



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Filosofía
Licenciatura en Gastronomía

**FORMULACIÓN DE PRODUCTOS A PARTIR DE HARINA NIXTAMALIZADA,
ENRIQUECIDA CON FRIJOL Y NOPAL**

Opción de titulación

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el Grado de
Licenciado en Gastronomía

Presenta:

César Octavio Puentes Suárez

Dirigido por:

Dra. Margarita Contreras Padilla

Dra. Margarita Contreras Padilla
Presidente

Dr. José Antonio Arvizu Valencia
Secretario

M. en C. María de Lourdes Kuri Flores
Vocal

M. en H. Rosa María Martínez Pérez
Suplente

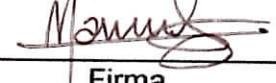
M. en N. María Eugenia Barbosa Ortega
Suplente


Firma


Firma


Firma


Firma


Firma

DEDICATORIAS

A *DIOS*, por haberme permitido llegar hasta este momento y haberme dado salud para lograr este objetivo, por no abandonarme en mis momentos de tristeza, darme su Fe para seguir adelante en cada instante de mi vida.

A mi *MADRE* y a mi *PADRE*, por mostrarme su apoyo incondicional, cariño, y seguir adelante durante la carrera y verme terminar este proyecto, a ustedes debo este logro.

A mi *ESPOSA AZUCENA* y mi ***HIJA MARIA REGINA***, gracias por inyectarme las ganas y energía para salir adelante, por prepararme el desayuno para poder irme a la Universidad a seguir capacitándome y verme concluir este proyecto. Las AMO MUCHO. A mi ***HIJO JOSE ANGEL***, que me hace falta en este momento tan dichoso para mí y la familia, te mando Besos y Abrazos hasta el Cielo, ***TE AMO HIJO.***

A mis hermanos José Edgar y Adrián Gonzalo, por apoyarme en cada momento para verme llegar hasta este momento, gracias hermanos porque sin su apoyo no lo hubiera logrado.

Gracias a mis Tías, Guadalupe y Marthita, mis comadres y guías de nuestra pequeña REGINA, gracias por su apoyo y a sus esposos también muchas gracias.

A mí cuñada Claudia, y mis sobrinas, MARIA ANDREA y MARIA PAULA. Las Quiero Mucho.

A todos mis maestros, que fueron apoyo durante mi vida universitaria, gracias por sus consejos, por compartir sus conocimientos a todos de cada uno de ustedes muchas gracias, en especial a la *Mtra. Alejandra Nivón Pellón*, por la invitación para el desarrollo de este proyecto, a mi Directora de Proyecto, Dra. Margarita Contreras Padilla, por no soltarme y seguir apoyándome para llegar hasta aquí, al Dr. Gilberto Herrera Ruiz, por todas las facilidades dadas en la Universidad.

Son tantos que me han ayudado a llegar aquí, a todos ustedes, Muchas Gracias.

AGRADECIMIENTOS

Dra. Ma. Guadalupe Flavia Loarca Piña, directora de Investigación y Posgrado UAQ por su apoyo para concluir este proyecto.

Liceth Cuéllar Núñez estudiante de doctorado del DIPA quien colaboró con los análisis bromatológicos del producto.

Dr. Mario E. Rodríguez García, investigador del CFATA, por su colaboración en el proyecto.

A la MDI. Martha Lucia Saavedra Rivera, a Christian Monroy Martínez, a Ramiro Baruc Vega Aguilar, por el apoyo en la imagen del producto y en la elaboración de FocusGroup, Gracias.

A la Chef Catalina Gómez, por regalarme parte de su tiempo y consejos para las mejoras del producto.

RESUMEN

La presente investigación se realizó en la Universidad Autónoma de Querétaro, con el objetivo de diseñar un alimento fortificado de la canasta básica para ayudar a combatir los problemas nutricionales que se tienen en la dieta actual en el país. Se eligió la tortilla por ser un alimento indispensable en la comida mexicana desde la época precolombina, se decidió fortificar este alimento con nopal y frijol para incrementar su contenido de fibra dietaria, que de acuerdo con las estadísticas actuales, el consumo de este nutrimento se encuentra muy por debajo del mínimo recomendado. Se utilizó la metodología del Design Thinking, la cual favoreció un mayor acercamiento con el usuario para conocer las características esenciales que el producto debe tener para lograr ser competitivo en el mercado. Se realizaron varios prototipos para encontrar la proporción ideal en que los dos ingredientes extras se podían incorporar sin que alteraran de forma significativa el sabor original de la tortilla y sus características, pero que a su vez mejoraran la composición nutrimental. El producto se empacó con sellado al vacío para alargar su vida de anaquel. Se realizaron pruebas de validación como: evaluación sensorial, encuestas y Focus Group; las cuales indicaron que el producto tuvo una alta aceptación general. Por otro lado, los análisis bromatológicos muestran un contenido de minerales alto sobre todo en calcio y también se logró incrementar el contenido de fibra dietaria, con lo que se cumple el objetivo principal del proyecto de desarrollar una tortilla con buenas propiedades sensoriales y con un contenido nutrimental mejorado.

SUMMARY

This research was carried out at the Universidad Autónoma de Querétaro, with the objective of designing a fortified food for the basic mexican diet to help combat the nutritional problems that are present in the current diet of the country. The tortilla was chosen as it is an essential food in the mexican diet since pre-Columbian times; it was determined to fortify this food with nopal and beans to increase its dietary fiber content, which according to current statistics, the consumption of this nutrient is found to be way below the recommended minimum. The methodology of DesignThinking was used, which favored a closer approach with the user to know the essential characteristics that the product should have to be competitive in the market. Several prototypes were made to find the ideal proportion in which the two extra ingredients could be incorporated without considerably altering the original taste of the tortilla and its characteristics, but at the same time improving the nutritional composition. The product was packed within a vacuum seal package to extend its shelf life. Validation tests were performed such as: sensory evaluations, surveys and focus groups; these indicated that the product had a high level of acceptance. On the other hand, the bromatological analysis showed a high content of minerals, especially calcium, and it was also achieved the increase of the dietary fiber content, which met the main objective of the project of developing a tortilla with good sensorial properties and with an improved nutritional content.

TABLA DE CONTENIDOS

1. Introducción	11
2. Antecedentes.....	13
2.1 Maíz	13
2.1.1 Morfología.....	14
2.1.2 Variedades.....	15
2.1.3 Importancia económica.....	17
2.1.4 Beneficios nutrimentales del maíz y nixtamalización	20
2.2 El nopal	20
2.2.1 Morfología.....	21
2.2.2 Variedades.....	24
2.2.3 Importancia económica.....	24
2.2.4 Beneficios nutrimentales.....	25
2.3. El frijol	26
2.3.1 Morfología.....	27
2.3.2 Variedades.....	28
2.3.3 Importancia económica.....	29
2.3.4 Beneficios nutrimentales.....	30
2.4 Obesidad.....	31
2.4.1 Obesidad en México	32
2.4.2 Problemas de salud generados por la obesidad.....	32
2.4.2.1 Enfermedad coronaria y dislipidemia.....	33
2.4.2.2 Obesidad y diabetes mellitus tipo 2	33
2.4.2.3 Hipertensión arterial	33
2.4.2.4 Enfermedad cerebro vascular.....	34
2.5 Descripción del problema.....	34
2.6 Justificación	36
3. Metodología.....	38
3.1 Hipótesis	38
3.2 Objetivos	38
3.2.1 General	38

3.2.2 Específicos	38
3.3 Metodología	39
3.3.1 Empatizar.....	40
3.3.2 Definir	40
3.3.3 Idear.....	40
3.3.4 Prototipos.....	41
3.3.5 Probar	41
3.4 Materiales utilizados.....	41
3.4.1 Maíz	41
3.4.2 Nopal	41
3.4.3 Frijol	41
3.5 Elaboración de la tortilla.....	42
3.6 Diseño del empaque	42
3.7 Evaluación sensorial	43
3.8 Entrevistas	43
3.9 Evaluación sensorial y <i>focus group</i> producto final	44
3.10 Evaluación bromatológica	45
3.10.1 Preparación de la muestra.....	45
3.10.2 Análisis proximal	45
3.10.2.1 Determinación de humedad (método 925.09b)	45
3.10.2.2 Determinación de proteínas (método 954.01)	45
3.10.2.3 Determinación del extracto etéreo (método 920.39).....	46
3.10.2.4 Determinación de cenizas (método 923.03)	46
3.10.2.5 Determinación de carbohidratos.....	47
3.10.3 Determinación de actividad de agua.....	47
3.10.4 Análisis estadístico	47
4. Resultados	48
4.1 Empatizar	48
4.1.1 Estudio de mercado	48
4.2 Definir.....	49
4.2.1 Lista de requerimientos.....	49

4.3 Idear.....	50
4.3.1 Prototipos.....	50
4.3.1.1 Procedimientos.....	50
4.3.2 Posibles fórmulas (prototipos del producto).....	53
4.3.3 Posibles presentaciones y empaque	54
4.4 Pruebas de validación del producto	55
4.4.1 Análisis sensorial	55
4.4.2 Encuestas	57
4.4.3 Grupo de enfoque	58
4.4.4 Entrevistas	59
4.4.5 Análisis bromatológicos y fisicoquímicos	59
4.4.5.1 Humedad	59
4.4.5.2 Análisis proximal.....	60
4.5 Pruebas de vida de anaquel	61
5. Conclusiones.....	63
6 Referencias	64
7 Anexo A.....	69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Principales razas de maíz.....	16
Tabla 2	Principales productores de nopal en el país.....	25
Tabla 3	Principales productores de frijol en el país.....	29
Tabla 4	Estudio de mercado de las tortillas en venta en tiendas de conveniencia.....	48
Tabla 5	Lista de requerimientos y deseos.....	49
Tabla 6	Fórmula al 4% de harina de nopal.....	53
Tabla 7	Fórmula al 10% de harina de nopal.....	53
Tabla 8	Reformulación.....	54
Tabla 9	Contenido de actividad de agua en la tortilla.....	59
Tabla 10	Contenido de cenizas, grasa, proteína y carbohidratos de las tortillas.....	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Planta de maíz y sus partes de la planta.....	15
Figura 2	Proceso tradicional de nixtamalización.....	19
Figura 3	Planta de nopal.....	23
Figura 4	Frijol negro.....	28
Figura 5	Etapas del proyecto.....	39
Figura 6	Fases del DesignThinking.....	40
Figura 7	Descripción del proceso de elaboración de las tortillas tradicionales.....	42
Figura 8	Masa en batidora.....	50
Figura 9	Adición de agua.....	51
Figura 10	Masa final.....	51
Figura 11	Porciones de la masa.....	52
Figura 12	Cocción de tortilla.....	52
Figura 13	Presentación final del empaque.....	55
Figura 14	Nivel de aceptación del producto.....	56
Figura 15	Estadística de las personas encuestadas de acuerdo al sexo.....	57
Figura 16	Muestra de vida de anaquel con empaque después de 50 días.....	62

1. Introducción

México se encuentra dentro de los dos primeros lugares de prevalencia de obesidad en adultos a nivel mundial. En la población infantil, México ocupa el cuarto lugar de prevalencia mundial de obesidad. Se estima que la obesidad es responsable del 1 al 3 % del total de los gastos de atención médica en la mayoría de los países. En el país se estima que la atención de enfermedades derivadas por la obesidad y el sobrepeso, tiene un costo anual aproximado de 3 mil 500 millones de dólares. Las principales consecuencias atribuibles al sobrepeso y la obesidad son: enfermedades cardiovasculares, enfermedades cerebro vasculares, hipertensión, algunos tipos de cáncer, diabetes mellitus tipo 2 entre otras. (Dávila-Torres, *et al.*, 2015)

El consumo de fibra dietética está relacionado con el control de peso corporal, debido a que esta fibra es útil en la disminución de la densidad energética de los alimentos, por lo que resulta un ingrediente idóneo para aquellos productos diseñados para la reducción de peso. Varios estudios han demostrado el incremento de la saciedad y una disminución en el apetito con dietas altas en fibra. (Almeidia y Aguilar, 2014).

El maíz (*Zea mays*) principal ingrediente de las tortillas, es originario de México, lugar donde se han encontrado los vestigios más antiguos de esta planta; es por ello que, se considera la base de la alimentación de los mexicanos, y existe una gran cultura a su alrededor. (Ortas, 2008).

La tortilla de maíz, el símbolo más antiguo de la cultura gastronómica mexicana, surgió en Mesoamérica hacia el 505 a.C. (Winter, 2004).

Existe además una gran variedad de platillos mexicanos en los cuales es necesaria la tortilla, y es un alimento rico en calcio y alto en carbohidratos. (México Produce, 2012).

El nopal (*Opuntia ficus-indica*) y el frijol (*Phaseolus vulgaris*) son productos agrícolas íntimamente relacionado con las culturas mesoamericanas desde su

origen. El valor nutritivo del nopal radica en su aporte de calcio, hierro, vitaminas A y B, potasio y fibra dietética, (Hernández, *et al.*, 2010). Por otro lado, las propiedades nutritivas que posee el frijol están vinculadas con su alto contenido proteico, y en menor medida, a su aportación de carbohidratos, fibra, vitaminas y minerales como calcio, hierro fósforo y magnesio. (Ulloa, *et al.*, 2011).

De acuerdo a las propiedades nutricionales reportadas del nopal y del frijol, este trabajo propone el desarrollo de una tortilla fortificada con harina de nopal y frijol, sin modificar las características principales de la tortilla tradicional, que de esta forma incrementa el nivel de fibra y proteína presente en uno de los alimentos más importantes para la población mexicana.

2. Antecedentes

Como se señaló antes, la tortilla de maíz se originó en Mesoamérica basándose en evidencias encontradas en el estado de Oaxaca, sobre unas planchas de arcilla, por lo que se considera que su consumo comenzó a finales del periodo que se conoce como etapa de villas o pueblos (Winter, 2004).

Bernardino de Sahagún, en su *Historia general de las cosas de la Nueva España*, establece la importancia de las tortillas para la cultura mesoamericana, y menciona diferentes tipos de éstas. Las conocidas como *totonquitlaxcallitlacuelpacholli*, eran las que comían cada día los señores, tenían un aspecto blanco, se colocaban dentro de un *chiquihuitl*¹ y se tapaban con un paño blanco. También estaban las *ueitlaxcalli* (tortilla grande) las cuales eran muy blancas y grandes, anchas y blandas. (Mazzeto y Moragas, 2015).

En el país es muy común encontrar tortillerías en cualquier lugar, los mexicanos consideran una comida completa solo si hay tortillas. Existe una gran variedad de platillos mexicanos en los cuales es necesaria la tortilla, ejemplo de ello son las flautas, las enchiladas, los tacos etc. (México Produce, 2012). El consumo actual per cápita es de 297 kilogramos. (SAGARPA, 2016).

2.1 Maíz

El principal ingrediente de las tortillas en México es el maíz (*Zea mays*). La domesticación de este cereal inició aproximadamente hace 10,000 años, con lo cual se volvió el elemento principal en la dieta de las culturas mesoamericanas, y tomó un papel principal dentro del comercio. En 2500 a.C., se comenzó la expansión por toda América, generándose una red de comercio con las diferentes especies de maíz. (Jiménez, Arámbula y Aparicio, 2012).

¹El chiquihuite, un cesto o canasto de mimbre.

2.1.1 Morfología

Las raíces son robustas, fasciculadas (elementos agrupados en pequeñas “s”) cuya función, además de proveer de alimento a la planta, es el anclaje de la misma y se refuerza con raíces adventicias. (Genetic Science Learning Center, 2012).

Su tallo tiene un aspecto de caña, es erecto y de una elevada longitud, puede alcanzar hasta los 4 metros de altura es robusto y sin ramificaciones. (Ortas, 2008).

Las hojas son largas, afiladas, de gran tamaño, lanceoladas, alternas, paralelinervias (nervios paralelos); se encuentran abrazadas al tallo y por él se presentan vellosidades. (Genetic Science Learning Center, 2012).

Su inflorescencia es monoica, de flores unisexuales. Las flores masculinas son de color verde, con forma de espiga alargada, de donde sale el polen que fecundará las flores del otro sexo, en tanto que las femeninas (mazorcas) son espigas de forma cilíndrica que consisten de un raquis central u olote donde se insertan las espiguillas por pares. (Gibson y Benson, 2002).

El maíz requiere una temperatura de 25° C a 30°C, así como bastante incidencia de luz solar. Para alcanzar la germinación en la semilla la temperatura debe oscilar entre 15 y 20° C. Es un cultivo exigente en agua (5 mm al día), sus necesidades hídricas van variando a lo largo del cultivo. Se adapta muy bien a todos los tipos de suelo, pero suelos con pH entre 6 a 7 son a los que mejor se adapta. (Jiménez, Arambula y Aparicio, 2012).

Su cosecha a grandes escalas es de recolección mecanizada en donde se obtiene una cosecha limpia y sin pérdidas de grano. Para las mazorcas, se utilizan las cosechadoras de remolque o bien las cosechadoras con tanque incorporado que arrancan la mazorca del tallo. Previamente las mazorcas se secan con aire caliente y pasan por un mecanismo desgranador, y una vez extraídos los granos se vuelven a secar para eliminar el resto de humedad. Las cosechadoras disponen de un cabezal por donde se recogen las mazorcas y un dispositivo de trilla que

separa el grano de la mazorca, con lo que se obtiene un grano más limpio. Los factores que determinan los niveles de rentabilidad del cultivo son: la disponibilidad de agua para riego y el uso del paquete tecnológico completo, que está en función de la disponibilidad de recursos económicos por parte de los productores. (Ortas, 2008).

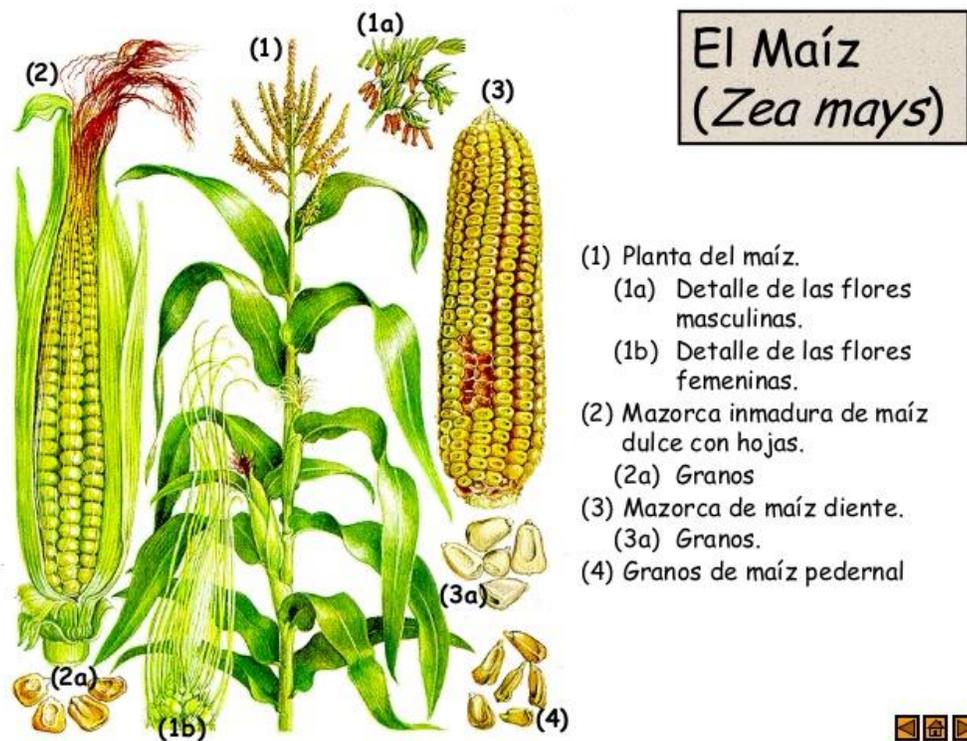


Figura 1. Planta de maíz y sus partes de la planta.

2.1.2 Variedades

Existe una gran variedad de tipos de maíz. Alrededor del año 1492 se dijo que la variabilidad del maíz podría ser comparada con la del género humano y se propuso una clasificación racial basada en el conocimiento de las relaciones naturales entre la gran variabilidad del maíz existente. (Paredes, Guevara y Bello, 2006).

En este contexto, al clasificar por raza las variedades del maíz, la palabra raza debe entenderse como “conjunto de individuos con el número suficiente de

características comunes que permitan su identificación como grupo”. (Paredes, Guevara y Bello, 2006).

Los grupos de razas se encuentran perfectamente separados desde el punto de vista morfológico, y dentro de cada uno de estos grupos, hay subgrupos de razas que están mucho más relacionados entre sí, inclusive dentro de un mismo grupo.

Las principales razas son:

Tabla 1. Principales razas de maíz. (Biodiversidad mexicana. 2012).

Raza de maíz	Características
Chapalote	Su mazorca es larga, se caracteriza por su uso debido a que sus granos son ideales para palomitas, pinole y esquites.
Cónico	Su mazorca es cónica o piramidal, números altos de hileras de granos, pueden ser harinoso o palomero.
Grupo Maduración Tardía	Es de plantas tardías, de mazorca larga y dentado ancho.
Sierra de Chihuahua	Presenta plantas pequeñas, con floración temprana, mazorca larga y granos largos.
Grupo Hileras Ocho	Se caracteriza por su grano arenoso, se utiliza normalmente para forraje, sus mazorcas pueden variar de tamaño.
Grupo Tropicales precoces	Sus características agronómicas son de utilidad para el mejoramiento genético.
Grupo Dentados Tropicales	Son plantas de altura, de alta floración, de mazorcas medianas y dentado espeso.

Gracias a esta gran variedad de maíces nativos o criollos, los agricultores se permiten seleccionar el grano que mejor se adapte a las necesidades de clima y producción. Sin embargo, la importancia en calidad de la tortilla es un factor que ha propiciado que algunas variedades criollas no puedan ser desplazadas, por encima de los criterios de productividad y rentabilidad. (López, 2014).

2.1.3 Importancia económica

El maíz es el tercer cultivo sembrado a nivel mundial, tiene importancia económica, como alimento humano, animal y como materia prima de un gran número de productos industriales (Paliwal y Granados, 2001). El consumo de maíz en forma de tortilla, como ya se señaló, es uno de los principales componentes de la dieta del pueblo mexicano.

En 2015 el consumo de tortilla era alrededor de 85 kg per cápita, y de acuerdo al grupo Gruma, el consumo de este alimento ha ido en aumento, pues en el año 2000 el consumo era apenas de 72.1kg, como consecuencia de la eliminación del subsidio a la tortilla en los años noventas. (Economista, 2016). A principios de la década de 1980, el subsidio representaba 30% del precio del grano, pero este porcentaje se redujo a 3% una década más tarde (Appendini, 2001)²

En las zonas rurales de México la tortilla representa por lo menos el 65% del total de los alimentos consumidos mientras que en las zonas urbanas representa el 58% (Paredes, Guevara y Bello, 2006).

Para la elaboración de las tortillas se realiza el proceso de nixtamalización (ver figura 2). (*Náhuatl*; *nixtli*=cenizas y *tamalli*=masa), es un proceso que se ha transmitido por generaciones en Mesoamérica. En México todavía se utiliza esta técnica como en la época prehispánica: el maíz nixtamalizado era molido en un metate para producir la masa con la que se formaban a mano discos que luego eran cocidos en un comal de barro. El producto resultante era llamado tlaxcalli por

² Citado en el libro *La economía del campo mexicano. Tendencias y retos para su desarrollo*, de Yúnezet al., coordinadores

los aztecas y posteriormente fue nombrado tortilla por los españoles. (Paredes, Guevara y Bello, 2006).

El proceso tradicional de la nixtamalización se inicia con la adición de dos partes de una solución de cal al 1% aproximadamente a una parte de maíz. Esta preparación se debe cocer de 50 a 90 minutos. Después el maíz se deja remojando en el agua en donde se realizó la cocción de 14 a 18 horas. Posterior al remojo, el agua de cocción, que se conoce como nejayote, se desecha y el maíz se lava dos o tres veces con agua sin retirar el pericarpio ni el germen del maíz. (Vázquez, *et al.*, 2014).

El aumento nutritivo por la nixtamalización se deriva de la cocción alcalina y el remojo, el cual provoca la disolución e hinchamiento de las capas del pericarpio, haciendo que las paredes celulares y los componentes de la fibra dietaria de esta parte del grano se vuelvan frágiles disminuyendo así la fibra dietaria insoluble y aumentando la fibra dietaria soluble de un 0.9% a 1.3% en la masa, y a 1.7% en la tortilla, (Paredes, Guevara y Bello, 2008), además hay aumento de calcio en el grano debido a la presencia del hidróxido de calcio del cual migra este mineral hacia el maíz durante la nixtamalización. (Valderrama, *et al.*, 2010).

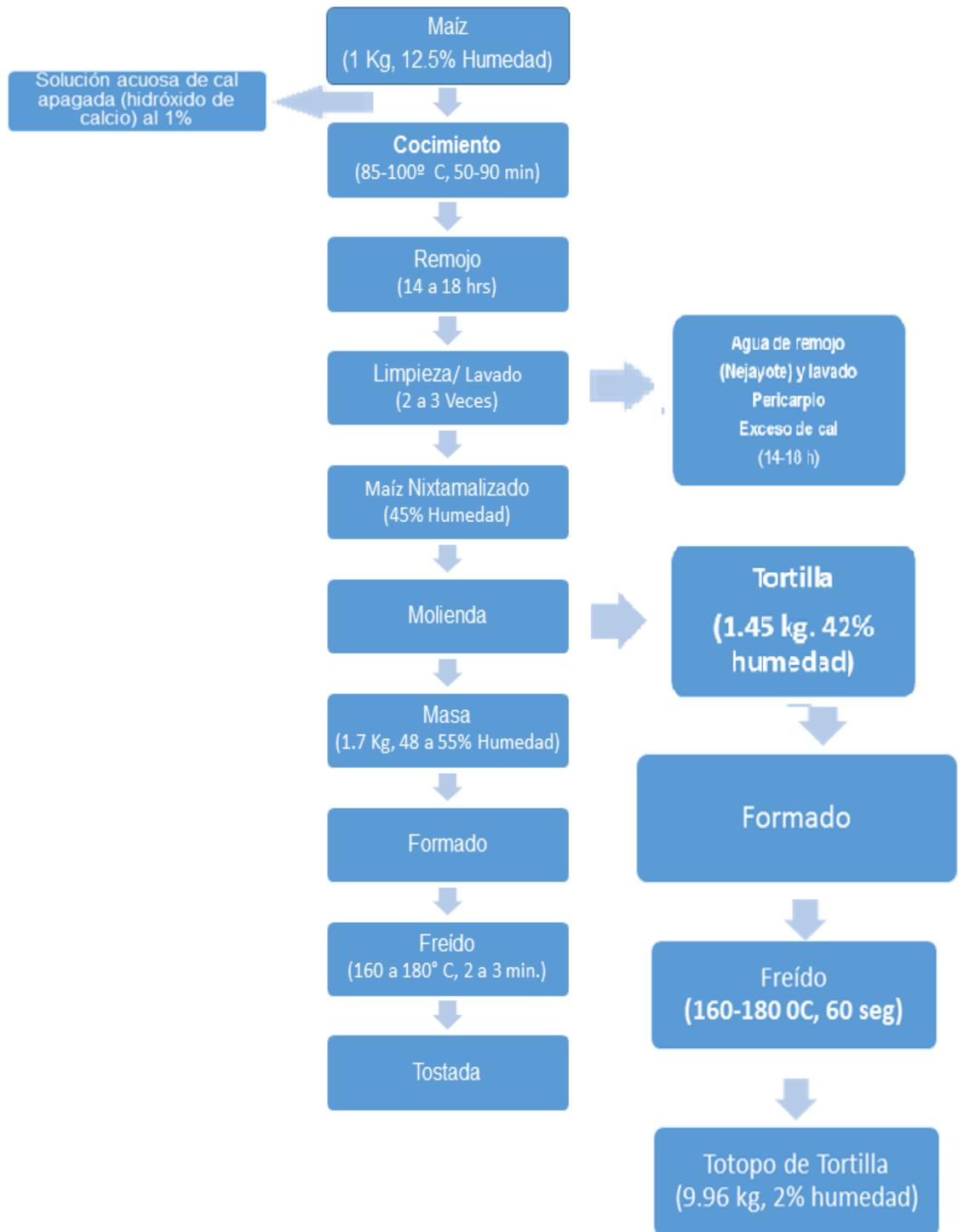


Figura 2. Proceso tradicional de nixtamalización, Fuente Paredes, Guevara y Bello, 2008.

2.1.4 Beneficios nutrimentales del maíz y nixtamalización

Los componentes se ven afectados de acuerdo a la raza y al clima, así como al suelo en donde se cultiva. En promedio el maíz contiene un 10% de proteína, la cual su mayor parte se ubica en el germen, mientras que el endospermo y el pedicelo llegan a tener hasta un 9%. La calidad del maíz se define en buena parte por la cantidad de sus proteínas (Paredes, Guevara, & Bello, 2006).

El contenido de lípidos es alrededor de un 5% y se ubica en el germen. Los lípidos del grano de maíz disminuyen en forma importante hasta un 6.4% en tortillas de maíz amarillo y hasta un 26% en tortilla de maíz blanco. Estas pérdidas no se han explicado del todo, sin embargo puede deberse a la pérdida del pericarpio del pedicelo o probablemente a la pérdida parcial o total del germen en donde se localiza la mayoría de los lípidos del grano (Mazzeto y Moragas, 2015).

El contenido vitamínico es variable, la cocción alcalina y la producción de la tortilla provocan en las vitaminas una pérdida. Se sabe que cuando el maíz amarillo se somete a la nixtamalización pierde 15-28% de su contenido de caroteno. La tiamina (vitamina B1), que en promedio está presente en el maíz en un nivel de 0.7 miligramos por 100 gramos de materia seca, se reduce hasta en un 60%, mientras que la riboflavina (vitamina B2) se pierde en un 70%: Sin embargo la niacina (vitamina B3), durante el proceso de nixtamalización, es liberada de su forma ligada de los granos del maíz permitiendo una mejor absorción de la misma. (Bressani, 1995.)

2.2 El nopal

Su historia y origen se encuentran íntimamente relacionados con las culturas mesoamericanas, principalmente con la azteca. De acuerdo a evidencias arqueológicas, se puede afirmar que el cultivo formal de esta planta comenzó gracias a las culturas asentadas en las zonas semiáridas de Mesoamérica (Sáenz, *et al.*, 2006).

Se cree que en los muestrarios de plantas y animales de la nueva tierra que fueron llevados a España por Cristóbal Colón, se incluyeron nopales y otras

cactáceas como muestras exóticas de la flora del Nuevo Mundo (Sáenz, *et al.*, 2006).

El nopal, en unión del maíz y el maguey, se han considerado como la base de una agricultura estable entre los antiguos mexicanos. Oviedo en 1535, cita el caso de algunos nativos que comúnmente se alimentaban de los frutos de tuna, emigraban en su busca recorriendo de 1 a 2 meses, hasta que terminaba la fructificación, de modo que no es raro que en estos recorridos se llegaran a fundar pueblos en donde abundaba el nopal, cuyos frutos eran muy solicitados (Sáenz, *et al.*, 2006).

También Bernardino de Sahagún en su libro *Historia General de la Nueva España* habla sobre el nopal y su costumbre de consumo: “Hay unos árboles en esta tierra que se llaman *nopalli*, quiere decir tunal, o árbol que lleva tunas; es monstruoso este árbol...” (Mazzeto y Moragas, 2015).

El género *Opuntia* debe su nombre a un pueblo antiguo de Grecia llamado Opus u Opuncia, de la región de Leócrida, Beocia, donde se dice que crecía una planta similar a las cactáceas. Las principales partes de los nopales para el consumo humano son: el cladodio, la tuna y el xoconostle.

2.2.1 Morfología

Sus raíces son semejantes a las de otras dicotiledóneas, tienen ciertas peculiaridades. Por su forma, son raíces típicas o pivotantes con ejes primarios que sirven para fijar a la planta. Por lo general son gruesas, de tamaño y ancho variables; en general, su tamaño es proporcional al tamaño del tallo o de la parte aérea (Gutiérrez, León y Cervantes, 2012).

Otras características de la raíz es la ausencia de pelos absorbentes mientras el medio edáfico (suelo) se encuentre con escasa humedad. En cambio, cuando existe agua disponible en el suelo, se estimula el desarrollo de estos pelos y la velocidad de absorción de agua y nutrientes se torna sorprendentemente alta (Gutiérrez, León y Cervantes, 2012).

El tallo es craso, erecto (en algunas especies rastrero), ramificado y multiarticulado. Se compone de un tronco cilíndrico y de ramas aplanadas y discoideas (cladodios o pencas), posee cutícula gruesa y está adaptado para almacenar agua en sus tejidos. Cada uno de sus artículos recibe el nombre particular de penca; su aspecto es comprimido, tiene forma de raqueta y botánicamente reciben el nombre de cladodios, son de color verde y tienen función fotosintética, ya que presentan abundante parénquima clorofílico. Los efectos de las intensas y prolongadas sequías, así como las abrasadoras ondas cálidas a que están expuestas las plantas, afectan el tamaño y forma de sus tallos (Espinoza, *et al.*, 2014).

En el nopal solamente existen hojas en los renuevos de pencas (cladodios) cuando están tiernos. Son hojitas cilíndricas, y caducas, en forma de cuernitos; herbáceas, en cuyas axilas se hallan las areolas de las cuales brotan las espinas. Las hojas desaparecen por completo al alcanzar la penca cierto grado de desarrollo, o sea en unos cuantos días, en cuyo lugar quedan las espinas. (Gutiérrez, León y Cervantes, 2012).

La flor de la planta se produce en las areolas (homólogas de las yemas en otras dicotiledóneas), localizadas en la parte superior de las pencas. Cada areola produce por lo general una flor, aunque no en una misma época de floración, y a que algunas pueden brotar al primer año y en otras al segundo o al tercero. Sus pétalos poseen colores vivos: amarillo, anaranjado, rojo, rosa, salmón, etc., según la especie de nopal. Por lo general, las flores son grandes; el ovario es inferior, unilocular, con muchos óvulos y lóbulos del estigma (cinco a diez); el androceo posee gran cantidad de estambres. Son hermafroditas anatómicas; algunas, sin embargo, son unisexuales por atrofia del androceo o del gineceo respectivamente (*Opuntia robusta*). La floración tiene lugar en primavera, durante los meses de marzo, abril y mayo, aunque hay entidades e las que se realiza en otras épocas del año. Una vez efectuada la fecundación, el perianto se marchita y cae, pero a veces permanece adherido al fruto por algún tiempo (Vázquez *et al.*, 2006).

El fruto del nopal (tuna) es una baya unilocular polysperma, carnosa, de forma ovoide a esféricas; sus dimensiones y coloraciones pueden variar según la especie, encontrándose frutos de cuatro a doce cm., o más de longitud, de color amarillo canario, amarillo limón, anaranjado, rojo, guinda, rojo-morado, verde tierno, blanco verdoso, etc. Sus semillas son lenticulares, con testa clara y arillo ancho, embrión curvo, cotiledones grandes y perisperma bien desarrollado.

La tuna es un fruto turgente y dulce, tiene en su cavidad centenares de semillas y su desarrollo lleva de tres a seis semanas. Su cáscara es delgada y su pulpa muy jugosa, es lo que se consume de este fruto. El xoconostle o tuna ácida, posee en cambio una cáscara gruesa y pulpa muy escasa. Su maduración es lenta, puede durar seis meses, y el fruto permanecer en la planta largo tiempo. Las paredes de este fruto se utilizan en la alimentación humana (Casas y Barbera, 2002).

Esta planta era muy apreciada por su utilidad medicinal, alimenticia e industrial; reconociéndose con los nombres de *Nochtli* o *Nopalli*, este último para distinguir los de tallos achatados (Barriendos, 1972).



Figura 3. Planta de nopal.

2.2.2 Variedades

Existen alrededor de 258 especies reconocidas, de las cuales 100 se encuentran en México, donde se cuenta con plantaciones especializadas de nopal para su consumo humano. La producción del nopal en México puede clasificarse en tres tipos: nopaleras silvestres, de huertos familiares y plantaciones (Ríos y Quintana, 2004).

En México se llama nopal a varias especies del género *Opuntia*. El género *Opuntia* en México presenta 5 sub géneros, 17 series y 104 especies. El género *Nopalea* presenta 10 especies, de las cuales la *nopaleacochenillifera* se utiliza como nopal verdura.

En el país están representados dos subgéneros de *Opuntia* que son *Cylindropuntia* y *Platyopuntia*, el primero con forma cilíndrica y el segundo con forma aplanada. (Bravo, 1937). En este subgénero la clasificación es complicada, debido al gran polimorfismo originado por la hibridación, esto debido a que el cruzamiento se puede efectuar mediante una polinización entomófila y con posterioridad a la caída del fruto, la diseminación de la semilla por aves obteniéndose variación genética, la cual puede mantenerse a través de una multiplicación vegetativa. En el género *Opuntia*, ésta se puede efectuar mediante brotes radiculares como en *O. polyacantha*, en otros casos con segmentos de tallo desarticulados *O. leptocaulis*, en otros en que la reproducción sexual es difícil como en *O. robusta* (diploide), los receptáculos florales caen y con posterioridad pueden emitir raíces (Vázquez *et al.*, 2006).

2.2.3 Importancia económica

Los nopales han sido un alimento en México por cientos de años, en la actualidad su consumo, como vegetal o fruta, se ha comenzado a difundir más en Estados Unidos y Europa. Como vegetal se puede usar en ensaladas, sopas, guisos, asados en una amplia gama de aplicaciones, y la fruta se emplea principalmente fresca en dulces y jaleas (Gortari, 2012).

La producción de nopal genera ganancias aproximadas a los 60 mil pesos por hectárea al año. Anualmente se producen alrededor de 651 mil toneladas de

nopal en el país. Los estados de Morelos, Distrito Federal y México generan el 86% del volumen nacional (SAGARPA, 2015).

La superficie sembrada en el periodo 2014-2015 fue de 13 mil hectáreas, de las cuales se cosecho una superficie de 12 mil hectáreas, teniendo como pérdida mil hectáreas. Del 2006 al 2015 ha habido un aumento en el área de nopal sembrada de un 1.4%, mientras que en la cosechada ha sido de 0.9% y en volumen en un 2.1%, que refleja un incremento de 0.3% en valor monetario con un rendimiento de 1.1% (SAGARPA, 2016).

De acuerdo a la información proporcionada por la Secretaría de Agricultura, Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación el nopal verdura ocupa el duodécimo lugar entre las 16 hortalizas más importantes de México con relación a la superficie sembrada. Sin embargo, los rendimientos alcanzados de 54.8 toneladas por hectárea lo colocan en primer lugar, con un consumo anual per cápita de 6.4kg. (SAGARPA, 2016)

Los principales productores son:

Tabla 2: Principales productores de nopal en el país, Fuente: SAGARPA, 2016

Rank	Entidad federativa	Volumen (toneladas)	Variación (%) 2014/2015
	Total nacional	812,705	-1.4
1	Morelos	352,603	7.3
2	Ciudad de México	254,611	-14.0
3	México	82,903	2.2
4	Puebla	25,143	49.3
5	Baja California	22,860	-2.1
6	Tamaulipas	12,320	94.4
7	Jalisco	12,051	-52.1
8	Michoacán	10,821	-1.4
9	Zacatecas	10,281	15.6
10	Aguascalientes	8,286	-13.8

2.2.4 Beneficios nutrimentales

El aprovechamiento de las propiedades curativas del nopal es una práctica milenaria que nunca ha dejado de existir. El nopal tiene un valor nutritivo alto,

puede aportar proteínas, calcio, hierro, vitaminas A y B, potasio y fibra (aunque es un alimento con alto grado de humedad, el contenido de fibra dietética es mayor al 20%). Estas propiedades se pueden alterar de acuerdo a la manera en que éste sea consumido; por ejemplo, la cocción provoca una pequeña merma en todos los nutrimentos, sobre todo en los carbohidratos, el potasio y la vitamina C (Rodríguez, *et al.*, 2007; Hernández, *et al.*, 2010).

Se recomienda que las personas que presentan problemas de glucosa en la sangre (como los diabéticos) lo consuman crudo, pues el control del azúcar es más efectivo que cuando se come crudo. El alto contenido de fibra (tanto soluble como insoluble), es la principal causa de los aportes medicinales del nopal, pues ésta impide o retrasa la absorción de los azúcares (Hernández, *et al.*, 2010).

Es importante enfatizar los valores nutricionales potenciales del nopal en las etapas más maduras que en la actualidad sólo son usadas como forraje animal. No se ha hecho ninguna consideración con respecto a su uso potencial como polvo. Esto es lamentable ya que contiene algunos nutrimentos esenciales que ayudan a mantener la salud humana. Los beneficios asociados con el contenido de fibra son bien conocidos disminuir los síntomas de la diabetes, a través de la reducción de los valores de glucosa en la sangre, sus efectos anti-hiperlipidémicos e hiper-colesterolémicos (Hernández, *et al.*, 2010; Feugang, *et al.*, 2006).

2.3. El frijol

El origen de la palabra “frijol” proviene de una deformación del español antiguo “frisol”, que a su vez viene del catalán “fesol” y éste proviene del latín *phaseolus* (su nombre científico) o *phaselos*, que es una clase de legumbre. Esta legumbre es conocida con varios nombres “poroto, haba, habichuela, alubia, judía”, entre otros. (Figuerola y Guzmán, 2015).

De acuerdo a estudios arqueológicos se considera que el frijol, del género *Phaseolus*, se originó en el continente americano. Respecto a esto se han encontrado evidencias con antigüedad de 500 a 8 mil años en algunas regiones de México, Estados Unidos y Perú. No obstante, existe un relativo acuerdo respecto a

su origen: México, que es también el lugar donde se diseminaron las primeras semillas hacia el sur del continente americano, sitio en el que llegó a cultivarse (Paredes, Guevara, & Bello, 2006). Paredes *et al.* (2006) destacan que es posible identificar a este país como lugar de origen por encontrar prototipos de especies silvestres de los cinco grupos más cultivados: *P. vulgaris*, «frijol común»; *P. acutifolius*, «frijoltépari»; *P. lunatus*, «frijol lima»; *P. coccineus*, «frijol escarlata»; y *P. polyanthus*, «frijol anual» (Reyes y Padilla, 2008).

Se argumenta que, al principio del siglo XVI, durante la Conquista, fueron los españoles quienes llevaron a Europa las primeras semillas de frijol. Once años después, el producto fue distribuido por comerciantes portugueses en la región de África Oriental, a partir de donde los árabes, que mercadeaban con esclavos, se encargaron de diseminarlo por todo el territorio africano. (Reyes y Padilla, 2008).

2.3.1 Morfología

Procede de la familia: *Fabaceae* (leguminosas) subespecie *Papilionaceae*.

Nombre científico: *Phaseolusvulgaris* L.

Planta: Anual, de vegetación rápida.

Sistema radicular: Es muy ligero y poco profundo y está constituido por una raíz principal y gran número de raíces secundarias con elevado grado de ramificación.

Tallo principal: Es herbáceo. En variedades enanas presenta un porte erguido y una altura aproximada de 30 a 40 centímetros, mientras que en el frijol de enrame alcanza una altura de 2 a 3 metros, siendo voluble y dextrógiro (se enrolla alrededor de un soporte o tutor en sentido contrario a las agujas el reloj).

Hoja: Sencilla, lanceolada y acuminada, de tamaño variable según la variedad.

Flor: Puede presentar diversos colores, únicos para cada variedad, aunque en las variedades más importantes la flor es blanca. Las flores se presentan en racimos en número de 4 a 8, cuyos pedúnculos nacen en las axilas de las hojas o en las terminales de algunos tallos.

Fruto: Legumbre de color, forma y dimensiones variables, en cuyo interior se disponen 4-6 semillas. Existen frutos de color verde, amarillo jaspeado de marrón o rojo sobre verde, etc., aunque los más demandados por el consumidor son los verdes y amarillos con forma tanto cilíndrica. En estado avanzado las paredes de la vaina o cáscara se refuerzan por tejidos fibrosos (FAO, 2010).



Figura 4. Frijol negro.

2.3.2 Variedades

Existen múltiples variedades de frijol que se caracterizan por su tamaño, forma, color y tipo de crecimiento. Se considera que en existen alrededor de 150 especies, destacando las cuatro especies que el hombre ha domesticado, como son: el *Phaseolus vulgaris* L. (frijol común), *Phaseolus coccineus* L. (frijol ayocote), *Phaseolus lunatus* L. (frijol comba) y *Phaseolus acutifolius* Gray (frijol tepari) (Figuroa y Guzmán, 2015).

De las 150 especies de frijoles, en México se encuentran 50 variedades. Sus características principales son: En tamaño, colores y requerimientos ecológicos. En náhuatl se les llamaba *etloetle*. Constituyen uno de los alimentos principales en la dieta de la población mexicana. Se distribuyen desde México hasta Argentina. Fueron domesticados en Mesoamérica hace alrededor de 8,000 años. (Ramos, *et al.*, 2015).

Las variedades más consumidas son azufradas, mayocoba, negro Jamapa, peruano, flor de mayo y flor de junio. Les siguen en preferencia el garbancillo, manzano, negro San Luis, negro Querétaro y pinto. Los menos solicitados son la alubia blanca, bayo blanco, negro Zacatecas, ojo de cabra y bayo berrendo. (Reyes y Padilla, 2008).

2.3.3 Importancia económica

A pesar de que en todos los estados del país se siembra frijol, los principales productores de esta leguminosa son:

Tabla 3: Principales productores de frijol. Fuente: SAGARPA, 2016

Rank	Entidad federativa	Volumen (toneladas)	Variación (%) 2014/2015
	Total nacional	969,146	-18.6
1	Zacatecas	289,533	-41.9
2	Durango	111,626	-23.0
3	Chihuahua	96,051	-47.7
4	Sinaloa	84,399	-2.2
5	Chiapas	60,045	-2.9
6	Guanajuato	55,347	-24.7
7	San Luis Potosí	45,024	-3.9
8	Puebla	41,111	-.08
9	Oaxaca	27,660	-51.4
10	Nayarit	26,633	-3.1

A nivel internacional México ocupa el cuarto lugar en producción de frijol, con un total de 1, 294,634 toneladas, que aportan el 5.5% de la producción mundial de frijol.

En México en los últimos años el consumo per cápita de frijol ha disminuido de 25 a 10 por persona al año, mientras que las enfermedades crónico-degenerativas relacionadas con el intestino han ido en aumento. (Figuroa y Guzmán, 2015).

2.3.4 Beneficios nutrimentales

Al igual que todas las leguminosas, el frijol tiene la capacidad de asociarse a bacterias del suelo llamadas rhizobia (singular rhizobium). Esta asociación entre leguminosas y rhizobium, comprende a la mayoría de las 18,000 especies de leguminosas y resulta en una simbiosis fijadora de nitrógeno de importancia ecológica que aporta, anualmente, una cuarta parte del nitrógeno fijado en la biósfera. (Lara, 2015).

En las raíces de la planta, la bacteria induce la formación de un órgano denominado nódulo, dentro del cual ésta se establece de forma intracelular. En estas condiciones, la bacteria es capaz de convertir el N_2 atmosférico en amonio NH_4^+ , el cual constituye la fuente de nitrógeno que permite el crecimiento de la planta. Estas asociaciones simbióticas fijadoras de nitrógeno entre leguminosas y rhizobium, fertilizan el suelo y se calcula que incorporan de 60 a 120 kg de nitrógeno por hectárea. (Figuroa y Guzmán, 2015).

Desde hace cientos de años, el agricultor mexicano ha sembrado en sus chinampas y milpas, de forma combinada, frijol y maíz. El tallo del maíz sirve de sostén a la enredadera del frijol y éste, a su vez, fertiliza el suelo favoreciendo una mayor producción del cereal. Este ecosistema (la milpa), en donde, de manera tradicional, se siembra maíz, frijol y calabaza, además de chile y tomate, constituye un modelo de agricultura ecológica el cual favorece un control biológico de insectos además de la ya referida fijación biológica de nitrógeno. Las características nutricionales de cada uno de estos cultivos, sumados, producen una dieta equilibrada. (Lara, 2015).

Se debe destacar que el vínculo cereal-leguminoso ha sido la base de la alimentación de las grandes culturas del mundo: en las mesoamericanas, el maíz

y el frijol; para las del occidente de Asia y Europa, el trigo con el garbanzo o la lenteja y para las culturas asiáticas, el arroz con la soya (Lara, 2015).

Los frijoles también contienen carbohidratos complejos, lo que provoca una sensación de satisfacción y energía por más tiempo. Entre las vitaminas que aporta el frijol se encuentran las del complejo B como, la tiamina, la riboflavina, la niacina y el ácido fólico, las cuales ayudan al buen funcionamiento del aparato digestivo y al sistema nervioso central. Se debe recordar también que los alimentos ricos en ácido fólico deben ser consumidos por las mujeres embarazadas o en periodo de lactancia. (Ramos, *et al.*, 2015).

2.4 Obesidad

La obesidad y el sobrepeso se caracterizan por la acumulación anormal de grasa en el cuerpo, la cual puede ser perjudicial para la salud. Desde 1980 la obesidad ha tenido un incremento de más del doble a nivel mundial, lo que ha generado un problema social debido a que puede ser el desencadenante de varias enfermedades, sobre todo cardiovascular y diabetes. (OMS, 2016).

La principal causa de obesidad es el desequilibrio de gasto energético, donde se consumen más calorías de las que en realidad se gastan debido a las crecientes tendencias del incremento de consumo de alimentos de alto aporte calórico y ricos en grasas, junto con la disminución de la actividad física y la experimentación de una vida más sedentaria. (OMS, 2016).

Algunas de las principales consecuencias de la obesidad son las enfermedades no transmisibles como las cardiovasculares (ECV), diabetes e incluso algunos tipos de cáncer como de endometrio, de colon, vesícula o riñones, que al incrementar el índice de masa corporal (IMC) aumenta el riesgo de padecerlas. (Rodríguez, 2004).

Cuando la obesidad se convirtió en un problema de salud frecuente se consideraba una afección de los países ricos, pero ahora en casi todos los países existe un mayor número de personas con sobrepeso que aquellas con un peso por debajo del normal, a excepción de África.

Las estimaciones mostraron que en 2014 alrededor de 1900 millones de personas mayores de 18 años tenían sobrepeso, y de éstos, más de 600 millones eran obesos, en general alrededor de un 13% de la población mundial padece este problema, con una mayor prevalencia en mujeres (15%) que en hombres (11%). (Rodríguez, 2004).

2.4.1 Obesidad en México

México se encuentra dentro de los dos primeros lugares de prevalencia de obesidad en adultos a nivel mundial, aunque la mayor parte del tiempo se ha mantenido en primer lugar. En ocasiones ha ocupado el segundo puesto al ser sustituido por Estados Unidos de América, teniendo estos dos países un mayor porcentaje (30%) que los países de occidente como China o Japón (4%). En la población infantil, México ocupa el cuarto lugar de prevalencia mundial de obesidad, aproximadamente 28.1 % en niños y 29 % en niñas, solo superado por Grecia, Estados Unidos e Italia. (Dávila, González y Barrera, 2014).

Se estima que la obesidad es responsable del 1 al 3 % del total de los gastos de atención médica en la mayoría de los países. En México se estima que la atención de enfermedades derivadas por la obesidad y el sobrepeso, tiene un costo anual aproximado de 3 mil 500 millones de dólares. El costo directo estimado que representa la atención médica de las enfermedades atribuibles al sobrepeso y la obesidad (enfermedades cardiovasculares, cerebro vascular, hipertensión, algunos cánceres, diabetes mellitus tipo 2) se incrementó en un 61 % en el periodo 2000-2008 (valor presente), al pasar de 26 283 millones de pesos a por lo menos 42 246 millones de pesos. (Secretaría de Salud, 2010).

2.4.2 Problemas de salud generados por la obesidad

Cuando una persona presenta obesidad, se incrementa la posibilidad de padecer trastornos relacionados con el corazón, la diabetes y enfermedades respiratorias. (Rodríguez L. , 2004).

2.4.2.1 Enfermedad coronaria y dislipidemia

Uno de los principales factores de riesgo para el desarrollo de la enfermedad coronaria es la obesidad, y si el inicio de esta es en edades tempranas, es decir, la niñez o la adolescencia, la aparición de la enfermedad coronaria también es temprana. El perfil lipídico que más se observa en un paciente obeso es el incremento de los triglicéridos (TG) expresado en un aumento de las lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL), y la disminución de lipoproteínas de alta densidad (HDL). Este perfil por sí solo es un gran promotor para el daño vascular. (Reyes, 2016).

2.4.2.2 Obesidad y diabetes mellitus tipo 2

La diabetes mellitus tipo 2 es un trastorno heterogéneo que se deriva de prevalencia, asociada a la deficiente secreción de insulina o al prevalente defecto en la secreción de ésta, asociado a un defecto en su acción, lo cual significa que es una importante característica del proceso, y se estima que hasta el 85 % de los diabéticos son insulinoresistentes. La más importante causa de es la obesidad; sin embargo, la mayoría de los obesos (80 %) no desarrollan DM2, y es que se necesita una base genética favorable para que ésta tenga lugar. Pero la presencia de una condición genética que la favorece, unida al incremento del peso corporal, hacen posible su aparición, y mientras más temprano comience la obesidad a instalarse, más temprano es también la aparición de la diabetes. (Alegría y Castellano, 2008).

2.4.2.3 Hipertensión arterial

El 50 % de los obesos desarrollan hipertensión arterial (HTA), en algún momento de la enfermedad. Los mecanismos son múltiples. Está la hiperinsulinemia, que provoca aumento en la reabsorción de sodio (Na+) y agua. El angiotensinógeno aumenta con el incremento del tejido graso, y la producción de está perturbada. La presencia de HTA en el obeso confluye frecuentemente con las alteraciones lipídicas, por lo cual añade riesgo a las alteraciones vasculares. (Rodríguez, 2004).

2.4.2.4 Enfermedad cerebro vascular

La obesidad es un factor de riesgo importante para el desarrollo de la enfermedad cerebro vascular. Los cambios endoteliales, que se ven favorecidos por el incremento del tejido adiposo y la liberación de diferentes mediadores y sustancias por el adiposito, los cuales favorecen, a su vez, la coagulación y la adherencia plaquetaria, la posible confluencia de HTA, la dislipidemia, la enfermedad coronaria y la DM2, son elementos favorecedores de esta enfermedad y aumentan el riesgo de un evento cerebro vascular de 1,4 a 2,5, con excepción de la presencia de DM, que cuadruplica esta cifra. El más frecuente es el isquémico transitorio, seguido del infarto lacunar, aunque cuando la HTA está presente tiene varios mecanismos de génesis, aparte de la obesidad, y en este caso el hemorrágico adquiere dimensiones mayores. (Alegría y Castellano, 2008).

2.5 Descripción del problema

En el país el consumo diario de fibra se encuentra por debajo de la cantidad recomendada para un estado óptimo de salud. La mediana de consumo de la población adulta en 2014 fue de 19 g en hombres y 17 g en mujeres al día, que representa el 69% de la recomendación diaria de fibra para adultos (30 g/d). Una parte del problema para la baja ingestión de fibra, se debe al consumo deficitario de alimentos de origen vegetal ricos en fibra como son verduras, frutas y cereales con alto contenido de hidratos de carbono complejos. Por otra parte, desde el punto de vista sensorial, una característica de los alimentos con alto contenido de fibra es un perfil de sabor de baja palatabilidad, principalmente por ser bajos en grasas. (Almeidia y Aguilar, 2014).

Existe una relación en la reducción de ingesta de fibra con diferentes problemas de salud, entre ellos los problemas digestivos, los cuales han ido en aumento en los últimos años. El término enfermedad inflamatoria del intestino se refiere a un grupo de enfermedades relacionadas con el intestino delgado y grueso dentro de las cuales se encuentra a la colitis ulcerosa, la enfermedad de Crohn, la colitis indeterminada, y síndrome de colon irritable. De este grupo de

enfermedades el síndrome de colon irritable es de los más frecuentes. (Bosques y Sandoval, 2011).

El aumento del consumo de fibra dietética se ha relacionado con una mejor función gastrointestinal. Las propiedades vinculadas de la fibra con la función gastrointestinal incluyen su capacidad de fermentación (que conduce a una producción de ácidos grasos de cadena corta como el butirato, principal sustrato energético de las células de la mucosa intestinal y que contribuye a reducir el tránsito intestinal, así como a suprimir la inflamación del colon), viscosidad, capacidad de retención de agua y la estimulación de la proliferación de bacterias beneficiosas. (Almeidia y Aguilar, 2014).

Otro problema importante son las ECV, que se encuentran dentro de las principales causas de muerte en México, La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha reportado que la enfermedad cardiovascular, un grupo de desórdenes del corazón y de los vasos sanguíneos representa la primera causa de morbimortalidad en el mundo. (OMS, 2015).

La fibra dietética actúa de maneras distintas para prevenir la enfermedad cardiovascular, por un lado, ayuda a disminuir la absorción de grasa en el intestino y por otro, puede inhibir la formación de grasa por parte del hígado, lo que ayuda a mantener el colesterol en niveles saludables. De acuerdo a un meta-análisis publicado por Pereira *et al.* (2004), el aumento del consumo de fibra en 10 g al día, puede reducir significativamente el riesgo de enfermedades del corazón. (Almeidia y Aguilar, 2014).

La fibra dietaria proveniente de cereales también tiene una relación con la diabetes, se ha demostrado que es un factor protector contra la diabetes tipo 2. El consumo de fibra está inversamente relacionado con el desarrollo de esta enfermedad. (Almeidia y Aguilar, 2014).

Asimismo, existe una relación con el control de peso corporal, debido a que la fibra dietaria es útil también en el control de peso corporal debido a la disminución de la densidad energética de los alimentos, lo que la convierte en un

ingrediente idóneo para productos diseñados para la reducción de peso. De acuerdo a varios estudios se ha demostrado el incremento de la saciedad y una disminución en el apetito con dietas altas en fibra. Un aumento de 14 g/día de fibra da como resultado una disminución de un 10% de ingesta energética y una pérdida de peso en promedio de 1.9 kg en 3.8 meses de intervención. (Figuroa y Guzmán, 2015).

En resumen, los diferentes componentes de la fibra dietética proveen de diversos beneficios tanto para la prevención como el tratamiento de enfermedades crónicas como las afecciones cardiovasculares, la diabetes mellitus, el cáncer y la hipertensión arterial. (Figuroa y Guzmán, 2015).

2.6 Justificación

La importancia que ha adquirido el consumo recomendado de fibra diaria en los últimos años, ha introducido modificaciones necesarias en la industria alimentaria, desarrollándose nuevos productos, más saludables y con un alto contenido de fibra dietética, vitaminas y un bajo contenido de colesterol, de igual manera se elaboran alimentos complementados con ella, que han sido formulados utilizando materias primas ricas en fibra de cereales (salvado de cereales), de vegetales (cebolla, ajo y alcachofa) y de legumbres. (Zúñiga, 2005).

Las empresas utilizan la fortificación como una estrategia de diferenciación para elaborar alimentos que puedan ser percibidos como productos de mayor valor. Por esta razón, generalmente se fortifican alimentos que pueden ser más rentables con poco costo adicional, como los panificados, cereales para desayunos, lácteos, galletas y pastas. (Matos y Chambilla, 2010).

Es bien conocido que la fuente de fibra insoluble más común se encuentra en productos como cereales comerciales y de grano entero, sin embargo, otras buenas fuentes de fibra insolubles se encuentran en el nopal y frijol, que pueden ser utilizados para fortificar otros alimentos que ya son aceptados en el mercado dándoles un mayor valor.

Por esto se propone el desarrollo de una tortilla fortificada con harina de nopal y frijol que no modifique las características principales de la tortilla tradicional, aumentando así el nivel de fibra presente en uno de los alimentos más importantes del mexicano.

3. Metodología

3.1 Hipótesis

Si se incorpora a la tortilla entre un 4% a un 10% de harina nopal y frijol, es posible mejorar su calidad nutrimental al aumentar su contenido de fibra dietaria y de proteínas, además de mantener una aceptación igual o superior al 8, en una escala de 1 a 10 puntos, en su evaluación sensorial

3.2 Objetivos

3.2.1 General

Desarrollar un producto de tortilla de maíz con una fórmula fortificada con harina de nopal y harina de frijol con características nutricionales superiores que la tortilla tradicional para mejorar la alimentación de la población y que además tenga una calificación superior a 8 en una escala de 1 a 10 puntos, en su aceptación en la evaluación sensorial.

3.2.2 Específicos

- 1) Desarrollar la formulación de la totilla con maíz, frijol y nopal que mejore las propiedades nutritivas y mantenga la calidad organoléptica del producto.
- 2) Desarrollar junto con el departamento de diseño el empaque que cumpla con las características necesarias para proteger el producto y que sea atractivo para el consumidor.
- 3) Realizar las pruebas de evaluación sensorial para determinar la aceptación del producto.
- 4) Realizar una actividad de comparación del producto con otros similares (*focus group*) para valorar la aceptación de la tortilla de nopal y frijol a través de una encuesta.
- 5) Hacer los análisis bromatológicos pertinentes a la tortilla de nopal y frijol para determinar sus propiedades nutrimentales.

El desarrollo experimental del proyecto de investigación se realizó con el apoyo de los laboratorios de diferentes instituciones:

- Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos (UAQ).
- Laboratorio de cocina de la Licenciatura en Gastronomía de la Facultad de la Filosofía (UAQ).
- Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada (UNAM). Campus Juriquilla, Querétaro, Qro.
- Diseño (CEDIT- UAQ).

El trabajo experimental se realizó en 5 etapas para poder cubrir los objetivos de la tesis:

1. Elaboración de la tortilla con diferentes proporciones de ingredientes.
2. Desarrollo de la idea del empaque.
3. Evaluación sensorial del producto (encuestas, *focus group*).
4. Evaluación bromatológica del producto.
5. Presentación final del producto.



Figura 5: Etapas del Proyecto.

3.3 Metodología

Para el proyecto se utilizó la metodología *Design Thinking*, centrada en el diseño para los usuarios finales, teniendo en cuenta sus necesidades, la forma en que entienden su problemática y sus circunstancias. Tim Brown fue el primero en hacer referencia a este concepto. (Brown, 2008).

Se guía por cinco fases y seis premisas creativas:

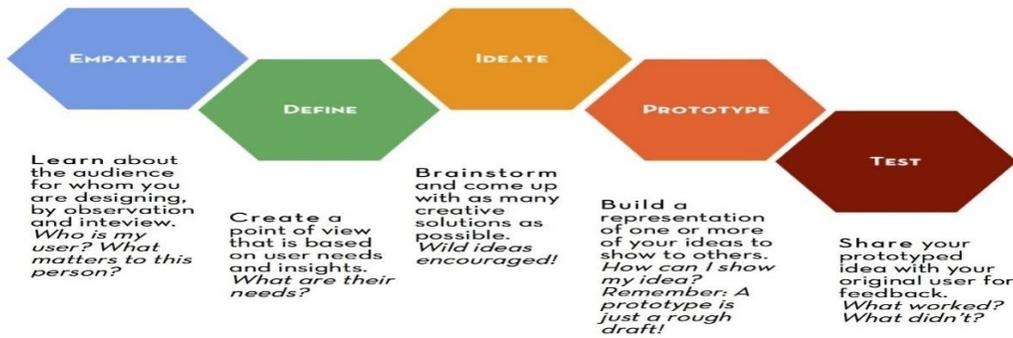


Figura 6: Fases del DesignThinking

3.3.1 Empatizar

Esta etapa le dio estructura al problema, que de acuerdo a Bruno Munari (1983), es la parte más importante, porque en este paso se pueden obtener todos los datos para la posible solución del problema.

Para conocer al usuario y los requerimientos de la posible solución se utilizó el estudio de mercado, así como el *benchmarking*, que permite recopilar información para obtener nuevas ideas, mediante una comparación de aspectos del producto con los líderes o los competidores más fuertes del mercado, ayudando a elaborar un lista de requerimientos y deseos en donde se especifica todo aquello con lo que la solución debe contar. Por último, un *focus group* para conocer las características sensoriales que el usuario asocia con un producto.

3.3.2 Definir

Se analizaron los resultados en esta etapa para destacar las necesidades primarias del producto de acuerdo con lo que el usuario esperaba como producto final, apoyado por una lista de requerimientos y deseos, para conservar el enfoque principal del proyecto.

3.3.3 Idear

En esta etapa comenzó la lluvia de ideas para las posibles soluciones y presentaciones que necesitaban, apegada a la lista de requerimientos y la capacidad de alcance del proyecto, y valorar al final las fórmulas del producto para las posibles soluciones.

3.3.4 Prototipos

Se probaron diferentes fórmulas propuestas para definir y estandarizar una que pudiera ser aceptada por la población y viable para la producción a mayor escala.

3.3.5 Probar

Para validar el producto se realizó un análisis sensorial y *focusgroup* para determinar la aceptación en el mercado, también se llevó a cabo un análisis bromatológico para respaldar la función esperada del producto, que es el incremento de fibra y nutrientes.

3.4 Materiales utilizados

3.4.1 Maíz

Se utilizó la harina de maíz Nixtamalizada de tortillería, en donde usan la variedad más común de maíz para la elaboración de tortillas que es el Cacahuachintle, de mazorca grande y de grano blanco, redondo y tierno. Como se explicó antes, en la nixtamalización se cuece el grano con cal durante dos horas y se deja remojando en la misma agua durante un periodo de 14 a 18 horas, después se lava en dos ocasiones para pasar al molino.

3.4.2 Nopal

Se utilizó harina de nopal (*Opuntia ficus indica*) de productores agrícolas Nopalzin, que cuenta con certificación orgánica y es cultivado en el Bajío.

3.4.3 Frijol

Se elaboró una pasta de frijol negro (*Phaseolus vulgaris*) variedad Querétaro que se compró en el mercado Escobedo, ubicado en la zona centro de la ciudad. El grano de esta variedad es de tamaño mediano con un color negro azulado y de forma ovalada, tiene un sabor muy sutil a dulce. La pasta se realiza de la siguiente manera

Ingredientes:

- 500 g. de frijol negro.
- 2 L de agua de garrafón.

- 50g. de cebolla blanca.
- 20 g. de epazote.

Procedimiento:

1. Limpiar el frijol (quitarle piedras y otras impurezas)
2. Lavar al chorro de agua el frijol (2 veces).
3. Dejar remojar el frijol por 12 horas, cambiar el agua 2 veces durante el remojo.
4. Después de dejarlo remojar, tirar el agua y poner a cocerlos con agua de garrafón, por aproximadamente 3 horas o hasta que estén muy suaves en 3 litros de agua con cebolla y epazote.
5. Después colar y reservar el líquido.
6. Moler el frijol cocido, y agregarle agua si es necesario. (hasta formar una pasta).
7. Reservar esta pasta.

3.5 Elaboración de la tortilla.

El proceso de elaboración de la tortilla se describe en el diagrama presentado en la figura 7.

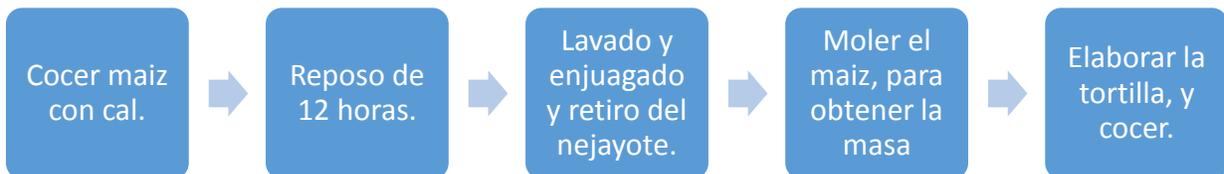


Figura 7: Descripción del proceso de elaboración de las tortillas tradicionales.

3.6 Diseño del empaque

Para el diseño de la imagen del empaque se recibió el apoyo del Departamento de Diseño de la Universidad Autónoma de Querétaro, por medio de la Mtra. Martha Lucía Saavedra Rivera y el alumno Christian Monroy Martínez.

Para el diseño se tomaron en cuenta las condiciones en las que el producto se pretende vender. Al ser un producto dirigido a las tiendas de conveniencia y misceláneas, no para las tortillerías convencionales, es necesario un empaque que permita asegurar las características del producto por una vida de anaquel de al menos una semana. Con base en la información anterior, se eligió un envase al vacío transparente que permita ver el producto y que aumente su vida de anaquel.

3.7 Evaluación sensorial

Las evaluaciones sensoriales permitieron analizar la percepción y aceptación de producto que se está desarrollando, con preguntas sobre el sabor de la tortilla y el empaque e imagen de la marca.

Para realizar la evaluación se pidió a las personas participantes que probaran la tortilla Opuntia para que analizaran su color, olor y sabor, además que observaran el empaque terminado para que dieran su percepción sobre este.

La escala de medición sensorial consistió en una serie de líneas numeradas del 0 al 10, siendo cero la calificación de desagrado total y 10 la calificación para extremadamente agradable. Se pidió a los sujetos del estudio que marcaran su respuesta sobre la línea en el punto que mejor representara su respuesta. La valoración de las respuestas midió la distancia a la cual se encontraba la marca del cero (Ver Anexo A).

3.8 Entrevistas

Las entrevistas fueron importantes para evaluar a Opuntia, el producto y sus beneficios desde distintos puntos de vista. En esta fase se entrevistaron a 3 personas, de las cuales dos de ellas están involucradas de forma directa o indirecta en el proyecto, y una más que aportó el punto de vista gastronómico.

En la primera entrevista, realizada a la Dra. Margarita Contreras Padilla, directora de esta tesis, se estableció el valor nutrimental del nopal enfocado al

aporte de fibra dietaria y calcio, y del frijol a su calidad proteica y el contenido de fibra dietaria.³

En la segunda entrevista, realizada a la Mtra. Alejandra Nivón, de la Facultad de Ingeniería de la UAQ, subrayó el enfoque innovador del producto.⁴

La Chef Catalina Gómez, docente de la carrera de Gastronomía de la UAQ, aportó el punto de vista gastronómico respecto a la innovación de este producto tradicional.⁵

3.9 Evaluación sensorial y focus group producto final

El análisis sensorial que se diseñó para Opuntia fue ideado con el método de una cata, el cual ayuda a conocer cuáles son las características, tanto sensoriales, físicas de la tortilla, como de otra índole, que el consumidor asocia a un producto para elegir el de mayor agrado entre las opciones presentadas y cuál es el posicionamiento del mismo, los cuales son aspectos clave para la empresa alimentaria.

Se presentaron a los sujetos dos productos similares a Opuntia, sin identificación, para que se efectuaran las mismas pruebas sensoriales que realizaron a Opuntia, con el fin de que pudieran comparar de forma clara y fiable de nuestro producto. A continuación, se les dio a degustar una crema de frijol con tortilla opuntia.

Al final se llevó a cabo una prueba de *focus group* sobre el empaque y color del logo de Opuntia, en la cual los sujetos de prueba llenaron un formato de preguntas, para poder medir cuantitativamente los resultados⁶

³Margarita Contreras Padilla, comunicación personal, Centro Universitario, 25/02/2015.

⁴Alejandra Nivón, comunicación personal, Campus Aeropuerto, 25/02/2015.

⁵Catalina Gómez Almada, comunicación personal, Campus Aeropuerto, 25/02/2015.

⁶ Para aplicar las entrevistas y la técnica de *focusgroup* se contó con el apoyo de Ramiro Baruc Vega Aguilar, estudiante de Diseño industrial de la UAQ.

3.10 Evaluación bromatológica

3.10.1 Preparación de la muestra

Las tortillas de 100% maíz y las de maíz, nopal y frijol, fueron molidas y tamizadas en una malla del No. 60.

3.10.2 Análisis proximal

El análisis proximal se realizó siguiendo la metodología descrita por la técnica de la AOAC⁷ (2002).

3.10.2.1 Determinación de humedad (método 925.09b)

Se pesaron 2 g de la muestra de tortilla Opuntia en una cápsula de porcelana o charola previamente tarada. Luego, se colocó en una estufa a 130°C por 2 horas. Después se llevó la cápsula con la muestra a un desecador, para finalizarse registró el peso. El porcentaje de humedad se obtuvo mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{Peso inicial de la muestra} - \text{peso final de la muestra}}{\text{peso inicial de la muestra}} \times 100$$

3.10.2.2 Determinación de proteínas (método 954.01)

Se pesó 1 g de la muestra previamente desgrasada y se colocó en un matraz Kjeldahl, donde se adicionó 1 g de sulfato de cobre, 10 g de sulfato de potasio anhidro y 15 mL de ácido sulfúrico. Adicionados los reactivos, el matraz se colocó en el digestor y se calentó de forma gradual. Una vez observado un cambio en el color de la mezcla a verde claro, se detuvo el calentamiento y se dejó enfriar a temperatura ambiente. Después se adicionaron 15 mL de agua destilada para disolver por completo el residuo dentro del matraz y 50 mL de solución de hidróxido de sodio al 40%. Por otra parte, en un matraz Erlenmeyer se añadieron 50 mL de ácido bórico al 4%, preparado con anticipación. Éste se destiló hasta recolectar 300 mL, y se observó un cambio en la coloración del ácido bórico de morado a verde oscuro. Consecutivamente se retiró del destilador y se procedió a

valorar con ácido clorhídrico 0.1N. Se utilizó 6.25 como factor de conversión de nitrógeno a proteína.

$$\% N = \frac{\text{mL} \times 0.1 \text{ N HCl} \times 0,014}{\text{g muestra}} \times 100$$

$$\% P = \%N \times 6.25$$

3.10.2.3 Determinación del extracto etéreo (método 920.39)

Se pesaron 2 g de muestra en base seca en cartuchos de celulosa. Éstos se colocaron dentro del aparato de extracción Soxhlet. Así mismo, se adicionaron 100mL de éter de petróleo a los matraces. El periodo de extracción fue de 3 horas. Transcurrido el tiempo, se dejaron secar los matraces en la estufa a 50°C durante 4 horas. Por último se pesaron los cartuchos. El porcentaje de extracto etéreo se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$\%EE = \frac{\text{Peso del extracto} - \text{peso del blanco}}{\text{peso de la muestra}} \times 100$$

3.10.2.4 Determinación de cenizas (método 923.03)

Se pesaron 2 g de la muestra en una cápsula de porcelana previamente tarada. Se dejaron carbonizar sobre la flama de un mechero y se llevó a la mufla a 550°C. Se suspendió el calentamiento cuando las cenizas se tornaron blancas (el tiempo varía dependiendo del tipo de muestra). Entonces se pasaron a un desecador para enfriar y finalmente se registró el peso. El contenido de cenizas se determinó por la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de Cenizas} = \frac{\text{Peso de las cenizas}}{\text{Peso de la muestra}} * 100$$

3.10.2.5 Determinación de carbohidratos

La cantidad de carbohidratos totales se determinó por la diferencia obtenida del 100% menos la suma del porcentaje de grasa, proteína, y cenizas.

3.10.3 Determinación de actividad de agua

Se utilizó un medidor de actividad de agua Aqualab (EminTech).

3.10.4 Análisis estadístico

Todas las pruebas se hicieron por triplicado. Los resultados de los análisis se expresan como la media \bar{x} y la desviación estándar s . También se realizaron pruebas de *t-student* para observar si existieron diferencias estadísticamente significativas.

4. Resultados

4.1 Empatizar

4.1.1 Estudio de mercado

En la tabla 4 se presenta la investigación realizada de las diferentes marcas de productos similares al que se desarrolló en el presente trabajo.

Tabla 4: Estudio de mercado de las tortillas en venta en tiendas de conveniencia, por el autor de esta tesis.

Marca	Porción (pzas)	Kcal	Proteína (g)	Carbohidratos (g)	Grasa (g)	Fibra (g)	Precio (Pesos m.n.)	Presentación (g)	Precio Kg
Ochoa	2	64	0.14	15.3	26.6	1	16.70	800	20.90
Mission	2	101	1	17	1	1	14.00	800	17.50
Tortillería común	2	46	1.2	46	0.6	0.7	15.00	1000	15.00
Señor Cactus	2	57	1	11	1	2	20.50	500	41.00
Susalia	2	40	2	14	0.3	2	23.60	500	47.20
Nopalía	2.	49	1.15	11	16	0.5	25.00	500	50.00

De acuerdo a la tabla 4, las tortillas Mission tienen un mayor aporte calórico que las demás marcas, mientras que las de menor aporte fueron las Susalia. La marca con mayor aporte de proteínas es Susalia, que está elaborada con nopal. La tortilla normal es la que mayor cantidad de carbohidratos aporta, y en cuanto al mayor contenido de grasa, fueron las tortillas Ochoa. En cuanto a fibra, las de mayor contenido fueron Susalia y Señor Cactus debido a la presencia de nopal en el producto.

Se observa una gran variación de los precios de los productos. Las tortillas Nopalía son las más caras con un costo de 50 pesos/kg, sin embargo de acuerdo a la tabla nutricional no son las de mejor contenido nutricional.

4.2 Definir

4.2.1 Lista de requerimientos

De acuerdo a la información consultada y al estudio de mercado los requerimientos del producto se presentan en la tabla 5:

Tabla 5: Lista de requerimientos y deseos. Elaboración propia.

Especificaciones		
Concepto	R/D	Descripción
Nutritivas	R	Incrementar la fibra dietaria en la tortilla
	D	Incrementar el contenido proteico de la tortilla
Materiales	R	Harina de maíz
	R	Harina de nopal
	R	Pasta de frijol negro
	R	Cal
	R	Sal
Físicas	R	Tener un diámetro de 15cm
	R	Rolabilidad
Empaque	R	No interacción con el alimento
	R	Diferentes porciones.
	R	Sellado al vacío
Seguridad	R	NOM-051-SCFI/SSA1-2010 *
	R	NOM-086-SSA1-1994 *
	R	NOM-120-SSA1-1994 *
	R	NOM-251-SSA1-2009 *

R= Requerimiento.

D= Deseo.

4.3 Idear

4.3.1 Prototipos

4.3.1.1 Procedimientos.

El procedimiento que se describe a continuación es el que se utilizó con cada una de las fórmulas

Utensilios:

- Báscula.
- Batidora.
- Prensa para tortillas.
- Comal.
- Bolsa de plástico.

Explicación del procedimiento:

1.- En el bowl de la batidora se mezclan las harinas en seco. (Figura 8).



Figura 8: Masa en la batidora.

2.- Agregar el agua de manera lenta permitiendo que se mezcle de una forma homogénea. (Figura 9).



Figura 9: Adición de agua.

3.- La consistencia de la masa debe ser suave y maleable. (Figura 10).



Figura 10: Masa final.

4.- Separar la mezcla en bolitas de 30g para elaborar las tortillas. (Figura 11).



Figura 11: Porciones de la masa.

5.- Calentar el comal y prensar las tortillas para conseguir la forma redonda.

6.- Poner a cocer la tortilla. Es importante que al inicio de este paso no se deje secar mucho la tortilla, de lo contrario adquiere un tono blancuzco que no es conveniente. (Figura 12).



Figura 12: Cocción de tortillas

4.3.2 Posibles fórmulas (prototipos del producto)

Se propusieron dos posibles fórmulas con las cuales se realizó una breve prueba de aceptación dentro de un grupo de 12 personas con las siguientes proporciones presentadas en las tablas 6 y 7.

Tabla 6: Formula al 4% de harina de nopal.

Peso neto	450 g
Harina de maíz nixtamalizado	182 g
Harina de nopal	8 g
Agua	250 mL
Sal	1 g

Tabla 7: Formula al 10% de harina de nopal.

Peso neto	450 g
Harina de maíz nixtamalizado	180 g
Harina de nopal	20 g
Agua	250 mL
Sal	1 g

Después de una prueba de evaluación sensorial preliminar, se recomendó trabajar con la segunda formulación (10% de harina de nopal) y con la indicación de agregarle proteína, por lo que se implementó el uso de frijol para enriquecerla en esta parte y se procedió nuevamente con 2 nuevas formulaciones, la primera fue con frijol peruano y el segundo con frijol negro.

La tabla 8 muestra las cantidades usadas de cada ingrediente para su preparación.

Tabla 8: Reformulación

Peso neto	450 g
Harina de maíz nixtamalizado	160 g
Harina de nopal	20 g
Pasta de frijol	20 g
Agua	250 mL
Sal	3 g

Esta fórmula se utilizó en ambos casos tanto con la pasta de frijol negro como con la de frijol peruano. En la siguiente prueba sensorial con el mismo grupo, los resultados indicaron una mayor preferencia por la formulación del frijol negro. Por lo que, para las pruebas subsecuentes, análisis fisicoquímicos, *focusgroup* y sensorial, se utilizó esta formulación.

4.3.3 Posibles presentaciones y empaque

En la selección del empaque del producto, se eligió el empaque al vacío, por sus propiedades:

- Inhibe por completo el desarrollo de bacterias aerobias, hongos y levaduras.
- Evita la oxidación del producto y lo mantiene por mucho tiempo, tal como en el momento de envasado.
- Evita la contaminación por manipulación y por olores que pasan de un producto a otro.
- Permite tener en cualquier tamaño diferentes porciones de gramaje del producto para la mejor satisfacción del cliente.

Las características antes mencionadas permiten prolongar la vida útil del alimento.

Se decidió por un color naranja para la etiqueta debido a su contraste con el color de las tortillas, que son de maíz azul y la de maíz blanco, que las hace más llamativas, lo que supone una mejor respuesta a la vista del consumidor.

Al centro de la etiqueta está el nombre: **Opuntia**, que corresponde al nombre científico del nopal, el cual tiene un sonido agradable y fácil de recordar para el consumidor. También se tiene una figura del Dios del maíz maya, *YumKaax*, para darle un sentido de identidad. Y en el contorno están figuras estilizadas de mazorcas (Figura 13).



Figura 13: Presentación final de empaque.

4.4 Pruebas de validación del producto

En las pruebas de validación del producto solo se utilizó la formulación de maíz, nopal y frijol negro que se presenta en la tabla 8 ya que, como se comentó anteriormente, esta fue la que tuvo mayor aceptación en las evaluaciones sensoriales preliminares.

4.4.1 Análisis sensorial

Se basó en preguntas sensoriales sobre la tortilla y el empaque e imagen de la marca. Como se explicó, se utilizó una escala del 0 al 10, donde 0 califica el desagrado total y 10 es la calificación para extremadamente agradable.

En la figura 14, se muestran los resultados de la evaluación sensorial en cuanto al nivel de aceptación del producto:

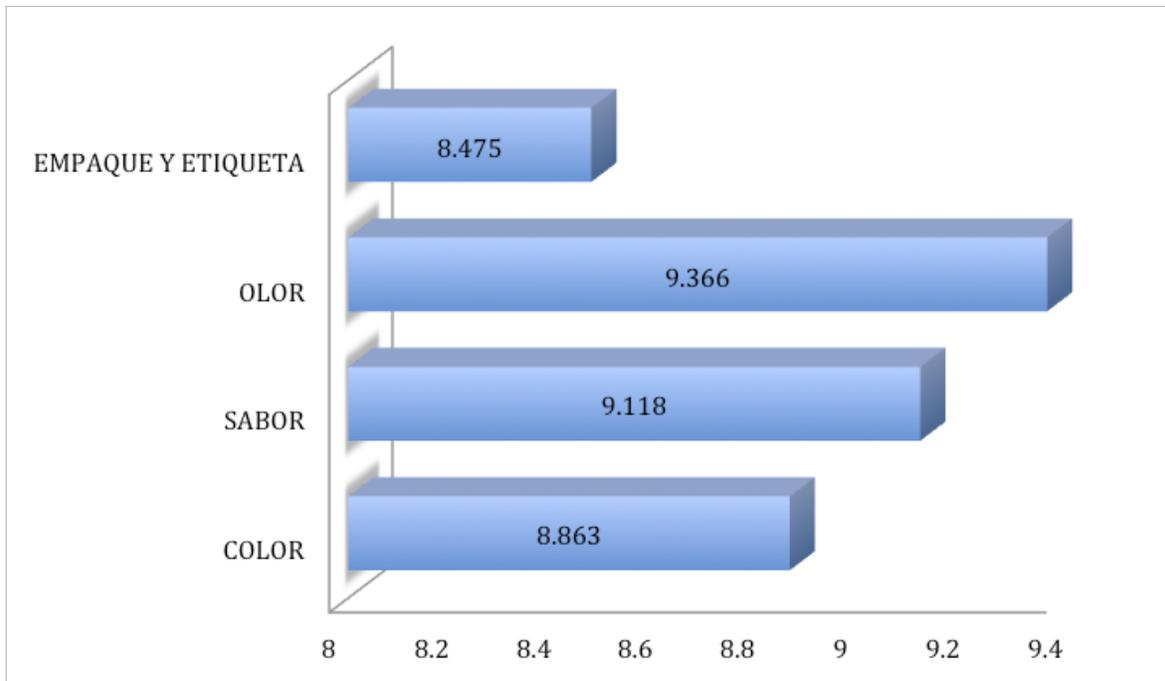


Figura 14: Nivel de aceptación del producto

De acuerdo a los resultados que se presentan, la tortilla de nopal y frijol (Opuntia) obtuvo una puntuación superior a 8.8 en la evaluación organoléptica (olor, color y sabor) lo cual indica una alta aceptación del producto. Cabe destacar que durante la revisión de las evaluaciones no se tuvo ninguna reprobatoria por lo que el producto fue bien aceptado por todos los participantes en la prueba.

En cuanto a la evaluación del empaque, también el puntaje obtenido es muy favorable: 8.4, lo que confirma que la elección de la etiqueta y del empaque fueron adecuadas, y que además puede ser mejorado de acuerdo a los comentarios hechos en las encuestas.

4.4.2 Encuestas

Se aplicaron 33 encuestas, la proporción entre mujeres y hombres se presenta en la figura 15, y como puede observarse, la mayor parte de los sujetos fueron mujeres.

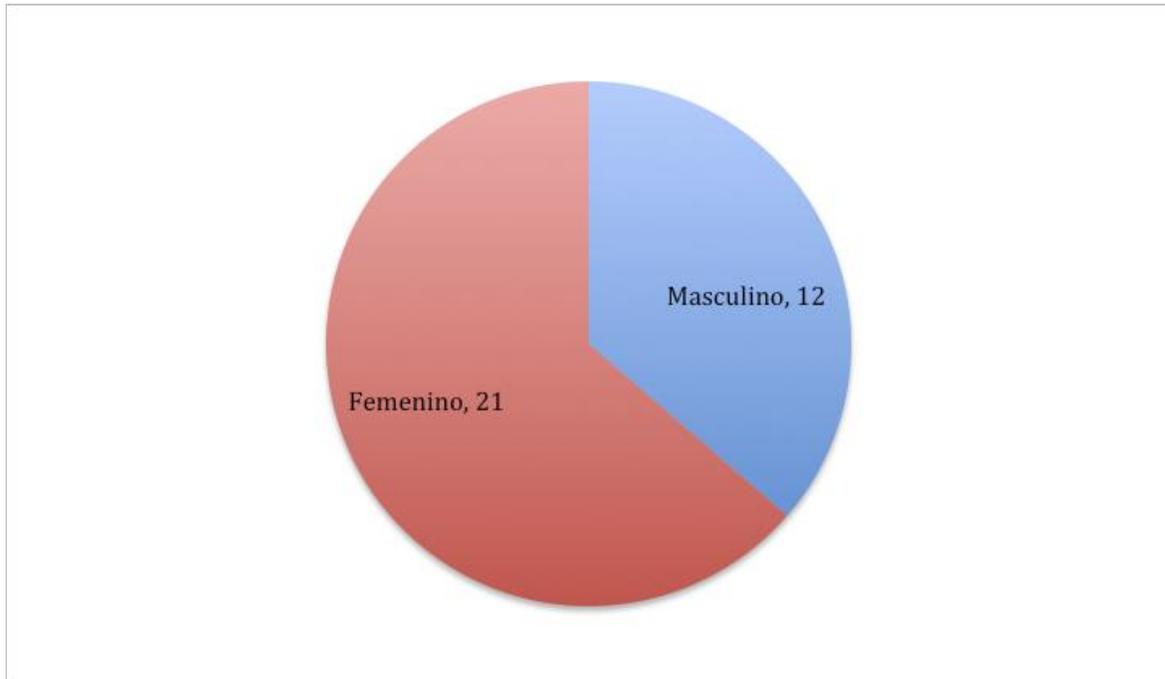


Figura 15: Estadística de las personas encuestadas de acuerdo al sexo

Los resultados de la encuesta son los siguientes:

- El 100% de los encuestados respondieron a la pregunta “¿Qué te parece la tortilla?”, con comentarios positivos, afirmando que los ingredientes son un “plus”.
- A los consumidores les agradó el olor, sabor y color de la tortilla Opuntia.
- Sobre el empaque, los sujetos comentaron que la bolsa es demasiado grande y la etiqueta se pierde con el color de las tortillas, por lo que necesita mayor contraste.
- Los consumidores prefieren bolsas de sellado hermético, pero de fácil apertura y resellado.
- A los consumidores les agrada que el producto sea 100% natural, es decir, sin conservadores.

4.4.3 Grupo de enfoque

Los resultados fueron los siguientes:

- La mayoría de los asistentes se percataron de los ingredientes de cada una de las tortillas.
- La mayoría calificaron a la tortilla Opuntia como “buena”.
- Se obtuvieron comentarios positivos sobre la tortilla Opuntia y la tortilla de maíz; sin embargo, la tortilla Opuntia tuvo una menor aceptación con respecto a la tortilla tradicional, pero superior a otras similares.
- Se debe mejorar la consistencia de la tortilla Opuntia ya que se quebraba con facilidad.
- En la última prueba a los asistentes se les pidió calificar el empaque y diseño, se les presentaron 3 variantes a la etiqueta original. La mayoría prefirió la etiqueta café con verde.
- Al cuestionar a las personas sobre el precio del producto la mayoría contestó que pagarían hasta treinta pesos por kilogramo de tortillas Opuntia.

De acuerdo con el análisis de la información obtenida en cada uno de los aspectos de la metodología podemos inferir los siguientes puntos, los cuales se espera que mejoren el producto y/o la imagen y aceptación de éste.

- Mejorar la flexibilidad de la tortilla, para hacerla menos quebradiza.
- Modificar el empaque por uno de tamaño adecuado (más pequeño).
- Indicar en el empaque la fecha de consumo preferente.
- Agregar tabla nutrimental de Opuntia.
- Considerar cambiar los colores en la etiqueta. Se recomiendan círculo exterior café y círculo interior verde.
- Vender el kilogramo de la tortilla Opuntia en no más de \$30.-

4.4.4 Entrevistas

Las respuestas obtenidas en las entrevistas son:

- La carrera de Gastronomía de la Universidad Autónoma de Querétaro, busca la innovación culinaria.
- La tortilla Opuntia por su contenido energético y nutrimental, es apta para toda persona, además de ser un alimento ideal para personas diabéticas por su contenido de nopal, ya que existen estudios que han demostrado que esta planta ayuda a controlar los niveles de azúcar.
- Al contener frijol, la tortilla Opuntia aporta cierta cantidad de proteína a la alimentación. De igual forma, el contenido de nopal incrementa fibra a la tortilla.
- No representa un cambio drástico a la cultura del maíz y la tortilla, por el contrario, abre nuevas posibilidades a la implementación de tortillas con otro tipo de contenido adecuado al genotipo mexicano.
- En la UAQ existe un apoyo constante a proyectos que regionalicen e innoven productos ya existentes.

4.4.5 Análisis bromatológicos y fisicoquímicos

4.4.5.1 Humedad

En la tabla 9 se muestran los resultados del contenido de humedad y actividad de agua (A_w) de las tortillas de maíz y tortillas de maíz, nopal y frijol expresado en porcentaje.

Tabla 9: Contenido de actividad de agua en la tortilla.

CONTENIDO %	Tortilla maíz	Tortilla maíz + nopal + frijol
Humedad (%)	42.02 ± 2.45	41.18 ± 2.16
Actividad de agua	0.994 ± 0.001	0.992 ± 0.001

Los resultados son expresados como la media de 3 réplicas \pm desviación estándar.

El porcentaje de humedad (Tabla 7) fue mayor para la tortilla de solo maíz, mientras la elaborada con nopal presentó menor contenido de humedad. Esta tendencia es similar para los valores de actividad de agua (A_w) entre las tortillas. El intervalo de actividad de agua presentado en las tortillas (0.992 a 0.994) corresponde a aquellos valores en donde el desarrollo de actividades enzimáticas, el crecimiento de microorganismos (bacterias patógenas) y reacciones químicas pueden ocurrir rápidamente, dando como resultado un alimento con una vida de anaquel corta, por lo tanto éste se debe de conservar en refrigeración (Badui, 2006).

4.4.5.2 Análisis proximal

En la tabla 10, se presentan los resultados del análisis proximal de tortillas de solo maíz y mezcla maíz, nopal y frijol.

Tabla 10. Contenido de cenizas, grasa, proteína y carbohidratos de tortillas de maíz y de las tortillas de maíz con nopal y frijol.

Composición %	Tortilla maíz	Tortilla maíz + nopal + frijol
Cenizas	2.46 \pm 0.24*	4.74 \pm 0.36*
Grasa	9.04 \pm 0.39*	6.49 \pm 0.40*
Proteína	16.85 \pm 1.35	14.72 \pm 0.46
Carbohidratos	71.65 \pm 1.35*	74.05 \pm 0.63*

Los resultados son expresados como la media de 3 réplicas \pm desviación estándar. Valores expresados en base seca. En los valores marcados con asterisco, existe una diferencia significativa entre las muestras mediante la prueba *t-student*.

El contenido de cenizas y grasa presentaron diferencia significativa entre las distintas tortillas. El contenido de cenizas es mayor para la adicionada con

harina de nopal. Rodríguez-García, *et al.*, 2007, Hernández-Urbiola, *et al.*, 2010 y Contreras-Padilla, *et al.*, 2011, reportaron que la harina de nopal es rica en minerales, en especial de calcio. En cuanto al contenido de grasa, es mayor para la elaborada solo de maíz, mientras que la adicionada con nopal presenta un menor contenido (6.49%); por lo tanto, se concluye que la adición de nopal reduce el aporte calórico de la tortilla. Por su parte el contenido de proteína no presenta diferencia significativa entre las tortillas, aun así se reporta un ligero incremento en la tortilla de solo maíz, esta tendencia ha sido reportada por Ramírez-Moreno *et al.*, (2015), quienes encontraron valores de proteína de 9.84% en tortillas adicionadas con 6% de nopal y un contenido del 10.3% para tortillas de solo maíz. Dichos autores tampoco reportaron diferencias significativas entre las adicionadas de nopal y las de solo maíz. En cuanto al contenido de carbohidratos presentan diferencias estadísticas significativas, esto debido a un mayor contenido de fibra que aportan a la tortilla tanto el nopal como el frijol (Rodríguez-García, *et al.*, 2007, Hernández-Urbiola, *et al.*, 2010).

4.5 Pruebas de vida de anaquel

Las pruebas realizadas de vida de anaquel del producto empacado, tanto en refrigeración como sin ella, indican que éste tiene una vida de máximo 50 días. Después de este periodo las muestras empezaron a presentar crecimiento de colonias y pérdida de sus propiedades sensoriales, por lo que se debe trabajar en extender la vida de anaquel para la posible comercialización del producto.



Figura 16: Muestra de vida de anaquel con empaque después de 50 días.

5. Conclusiones

Las evaluaciones de la tortilla con nopal y frijol indican que ésta tiene un alto nivel de aceptación de los consumidores, quienes indicaron que estarían dispuestos a adquirirlas por un precio no mayor de 40 pesos mexicanos, dentro del rango de los precios de productos similares que se encuentran en el mercado.

Durante la evaluación comparativa las tortillas Opuntia fueron mejor evaluadas que los productos similares, solo fueron superadas por la tortilla tradicional.

Los resultados también indican que se mejoró el contenido nutrimental del producto ya que se incrementó el contenido de fibra dietaria así como de minerales, en especial calcio. Además, se obtuvo un producto con un menor contenido de grasa lo que contribuye a una disminuir la aportación calórica.

El empaque del producto tuvo un buen estándar de aceptación.

Los objetivos propuestos en la tesis se cumplieron al obtenerse una tortilla con características organolépticas con alta aceptación y contenido nutrimental mejorado. Las modificaciones realizadas en el producto no representan un cambio a la cultura del maíz y la tortilla, por el contrario, abren nuevas posibilidades a la implementación de tortillas con un contenido mejorado del producto.

La Hipótesis propuesta se cumplió parcialmente, debido a que no se observó un incremento en el contenido proteico de la tortilla, sin embargo si se obtuvo una mejora nutrimental debido al aumento en el contenido de fibra y de minerales (calcio). Además se comprobó la buena aceptación del producto en los análisis sensoriales.

6 Referencias

- Alegría, E. E. y V. J. Castellano. 2008. Obesidad, síndrome metabólico y diabetes: implicaciones cardiovasculares y actuación terapéutica. *Revista Española de Cardiología*, 67(8):752-764.
- Almeidia, S. y T. Aguilar. 2014. Fibra y sus Beneficios a la Salud. *Anales Venezolanos de Nutrición*, 27(1): 73-76.
- Badui, D. S. 2006. *Química de los alimentos*. 4ta. Ed., Pearson educación, México D.F.
- Barriendos, F. 1965. El nopal y su utilización en México. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, 26: 87-94.
- Benson, L. G. 2002. Origin, History, and Uses of Corn (*Zea mays*). Iowa State University.
http://www.agron.iastate.edu/courses/agron212/readings/corn_history.htm.
- Bosques, F. y E. Sandoval. 2011. Epidemiología y características clínicas de la colitis ulcerosa crónica idiopática en el noreste de México. *Revista de Gastroenterología de México*, 76(1): 34-38.
- Bravo H. H. 1937. *Las cactáceas de México*. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F
- Bressani, R. 1995. *Agroindustria rural. Recursos técnicos y alimentación*. 1 ed. CIRAD. America Latina.
- Brown, T. 2008. Design Thinking. *Harvard Business Review*. 84-92.
- Bujaico, M. D. y M. R. Salinas. 2014. Consideraciones para una adecuada alimentación durante el embarazo. *Revista Peruana de Ginecología y Obstetricia*, 60(2): 153-160.
- Caamaño, A. G. 2011. Dislipidemia y factores de riesgo cardiovascular. *Lancet*. 24(4): 282-287
- Casas, A. y G. Barbera. (2002). Mesoamerican Domestication and Diffusion. En: P.S. Nobel, *Cacti: Biology and Uses*. Universidad de California, Los Ángeles, 143-162.

- Contreras-Padilla, M., E. Pérez-Torrero, M. I. Hernández-Urbiola, G. Hernández-Quevedo, A. del Real, E. M. Rivera-Muñoz y M. E. Rodríguez-García. 2011. Evaluation of oxalates and calcium in nopal pads (*Opuntia Ficus Indica* var. *redonda*) at different maturity stages. *J. of Food Compos and Anal.* 24: 38 – 43.
- Dávila, J., González, J. y A. Barrera. 2014. Panorama de la Obesidad en México. *Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social*, 53(2):240-249.
- Economista., E. 2016. El Economista .<http://eleconomista.com.mx/mercados-estadisticas/2016/08/18/gruma-fortaleza-consumo>.
- Espinoza, E., Silos, H., Flores, S., Valera, L., Rodríguez, E., Gallegos, C., Guevara, F., González, M. y H. Guzmán. 2014. Agrupamiento de genotipos de nopal (*Opuntia* spp.) de México por medio de la técnica de AFLPs y características del fruto. *Revista Internacional de Botánica Experimental.* 83(2): 1-8.
- FAO. 2010. Buenas prácticas agrícolas (BPA) en la producción de frijol voluble. *Buenas Prácticas Agrícolas*, 1(1): 25-29.
- Feugang, J.M., Konarski P, Zou, D. Stintzing, F.C. y C. Zou. 2006. Nutritional and medicinal use of Cactus pear (*Opuntia* spp.) cladodes and fruits, *Frontiers Biosci.* 11:2574-2589.
- Figuroa, J. J. y S.Guzmán.2015. Atributo Nutricional y Nutracéutica de Panqué y Barritas a Base de Harina de Frijol. *Revista de Ciencias Biológicas de la Salud*, 12(3):9-14.
- Genetic Science Learning Center. 2012. The Evolution of Corn. Learn Genetics, learn.genetics.utah.edu/content/selection/corn.
- Gortari, R. 2012. Xochimilco como alternativa de competitividad para los orgánicos: el caso de Invernaderos Tepexomulco. *Nueva Antropología*, 25(77): 59-78.
- Gutiérrez, H. J., León, G. M. y F. Cervantes.2012. Trabajo comparativo de la producción y factores limitantes del nopal, del municipio de Tlanepantla en el estado de Morelos. Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco.
- Hernández, A. 2010. Nopal Sabroso, Beneficioso y Barato. *Consumidor*, 61-63.

- Hernández, U. M., Contreras, P. M., Pérez, E., Hernández, G., Rojas, M. J., Cortes, M. E. y M. E. Rodríguez, 2010. Study of Nutritional Composition of Nopal (*Opuntia ficus indica* cv. Redonda). *The Open Nutr. J.*, 4: 11-16.
- Jímenez, J., Arambula, G. y M. Aparicio, 2012. Característica del grano, masa y tortilla producida con diferentes genotipos de maíz del trópico mexicano. *Universidad y Ciencia Trópico Húmedo*, 28(2): 145-152.
- Lara, M. 2015. El cultivo del frijol en México. *Revista Digital Universitaria UNAM*. 16(2). <http://www.revista.unam.mx/vol.16/num2/art09/>.
- Matos, A., y E. Chambilla 2010. Importancia de la Fibra Dietética, sus Propiedades Funcionales en La Alimentación Humana y en la Industria Alimentaria. *Ciencia y Tecnología de los Alimentos*, 1(1):4-17.
- Mazzeto, E. y M. E. Moragas. 2015. Simbolismo y uso litúrgico de algunas variedades de octli entre los antiguos nahuas. Un primer acercamiento. *Estudios da Religião*.15 (1): 31-47.
- México Produce. 2012. México Produce. Recuperado el 24 de Noviembre de 2016, de [mexicoproduce.mx](http://www.mexicoproduce.mx): <http://www.mexicoproduce.mx/articulos/tortilla.html>
- Muñoz Saldaña, R. 2010. Frijol, rica fuente de proteínas. *CONABIO*. 89:7-11.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-051-SCFI/SSA1-2010, Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas pre envasados- Información comercial y sanitaria.
- NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-086-SSA1-1994, Bienes y servicios. Alimentos y bebidas no alcohólicas con modificaciones en su composición. Especificaciones nutrimentales.
- NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-120-SSA1-1994, Bienes y servicios. Prácticas de higiene y sanidad para el proceso de alimentos, bebidas no alcohólicas y alcohólicas
- OMS. 2015. Enfermedades Cardiovasculares. Centro de Prensa Organización Mundial de la Salud. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs317/es/>.
- OMS. (16 de Junio de 2016). Organización Mundial de la Salud. Obtenido de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/es/>
- Ortas, L. 2009. EL cultivo del maíz: fisiología y aspectos generales. *No Laboreo*. 7(1): 1-4.

- Oviedo G. [1535-1557] (1852). Historia general y natural de las Indias, Islas y Tierra Firme del Mar Océano. Tomo II. Madrid, Imprenta de la Real Academia de Historia.
- Paliwal, R., y G. Granados.2001. El maíz en los trópicos: Mejoramiento y producción. Roma: FAO. 54 (2): 51-78.
- Paredes, C., Guevara, F. y L. Bello. 2008. La Nixtamalización. Ciencias UNAM. 92: 60-70.
- Paredes, O., Guevara, F. y A. Bello.2006. Los alimentos mágicos de las culturas indígenas mesoamericanas. Fondo de Cultura Económica, D.F., México.
- Pereira, M.A., O'Reilly, E., Augustsson, K., Fraser, G.E., Goldbourt, U. y B.L. Heitmann.2004; .Dietary fiber and risk of coronary heart disease: a pooled analysis of cohort studies. Arch. Int. Med. 164: 370-76.
- Ramos, Y., Gómez, J., Espinoza, R., Días, C. y R. Machado. Etología de los crisomélidos. 2015 (Coleoptera: Chrysomelidae) asociados a tres variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en época intermedia. Revista Protección Vegetal, 30(3): 165-170.
- Reyes, E., Padilla, E., Veyna, O. P. y L. P.Jáquez.2008. Historia, naturaleza y cualidades alimentarias del fríjol. Revista Investigación Científica, 4(3): 1-21.
- Ríos, R. J. y Quintana, V. 2004. Secretaria de la Reforma Agraria. Obtenido de Colegio de Posgraduados: http://www.elquiglobalenergy.com/espanol/datos/Manejo_general_cultivo_Nopal.pdf
- Rodríguez, L. E. 2004. La obesidad y sus consecuencias clínico metabólicas. Revista Cubana Endocrinología, 15(39): 1-6.
- Rodríguez- García, M.E., De Lira, C., Hernández, B. E., Cornejo V., M.A, Palacios F., A. J., Rojas M., I., Reynoso, R., Quintero, L.C., Del Real, A. Zepeda, T. A. y T. C. Muñoz. 2007. Physicochemical characterization of nopal pads (*Opuntia ficus indica*) and dry vacuum nopal powders as a function of the maturation. Plant Food Hum. Nutr. 62: 107-112.

- Sáenz, C., Berger, H., García, J. C., Galletti, L., Cortázar, V. G., Higuera, I., Mondragon, C., Rodríguez, A. y E. Sepúlveda. 2006. Utilización agroindustrial del nopal. Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO 162.
- SAGARPA. 2016. Atlas Agroalimentario 2016. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. México, D.F.
- SAGARPA. 2015. Genera INIFAP innovadora tecnología intensiva para producir nopal-verdura en temporada invernal. México. <http://www.sagarpa.gob.mx/saladeprensa/2012/Paginas/2015B071>.
- Secretaría de Salud. 2010. Acuerdo Nacional para la Seguridad Alimentaria. Estrategia contra el sobre peso y la obesidad. Dirección General de Promoción de la Salud. <http://activate.gob.mx/documentos/acuerdo%20nacional%20por%20la%20salud%20alimentaria.pdf>.
- Ulloa, J. A., Rosas, P. y C. Ramírez, 2011. El frijol (*Phaseolus vulgaris*): su importancia nutricional y como fuente de fotoquímicas. *Revista Fuente*. 3(8): 5-10.
- Valderrama-Bravo, C., Rojas-Molina, A., Gutiérrez-Cortez, E., Rojas-Molina, I., Oaxaca-Luna, A., De la Rosa-Rincón, E. y M.E. Rodríguez-García. 2010. Mechanism of calcium uptake in corn kernels during the traditional nixtamalization process: diffusion, accumulation and percolation. *J. Food Eng.* 98, 126–132.
- Vázquez, C., Cepeda, R. D., Barrón, M., Barrientos, F. y Nieto, A., 2006. Caracterización Morfológica de 40 Cultivares de Nopal de Uso como Hortaliza del Banco de Germoplasma del Crucen-UACH. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 12(1): 41-49.
- Winter, M. 1999. Oaxaca: The Archaeological Record. 2da ed. Editorial Minutiae Mexicana. México, D.F.
- Yúnez-Naude, A. y F. Rivera-Ramírez, 2015. La economía del campo mexicano: tendencias y retos para su desarrollo. México, D.F.: El Colegio de México (Colmex).
- Zúñiga, M. 2005. Caracterización de Fibra Dietaria en Orujo y capacidad antioxidante en Vino. Tesis. Universidad de Chile.

7 Anexo A

ENCUESTA

Universidad Autónoma de Querétaro.

Tortillas de Maíz, Nopal y Frijol.

César Octavio Puente Suárez.

Lic. en Gastronomía.

Fecha: / / SEXO: F M. EDAD: _____ años.

NOTA: Califica en una escala del 1 al 10, donde sea de tu agrado de aceptación del producto, donde 1 es la calificación más baja y 10 la más alta. Escribe algún comentario al final o uno general.

1.- ¿Como calificas el **COLOR** de la tortilla?

0 |-----| 10

2.- ¿Cómo calificas el **SABOR** de la tortilla?

0 |-----| 10

3.- ¿Cómo calificas el **OLOR** de la tortilla?

0 |-----| 10

4.- ¿Qué te parece la tortilla?

5.- ¿Cuánto te agrada el empaque y etiqueta? , ¿Qué le cambiarías?

6.- ¿Comprarías este producto a familiares o amigos?

Observaciones: _____

Por tu atención.
¡GRACIAS!