrition and Food Sciences*: 98-142, Washington, D.C, National Academy Press.

Torres, Saura V., Grande Beltrán E. Del Castillo Quesada, *et al.* 2011. Procesos de panificación en la industria alimentaria Hig. Sanid. Ambient. 11: 739-745

Van, Overbeek FM, Uil-Dieterman I, Mol IW, Köhler- Brands L, Heymans H, Mulder CJJ. The daily gluten intake in relatives of patients with celiac disease compared with that of the general Dutch population. *Eur J Gastroenterol Hepatol* 1997; 9: 1097-9

Velupillai, S., K. Nithyanantharajah, S. Vasantharuba, S. Balakumar y V. Arasaratnam; *Optimization of Bread Preparation from Wheat Flour and Malted Rice Flour*. *Rice Science*, 17(1):51-59 (2010).

Wittig, P. E., Curia, A., Calderón, S., López, L., Fuenzalida, R., Hough, G. 2005. Un estudio transcultural de yogurt batido de fresa: aceptabilidad con consumidores versus calidad sensorial con paneles entrenados. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 55 (1), 77-85.

Xu, Y. (2001). Perspectives on the 21st. century development of functional foods: bringing Chinese medicinal diet and functional foods. *International Journal of Food Science and Technology*, 36: 229-242.

ANEXOS

Cuadro 1 de Tukey. Factores por los que debe multiplicarse el intervalo de variación para calcular la diferencia significativa total.

NIVEL DE SIGNIFICANCIA: 5%								
Replicados	Número de tratamientos							
	2	3	4	5	6	7	8	9
2	3.43	2.37	1.78	1.40	1.16	1.00	0.67	0.78
3	1.91	1.44	1.13	0.94	0.80	0.70	0.62	0.56
4	1.63	1.25	1.01	0.84	0.72	0.63	0.57	0.51
5	1.53	1.19	0.96	0.81	0.70	0.61	0.55	0.50
6	1.50	1.18	0.95	0.80	0.69	0.61	0.55	0.49
7	1.49	1.17	0.95	0.80	0.69	0.61	0.55	0.50
8	1.49	1.17	0.96	0.81	0.70	0.62	0.55	0.50
9	1.50	1.18	0.97	0.82	0.71	0.62	0.56	0.51
10	1.52	1.20	0.98	0.83	0.72	0.63	0.57	0.52
11	1.54	1.27	0.99	0.84	0.73	0.64	0.58	0.52
12	1.56	1.23	1.00	0.85	0.74	0.65	0.59	0.53
13	1.58	1.25	1.02	0.86	0.75	0.66	0.59	0.54
14	1.60	1.26	1.03	0.87	0.76	0.67	0.60	0.55
15	1.62	1.28	1.05	0.89	0.77	0.68	0.61	0.56
16	1.64	1.30	1.06	0.90	0.78	0.69	0.62	0.56
17	1.66	1.31	1.08	0.91	0.79	0.70	0.63	0.57
18	1.68	1.33	1.09	0.92	0.80	0.71	0.64	0.58
19	1.70	1.34	1.10	0.93	0.81	0.72	0.65	0.59
20	1.72	1.36	1.11	0.93	0.82	0.73	0.65	0.59