



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

Aprovechamiento de huauzontle (*Chenopodium
nuttalliae*) para la elaboración de pastas alimenticias
libres de gluten.

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERÍA EN ALIMENTOS**

PRESENTA :

ARELLANO MENDOZA DAFNE MONCERRATH

ASESORAS:

Dra. Ma. Andrea Trejo Márquez

Dra. Carolina Moreno Ramos

CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO 2019



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
SECRETARÍA GENERAL
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

U.N.A.M.

FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLÁN

ASUNTO: VOTO APROBATORIO



M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ,
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE

ATN: I.A. LAURA MARGARITA CORTAZAR FIGUEROA
Jefa del Departamento de Exámenes Profesionales
de la FES Cuautitlán.

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: Trabajo de Tesis.

Aprovechamiento de huauzontle (*Chenopodium nuttalliae*) para la elaboración de pastas alimenticias libres de gluten.

Que presenta la pasante: Dafne Moncerrath Arellano Mendoza

Con número de cuenta: 415113579 para obtener el Título de la carrera: Ingeniería en Alimentos

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 13 de Septiembre de 2019.


PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO


	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	Dra. María Andrea Trejo Márquez	
VOCAL	I.A. Alberto Solís Díaz	
SECRETARIO	I.A. Virginia López García	
1er. SUPLENTE	I.Q. Daniel Mauricio Vicuña Gómez	
2do. SUPLENTE	M. en C. Selene Pascual Bustamante	


NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).


El Presente trabajo fue financiado por el proyecto PAPIIT:
"Aplicación de tratamientos de ultrasonido, campos
eléctricos y cocción solar en el procesamiento de productos
hortofrutícolas típicos de México, de la Dirección General de
Asuntos del Personal Académico de la UNAM".

Gracias a...


 **Dios:** Mi principal fortaleza, por haberme dado la oportunidad de poder concluir mi carrera satisfactoriamente en una gran casa de estudio que fue la UNAM y por brindarme salud, fuerza, paciencia, sabiduría, además de buenas experiencias y grandes personas durante este periodo de mi vida que influyeron y encaminaron a lograr mi meta a pesar de todos los obstáculos que se presentaron durante este periodo.


 **Mis padres:** Por ser los dos pilares más importantes en mi vida, ya que sin ustedes no sería la persona que soy ahora, gracias por regalarme su amor, tiempo, valores y educación que aunque fue dura me ayudo a seguir adelante y afrontar cualquier situación que se me presentará de la mejor manera, así como enseñarme que para lograr algo se debe comenzar desde abajo y con esfuerzo ir consiguiéndolo pero siempre por uno mismo. Valoro su esfuerzo en todo momento para sacarme adelante, madre gracias por ayudarme en todo momento brindándome tu apoyo y confianza, padre muchas gracias por quererme tanto y dedicar tu vida para que tuviera lo mejor, gracias por todo lo que me enseñaste así como el carácter que formaste para que yo siguiera adelante asegurándote de que tuviera un futuro próspero para no ser una del montón, destacando en todo momento, así como luchar siempre por lo que quieres aunque sientas que ya no puedas más, desgraciadamente no estas para ver los frutos de lo que sembraste pero sé que desde el cielo estarás orgulloso de mí, porque me dejaste en buenas manos, no me resta más que decirles que los amo.


 **Mis profesoras Dra. Andrea, Dra. Carolina, Dra. Adela y M. C Selene:** Principalmente por ser mis guías durante este proceso, preparación y experimentación, brindándome sus conocimientos en todo momento, además de regalarme nuevas experiencias al llevar el proyecto más allá de la tesis. También les agradezco por el financiamiento del proyecto y por abrirme las puertas del Laboratorio


 **Mi mejor amigo Mario:** Por ser el promotor de mis sueños y animador de mi vida, brindándome lo más importante que fue la confianza, así como el cariño durante todo el periodo universitario apoyándome en todo momento y para cada situación que se presentaba sin dejarme caer o incluso levantándome si llegaba a pasar, además de animarme para hacer esas cosas que por miedo o indecisión no me atrevía hacer y que

siempre terminaban con éxito, siendo la tesis uno de ellos. Gracias por creer en mí cuando nadie lo hacía, por darme la libertad de ser yo misma, por celebrar mis éxitos y hacerme ver una nueva versión de la vida con momentos inolvidables pero lo más importante gracias por hacerme sentir lo que es tener un hermano, ya bien lo dicen, los amigos son los hermanos que uno mismo escoge y eso fuiste siempre para mí, te quiero.

 **Mi mejor amigo Rubén:** Por ser mi amigo, confidente y hermano en todo tiempo, por escucharme además de aconsejarme en todo momento, regalándome experiencias y nuevos aprendizajes durante la carrera, siendo uno de los motores más importantes de mi vida al motivarme día a día a terminar las materias, estudiar y siempre dar lo mejor de mí en cada proyecto importante que se presentara en mi vida, gracias por tus consejos y cariño, así como las enseñanzas que dejaste, ya que eres de esas personas que ya no hay y que siempre se puede confiar.

 **Mis mejores amigas Leslie, Vero, Danny y Jacqueline:** Por ser las influyentes para seguir en mi carrera y terminarla como se debe, además de hacerme ver que la amistad entre mujeres si existe, les agradezco por regalarme su cariño, tiempo y atención en todo momento, ya que fueron las cosas que me motivaron a seguir adelante a pesar de las adversidades.

 **Mis chicos de las porras generación 39 y 40:** Por hacer realidad mi sueño de coreografiar las porras y por convertirse en más que alumnos, en mis amigos, permitiéndome su confianza y apoyo en todo momento, ya que durante ese periodo fue mi relajación y mi motivación para luchar más allá de las adversidades que se presentaban. Los amo.

 **Mi profe Luis:** El único profesor que desde secundaria se convirtió en mi amigo, dándome su apoyo en todo momento, además de que con sus conocimientos me ayudó a entrar y ahora a salir de este periodo universitario, gracias por todo.

ÍNDICE

	Paginas
1. INTRODUCCIÓN	- 2 -
2. ANTECEDENTES	- 3 -
2.1. Pastas Alimenticias	- 4 -
2.1.1. Definición y origen de las pastas alimenticias	- 4 -
2.1.2. Composición química y valor nutricional	- 4 -
2.1.3. Tipos de pastas alimenticias	- 5 -
2.1.4. Proceso de elaboración	- 6 -
2.1.5. Principales ingredientes y función tecnológica	- 7 -
2.1.6. Calidad de pastas alimenticias	- 9 -
2.1.7. Producción y consumo de pastas alimenticias en México	- 10 -
2.2. Efectos del consumo de gluten	- 11 -
2.2.1. Gluten	- 11 -
2.2.2. Enfermedad Celiaca	- 11 -
2.2.3. Causas y síntomas	- 12 -
2.2.4. Productos celiacos	- 12 -
2.2.5. Productos comerciales sin gluten	- 14 -
2.2.6. Normatividad de alimentos para celiacos	- 15 -
2.3. Huauzontle	- 16 -
2.3.1. Morfología y Taxonomía	- 16 -
2.3.2. Composición química y nutricional	- 17 -
2.3.3. Importancia económica	- 19 -
2.3.4. Usos	- 19 -
2.4. Amaranto	- 20 -

2.4.1.	Morfología y Taxonomía	- 20 -
2.4.2.	Composición química y nutricional	- 21 -
2.4.3.	Importancia económica	- 23 -
2.4.4.	Usos	- 24 -
2.5.	Arroz	- 24 -
2.5.1.	Morfología y taxonomía	- 24 -
2.5.2.	Composición química y nutricional	- 25 -
2.5.3.	Importancia económica	- 26 -
2.5.4.	Usos	- 27 -
3.	OBJETIVOS	- 28 -
3.1.	Objetivo general	- 29 -
3.2.	Objetivos particulares	- 29 -
4.	METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	- 29 -
4.1.	Cuadro Metodológico	- 30 -
4.2.	Materia Prima	- 31 -
4.2.1.	Tratamiento de la materia prima	- 31 -
4.3.	Caracterización química y análisis microbiológico del huauzontle	- 31 -
4.4.	Elaboración de harina de huauzontle	- 32 -
4.5.	Elaboración de masa para pastas alimenticias	- 32 -
4.6.	Elaboración de pastas alimenticias	- 33 -
4.7.	Evaluación de la composición química de las pastas alimenticias	- 34 -
4.7.1.	Desarrollo de una etiqueta	- 34 -
4.8.	Técnicas y métodos	- 35 -
4.8.1.	Pruebas químicas	- 35 -

4.8.2.	Pruebas microbiológicas	- 37 -
4.8.3.	Pruebas de apariencia de masas	- 38 -
4.8.4.	Pruebas texturales de las masas a base de huauzontle	- 38 -
4.8.5.	Pruebas de calidad de pastas alimenticias	- 39 -
4.8.6.	Evaluación Sensorial de las astas alimenticias seleccionadas	- 42 -
4.9.	Tratamiento Estadístico	- 43 -
5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	- 44 -
5.1.	Caracterización química y análisis microbiológico del huauzontle	- 45 -
5.2.	Apariencia de harinas	- 46 -
5.3.	Formulación de masas para elaborar pastas alimenticias	- 47 -
5.4.	Determinación del efecto del porcentaje CMC en la elaboración de pastas alimenticias.	- 50 -
5.4.1.	Pruebas de apariencia	- 50 -
5.4.2.	Pruebas de calidad de pastas alimenticias	- 51 -
5.5.	Elaboración de la etiqueta	- 65 -
5.5.1.	Composición química de las pastas alimenticias	- 65 -
5.5.2.	Diseño y elaboración de la etiqueta	- 67 -
6.	CONCLUSIONES	- 68 -
7.	RECOMENDACIONES	- 70 -
8.	REFERENCIAS	- 71 -

ÍNDICE DE FIGURAS

	Paginas
Figura 1. Diagrama de proceso para pastas alimenticias	- 6 -
Figura 2. Producción de harina de trigo en México.	- 10 -
Figura 3. Huauzontle	- 17 -
Figura 4. Planta e inflorescencia de (a) <i>Amaranthus hypochondriacus</i> L., (b) <i>Amaranthus cruentus</i> L. y (c) <i>A.caudatus</i> L	- 21 -
Figura 5. Pixidio unilocuar de amaranto	- 21 -
Figura 6. Principales productores de amaranto en México	- 23 -
Figura 7. (a) Planta y (b) grano de arroz	- 25 -
Figura 8. Huauzontle después del lavado	- 31 -
Figura 9. Diagrama de proceso de la obtención de harina de flores y tallos de huauzontle.	- 32 -
Figura 10. Diagrama de procesos de masas para pastas alimenticias	- 33 -
Figura 11. Diagrama de proceso de las pastas alimenticias	- 34 -
Figura 12. Prueba de penetración	- 39 -
Figura 13. Cuestionario de prueba sensorial para pastas alimenticias con variación de CMC	- 43 -
Figura 14. Harina de flor y tallo de huauzontle	- 46 -
Figura 15. (A) Masa con 50-50%, (B) 35-65% y (C) 20-80% de harina de tallo y flor de huauzontle.	- 47 -
Figura 16. Dureza, gomosidad y cohesividad de diferentes formulaciones de masa de trigo y huauzontle: 50– 50% de harina de flor - tallos, 65-35% harina de flor - tallos y 80 – 20% harina de flor - tallos.	- 48 -
Figura 17. Elasticidad para las formulaciones de masas de trigo y de huauzontle. 50– 50% de harina de flor - tallos, 65-35% harina de flor - tallos y 80 – 20% harina de flor - tallos.	- 49 -
Figura 18. Pastas alimenticias de huauzontle con 0.25% de goma CMC	- 50 -
Figura 19. Luminosidad y croma en pastas con diferentes porcentajes de CMC: 0.25, 0.50 y 0.75% antes y después del cocimiento.	- 53 -
Figura 20. Cambio de color de las pastas alimenticias de huauzontle en diferentes formas: macarrón, tallarín, fideo y lasaña con diferentes porcentajes de CMC: 0.25, 0.50 y 0.75% de goma CMC.	- 54 -

Figura 21. Aumento de peso de las pastas alimenticias de huauzontle en diferentes formas: macarrón, tallarín, fideo y lasaña con diferentes porcentajes de CMC: 0.25, 0.50 y 0.75% de goma CMC.	- 55 -
Figura 22. Grado de hinchamiento de las pastas alimenticias de huauzontle en diferentes formas: macarrón, tallarín, fideo y lasaña con diferentes porcentajes de CMC: 0.25, 0.50 y 0.75% de goma CMC.	- 56 -
Figura 23. Porcentaje de absorción de agua de las pastas alimenticias de huauzontle en diferentes formas: macarrón, tallarín, fideo y lasaña con diferentes porcentajes de CMC: 0.25, 0.50 y 0.75%.	- 57 -
Figura 24. Dureza y fracturabilidad para macarrón elaborado con diferentes porcentajes de CMC: 0.25, 0.50 y 0.75%.	- 58 -
Figura 25. Parámetros de textura para tallarín elaborado con diferentes porcentajes de CMC: 0.25, 0.50 y 0.75%.	- 59 -
Figura 26. Parámetros de textura para fideo elaborado con diferentes porcentajes de CMC: 25, 0.50 y 0.75% de goma CMC.	- 60 -
Figura 27. Parámetros de textura para lasaña elaborada con diferentes porcentajes de CMC: 25, 0.50 y 0.75% de goma CMC.	- 60 -
Figura 28. Dureza y gomosidad de diversas pastas alimenticias de huauzontle elaboradas con diferentes porcentajes de CMC: 0.25, 0.50 y 0.75%.	- 61 -
Figura 29. Elasticidad de diversas pastas alimenticias de huauzontle elaboradas con diferentes porcentajes de CMC: 0.25, 0.50 y 0.75%.	- 62 -
Figura 30. Prueba sensorial de fideo y tallarín de huauzontle con diferentes porcentajes de CMC: 0.25, 0.50 y 0.75% de goma CMC.	- 64 -
Figura 31. Prueba sensorial de macarrón y lasaña elaborado con diferentes porcentajes de CMC: 0.25, 0.50 y 0.75% de goma CMC	- 65 -
Figura 32. Etiqueta posterior de las pastas alimenticias de huauzontle	- 67 -
Figura 33. Etiqueta superior de las pastas alimenticias de huauzontle.	- 68 -

ÍNDICE DE TABLAS

	Paginas
Tabla 1. Composición química en 100g de pasta alimenticia	- 5 -
Tabla 2. Aditivos mejoradores de textura	- 9 -
Tabla 3. Síntomas y signos de la enfermedad celiaca según la edad	- 12 -
Tabla 4. Productos comerciales libres de gluten	- 14 -
Tabla 5. Taxonomía del huauzontle	- 17 -
Tabla 6. Composición química del huauzontle	- 18 -
Tabla 7. Perfil de aminoácidos del huauzontle	- 18 -
Tabla 8. Producción de huauzontle en México	- 19 -
Tabla 9. Taxonomía del amaranto	- 20 -
Tabla 10. Contenido de aminoácidos en variedades de amaranto	- 22 -
Tabla 11. Composición química del amaranto	- 22 -
Tabla 12. Taxonomía del arroz	- 24 -
Tabla 13. Composición química y aporte nutrimental del arroz	- 26 -
Tabla 14. Formulación de masa para pastas.	- 32 -
Tabla 15. Parámetros texturales	- 39 -
Tabla 16. Resultados de la caracterización del huauzontle	- 45 -
Tabla 17. Resultados de la prueba microbiológica	- 46 -
Tabla 18. Resistencia y tiempo óptimo de cocción	- 52 -
Tabla 19. Análisis microbiológico	- 63 -
Tabla 20. Aporte nutricional de la formulación de pastas alimenticia de huauzontle seleccionada.	- 66 -



i. Resumen

RESUMEN

Las pastas alimenticias se dieron a conocer en el siglo XVIII en el sur de Italia, las cuales actualmente son consumidas en distintas presentaciones según la región, por ejemplo en el norte de Italia se consumen con jugos de carne y rellenas (ravioles), en el sur con jugos de tomate y aceite de oliva, muy similar a como se consume en México, donde los mayores consumidores son las familias con gran número de integrantes. En estos alimentos prevalece el gluten que es la porción proteica principal del trigo, avena, cebada y centeno presente en productos como el pan y pastas alimenticias principalmente, compuesta por prolaminas y glutelinas las cuales se encargan de desencadenar la respuesta inmune en el intestino principalmente en los celíacos, ya que al ser expuestas a éstas, se genera una reacción inflamatoria, que causa atrofia de las vellosidades que lo recubren, las cuales son responsables de la absorción de nutrientes, razón por la que se propuso la elaboración de pastas alimenticias libres de gluten a base de harina de amaranto, arroz, tallo y las flores de huauzontle fresco que permita incrementar el consumo en México, ya que debido a múltiples factores como son los recursos para el cultivo y el consumo de esta planta ha disminuido la producción desperdiciando lo poco que se produce debido a que solo es consumido en un platillo típico mexicano usando solo las panojas y desechando los tallos, ignorando el aporte en fibra y componentes en general de la planta.

Para esto se evaluaron las propiedades químicas (proteína, fibra y capacidad antioxidante) a los tallos y flores de huauzontle, calidad microbiológica después de la aplicación de un tratamiento térmico. A continuación se realizaron las formulaciones para la obtención de las masas, primero para seleccionar la cantidad de harina de flor y tallo de huauzontle (50:50%, 65:35% y 80:20%) que se utilizaría, evaluando la textura (TPA) y apariencia; la segunda para seleccionar la cantidad de aditivos mejoradores de las propiedades funcionales: variando la cantidad de CMC (0.25, 0.50 y 0.75%) presentes en las pastas alimenticias elaboradas (macarrón, tallarín, fideo y lasaña), evaluando la textura en crudo (pruebas de penetración) y cocidas (TPA), pruebas de calidad de pastas alimenticias (color, puntos blancos, resistencia a la cocción, absorción de agua, aumento de volumen y ganancia de peso), calidad microbiológica y pruebas sensoriales. Finalmente se realizó un análisis químico a la formulación de pastas alimenticias seleccionada, para conocer la composición química final y elaborar una etiqueta para dicho producto.

De los resultados se obtuvo que el huauzontle contiene la mayor cantidad de proteína en las flores con 3.65% mientras que la mayor cantidad de fibra fue en el tallo con 37.8%.

RESUMEN

Para la evaluación de la calidad microbiológica no hubo presencia de UFC de coliformes, pero en el caso de las UFC de mesofilos, hongos y levaduras estuvieron entre los intervalos establecidos por las normas tanto el huauzontle fresco y el producto final.

La formulación seleccionada fue utilizando 80% de flor y 20% de tallo; adicionada con 0.75% de CMC ya que presentó una apariencia uniforme libre de puntos blancos y grietas, además una resistencia de cocción de 15 minutos para formas gruesas, con un ΔE^* de 10.3 durante la cocción, valores mayores de dureza, además de una aceptabilidad de 5 en una escala de 1 a 7 según la opinión de los panelistas.

Las pastas alimenticias presentaron una composición química final: humedad 4.96%, proteína 10%, fibra cruda 2.87%, fibra dietética 0.98%, sodio 6.17 mg/g, cenizas 3.73%, carbohidratos 22.30% y lípidos 15.19%.



1. INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

Las pastas alimenticias son un producto elaborado por la desecación de las figuras obtenidas del amasado de semolina y/o harina de trigo, agua potable, huevo, ingredientes opcionales y aditivos (NMX-F-023-S-1980), que aunque no son propias de México son un alimento básico en la dieta de las familias mexicanas. Las más consumidas son los fideos, tallarines, espaguetis, macarrones y lasaña. En estos productos, prevalece el gluten que es la porción proteica principal en el trigo, el cual se emplea en la industria alimentaria principalmente en panadería, debido a las propiedades texturales que aporta, como elasticidad, adhesividad, esponjosidad (Nafría, 2002). También tiene múltiples usos para su elaboración en otros alimentos: potencializador de sabor en bebidas lácteas, fijador de nutrientes en el caso de cereales, en preparados cárnicos y como estabilizante de textura en pastas alimenticias (Nafría, 2002).

Actualmente se han realizado investigaciones sobre alimentos funcionales para evitar enfermedades, para ello se han buscado alternativas que sustituyan el gluten de trigo con algunos cereales y algunas hortalizas que tengan alto contenido de almidón. Por otra parte se ha iniciado investigaciones con nuevos alimentos para su aprovechamiento con el huauzontle, es una planta nativa de México que durante la época Prehispánica se utilizaba como pago al gobierno central de los aztecas por su valor alimenticio, ya que, esta hortaliza presenta altos niveles de aminoácidos como lisina, ácido glutámico, ácido aspártico y leucinas, además es rico en ácidos grasos insaturados (De La Cruz *et al*; 2001). Las hojas tienen la mayor cantidad de vitaminas y minerales, como fósforo, calcio y hierro, además de vitamina "A", complejo "B" completo y vitamina "E" como tocoferol, mientras que el tallo tiene la mayor cantidad de fibra, así como las ramas (Hernández e Inzunza.2016). Se consume principalmente en el centro del país, aunque su producción comercial se limita a los estados de Guerrero, Tlaxcala y Puebla, siendo este último el que ocupa el primer lugar en su producción aportando 2983 toneladas, con un valor aproximado de 8678.64 pesos por tonelada (SAGARPA 2013).

Sin embargo esta hortaliza presenta muchas funciones nutricionales muy importantes; pero la población mexicana lo usa solamente como un platillo tradicional (Carrillo, 2000). Por otra parte, la población actual, prefiere alimentos preparados instantáneos por moda o por tiempo sin importarles el aporte nutrimental. Por tal motivo en el presente trabajo se llevó a cabo el desarrollo de pastas alimenticias libres de gluten a base de harina de tallos, flores de huauzontle, amaranto y arroz para incrementar el consumo en México, además del desarrollo de un nuevo producto alimenticio como alternativa de consumo y para prevención de enfermedades en la población.



2. ANTECEDENTES

2.1. Pastas Alimenticias

2.1.1. Definición y origen de las pastas alimenticias

Las pastas son los productos obtenidos por desecación de las figuras obtenidas del extruido, laminado y amasado mecánico o manual de sémolas, semolinas o harinas procedentes de trigo duro, semiduro o blando, mezcladas con agua potable, con o sin huevo, aditivos y algunos ingredientes opcionales (Merino y Papparini, 2000), donde su origen tuvo lugar en el siglo XVIII en el sur de Italia, tal y como reflejan diferentes escritos de la época donde algunos investigadores adjudicaban el descubrimiento a Marco Polo en el siglo XIII, el cual la introdujo en Italia de vuelta de uno de sus viajes a China. Para otros se remonta mucho más allá, a antiguas civilizaciones etruscas, que la elaboraban mediante el machaque o trituración de diversos cereales y granos mezclados con agua, que luego cocían y resultando un alimento sabroso y nutritivo. Tiempo después esta se combinaba con más ingredientes para su cocción mayormente con salsas de tomate, lo que fue un paso que convirtió a la pasta en una comida italiana conocida internacionalmente (Villapol, 2015).

2.1.2. Composición química y valor nutricional

La pasta se compone básicamente de hidratos de carbono, conteniendo además una pequeña cantidad de grasa y minerales, los cuales son: hierro, calcio, fósforo, magnesio, cinc, cobre, manganeso, potasio y sodio (Dendy y Dobraszczyk, 2004). Al ser un alimento elaborado a base de sémolas de trigo, tiene un elevado contenido en carbohidratos, donde 100 g de pasta alimenticia contienen aproximadamente 75 g de hidratos de carbono, encontrados mayoritariamente en forma de carbohidratos complejos principalmente almidón y no como azúcares simples (Martínez y García, 2001).

El aporte de grasas es muy bajo, además de no contener colesterol sino grasas vegetales y en cantidades muy pequeñas (100 gramos de pasta contienen menos de 1 gramo de grasa). En cuanto al contenido proteico de la pasta, las proteínas más importantes son las gluteninas y las gliadinas, que le confieren elasticidad gracias a la red viscoelástica que se forma durante el amasado (gluten), pero por otro lado la pasta es deficiente en un aminoácido esencial como la lisina. Dicha red rodea al almidón, formando una estructura más fuerte que no se descompondrá tan fácilmente durante la cocción de la pasta (Dendy y Dobraszczyk, 2004).

El aporte de vitaminas y minerales es relativamente bajo, excepto en el caso de que la pasta haya sido enriquecida. Aun así, la pasta contiene vitaminas del grupo E y B, que son consideradas antioxidantes celulares. La pasta aporta también un porcentaje aceptable de

ANTECEDENTES

fibra vegetal (sobre todo las pastas integrales), lo que favorece el funcionamiento gastrointestinal y ayuda a metabolizar el colesterol y los triglicéridos.

En resumen, la pasta es un alimento básico aunque no es un alimento completo (Tabla 1), ya que aporta pocas proteínas de alto valor biológico y no contiene grasas, por lo que hay que complementarla con otros alimentos como los huevos, aceites, pescado y carne. La adición de huevo a las formulaciones de pasta fresca hace que el valor nutricional de la pasta aumente, gracias a las características composicionales que aporta (Hager *et al*; 2013).

Tabla 1. Composición química en 100g de pasta alimenticia

Componente Químico	Contenido	Componente Químico	Contenido
Hidratos de Carbono (g)	75	Sodio (mg)	7
Proteínas (g)	15	Zinc (mg)	73
Grasas(g)	1.1	Fosforo (mg)	258
Fibra (g)	5	Hierro (mg)	3.6
Vitamina B1 (mg)	0.5	Magnesio (mg)	143
Vitamina B2 (mg)	9	Manganeso (mg)	3.1

Fuente: Martínez y García (2001)

2.1.3. Tipos de pastas alimenticias

Los tipos de pasta se dan en función de la materia prima utilizada en su elaboración, o bien por la adición a ésta de otros componentes o de sus formas y tamaños (Ortega, 2016):

- **Pastas alimenticias simples:** las elaboradas con sémolas, semolinas o harinas procedentes de trigo duro, semiduro, blando o sus mezclas. Cuando sean elaboradas exclusivamente con sémola o semolina de trigo duro (*Triticum durum*), podrán clasificarse como de calidad superior.
- **Pastas alimenticias compuestas:** aquéllas a las que se les ha incorporado en el proceso de elaboración alguna o varias de las siguientes sustancias alimenticias: gluten, soja, huevos, leche, hortalizas, verduras y leguminosas, bien naturales, desecadas o conservadas, jugos y extractos. Podrán incorporarse otras sustancias alimenticias que en su momento sean autorizadas por la Dirección General de Sanidad.
- **Pastas alimenticias rellenas:** preparados constituidos por pastas alimenticias simples o compuestas que en formas diversas (empanadillas, cilindros, sándwich, etc.) contengan en su interior un preparado necesariamente elaborado con todas o algunas de las siguientes sustancias: carne de animales de abasto, grasas animales y vegetales, productos de pesca, pan rallado, verduras, hortalizas, huevos y agentes aromáticos autorizados.

ANTECEDENTES

- **Pastas alimenticias frescas:** cualquiera de las elaboradas de acuerdo con lo establecido en los epígrafes anteriores, pero que no han sufrido proceso de desecación.

Los tipos de pastas mencionados pueden dar otra clasificación de pastas alimenticias (*NMX-F-023-S-1980*), pero ahora conforme a la forma en que se elaboran las cuales son:

- Fideos
- Tallarines
- Menudas (pipirín, letras y otras)
- Fantasías (almeja, corbata y otras)
- Pasta larga (macarrón, espagueti y otras)
- Huecas (codos, conchas y otras).

2.1.4. Proceso de elaboración

Las pastas alimenticias requieren de un proceso descrito por el siguiente diagrama (Figura 1):

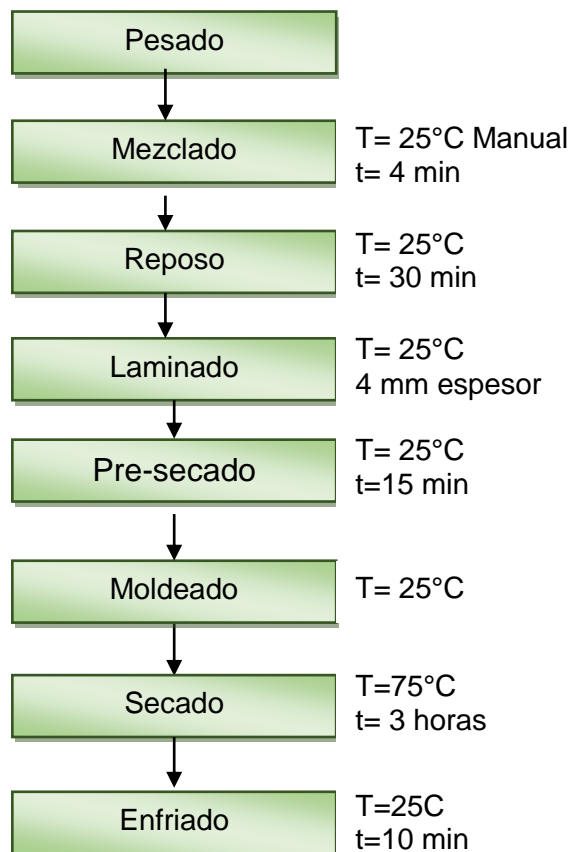


Figura 1. Diagrama de proceso para pastas alimenticias

Fuente: Hernández e Inzunza (2016)

El proceso de elaboración de las pastas alimenticias se describe a continuación las operaciones más importantes (Hernández e Inzunza, 2016);

- **Mezclado:** Es la primera etapa para formar la pasta comenzando por la hidratación de la sémola de trigo, añadiendo agua hasta alcanzar una humedad de 28 a 30%. La mezcla tiene como objetivo permitir que el gluten de la sémola pase de ser un material vítreo a un material gomoso y elástico que se capaz de formar cadenas y láminas mediante el establecimiento de puentes intermoleculares. Esta matriz proteica atrapa y encapsula al almidón manteniendo la forma del producto durante su elaboración y cocción.
- **Amasado:** Esta operación se refiere a la homogenización a presión del material mezclado, esforzándose aún más la red proteica que se crea previamente durante el mezclado. Este proceso debe continuar hasta que la masa adquiera cierta firmeza.
- **Laminado o extruido:** Este proceso dependerá de la forma que se quiera obtener la pasta alimenticia, en el caso de fideos y tallarines se lleva a cabo mediante un laminado donde la masa la cual es enrollada a través de dos cilindros lisos que se van acercando hasta tener la medida deseada. Por otro lado la extrusión se lleva acabo mecánicamente en un extrusor que moldeara la masa a figuras con mayor grosor como codos, macarrones, lasañas, plumillas, espirales, etc.
- **Secado.** Etapa que se encarga de la estabilidad microbiológica y bioquímica de producto. Haciéndola llegar a una humedad entre 10 y 14% de humedad en un secador de aire forzado con temperatura elevada, la coagulación de la proteína por el calor creara una red proteica permanente alrededor de los gránulos de almidón con una fuerza realzada.
- **Enfriado.** Una vez retirado el producto del secador se enfría en un lugar seco y fresco hasta temperatura ambiente.

2.1.5. Principales ingredientes y función tecnológica

Los ingredientes principales para elaborar pasta son el agua y la sémola de trigo generando una función en la elaboración de masa, descrita a continuación (Hernández e Inzunza, 2016):

- **Harina de sémola de trigo.** Es la materia prima principal encargada de la formación de masa debido al contenido proteico ya que en ella se encuentran las gluteninas y las gliadinas (gluten), que le confieren elasticidad gracias a la red viscoelástica que se

ANTECEDENTES

forma durante el amasado, dicha red rodea al almidón, formando una estructura más fuerte dando mayor resistencia durante la cocción.

- **Agua.** De esta depende la calidad del producto por lo que siempre debe ser potable, estando libre de contaminantes químicos y microbiológicos, incolora e inodora. En ella se dispersan todos los ingredientes, además se hidratan los almidones que junto con el gluten dan una masa elástica y plástica, también permite la total integración de ellos y una mejor manejabilidad de la masa para la posterior formación de las láminas de pasta.

Ingredientes Adicionales

Los ingredientes adicionales son aquellos que comúnmente se adicionan con el fin de enriquecer las propiedades nutritivas y sensoriales del producto, siendo las más comunes albumina de huevo o claras de huevo, otras harinas con mayor aporte proteico como la de soya, sal yodatada, algunas hortalizas, vitaminas, saborizantes, colorantes naturales o artificiales, etc. (Hernández e Inzunza, 2016):

- **Huevo:** Es el encargado de producir una textura y consistencia más fuerte en las pastas alimenticias, ayudando a la integración de la sémola de trigo con agua y también es el responsable de dar un color amarillo en estas. Por otra parte también ayuda al aumento del aporte nutrimental incrementando el contenido proteico.
- **Hortalizas:** Son utilizadas para enriquecimiento del producto en vitaminas y minerales, además de darle un color característico. Las más empleadas son las espinacas, la zanahoria, las alcachofas, la achicoria y el tomate.
- **Sal.** Se usa como Inhibidor en el desarrollo de microorganismos y reafirmador del sabor de las pastas alimenticias.
- **Suplementos proteínicos:** Las más comunes son la harina de soja, leche desnatada en polvo o gluten de trigo, las cuales son utilizadas como fortificantes.
- **Suplementos de vitaminas y minerales:** Las pastas que los contienen se llaman enriquecidas y estos suplementos pueden ser preparados especiales (hierro, vitaminas del grupo B) o complementos naturales (levadura de cerveza, germen de trigo, etc).
- **Además se utilizan aditivos mejoradores de textura:** Son usados para pastas elaboradas a base de harinas libres de gluten, con el objetivo de obtener pastas con textura semejante a la convencional, los más utilizados se muestran en la Tabla 2.

ANTECEDENTES

Tabla 2. Aditivos mejoradores de textura

Aditivo	Uso
Goma Guar	Es utilizada en diferentes tipos de masas durante el amasado, aumenta el rendimiento, da mayor elasticidad, vida de estante más larga y mejores propiedades de manejo
Goma Xantana.	Aporta elasticidad, mejora la textura de las pastas, da mayor espesor y estabiliza la humedad de la masa.
Goma Carboximetil celulosa (CMC).	Utilizado como espesante y estabilizante en dosis recomendadas de 1% a 2.5%. Se usa para la elaboración de diferentes masas porque aporta elasticidad, lo que permite estirla sin que se rompa, también actúa como estabilizante, equilibrando la humedad de la masa para que no se resquebraje

Fuente: Fennema (2000)

2.1.6. Calidad de pastas alimenticias

Para la evaluación de la calidad de pastas se efectúan varias pruebas dentro de las que se incluyen pruebas de cocción: tiempo de cocción, grado de absorción, grado de hinchamiento, porcentaje de sedimento y tolerancia a la cocción.

Por otra parte también se encuentran las pruebas sensoriales donde los parámetros que se evalúan son:

- **Color.** Característico del producto según su composición
- **Olor.** Detectar olores extraños
- **Textura.** Consistencia dura
- **Aspecto.** La pasta no debe contener agrietamientos y/o estrellamientos durante su embazado. Al romper la fractura debe ser uniforme y sin producción de astillas.

Las pastas también requieren de pruebas físicas como son (Hernández e Inzunza, 2016):

- **Puntos blancos en la superficie.** Es el resultado de un mezclado y un amasado deficiente ocasionando que la sémola no fuera uniforme. Este efecto también es ocasionado por el empleo de una sémola de un tamaño de partícula variable, de tal manera que al hidratarse más rápidamente las partículas más pequeñas se origina una hidratación heterogénea, lo que durante el secado se traduce en puntos blancos en la superficie del producto.
- **Tiempo óptimo de cocción.** Es el momento en el cual desaparece la zona blanquecina de la sémola, correspondiente al almidón que aún permanece sin gelatinizar.
- **Tolerancia a la cocción.** La pasta alimenticia se somete a una cocción hasta que se observe tres trozos de pasta alimenticia agrietados o totalmente deshechos.

ANTECEDENTES

- **Sólidos Sedimentables.** Al cocer la pasta se desprende una determinada cantidad de partículas de harina que se depositan al fondo del recipiente. Es el volumen en mililitros que ocupa el sedimento del producto por la pasta durante el cocimiento. Este sedimento está constituido principalmente por almidón perdido por la pasta por efecto de la cocción y un menor porcentaje de este indica una mayor cantidad de gluten y por lo tanto de sémola. El agua de cocción debe quedar libre de gluten. Cuando más turbia sea, más almidón se habrá disuelto del presente en la matriz proteica.
- **Grado de hinchamiento.** Es el porcentaje que mide la cantidad de agua absorbida por la pasta a partir del volumen.

2.1.7. Producción y consumo de pastas alimenticias en México

La producción de harina de trigo y pastas alimenticias está concentrada a nivel nacional y regional, donde el gran consumo está en las grandes ciudades urbanas del país, mientras que los grandes productores no son los que elaboran más productos derivados de trigo, es el caso de Sonora siendo el productor nacional líder, pero solo lo produce en escala reducida. La molienda de trigo se concentra en el siguiente orden: Ciudad de México (15%), Puebla (13%), Guanajuato (10%), Michoacán (8%), Jalisco (7%) y Sonora (7%) (Figura 2).



Figura 2. Producción de harina de trigo en México.

Fuente: Hernández e Inzunza (2016)

ANTECEDENTES

En el 2018 se reportó que en un año, los mexicanos compran por lo menos espagueti un 8.6% ocasiones e invierten 83 pesos con los que compran 3.8 kilos del mismo. También se reporta que las familias con mayor número de niños son las más consumidoras de pastas alimenticias en general, promediando 12.7 kilos de pasta al año, donde el 29% de este volumen corresponden a espagueti, 24% a fideo y 15% a codo. Además representa un gasto económico del hogar de 1.2% en pastas (Cantera, 2018).

2.2. Efectos del consumo de gluten

2.2.1. Gluten

El gluten es la porción proteica principal del trigo, avena, cebada y centeno (TACC) que comprende una porción soluble en alcohol (prolaminas) y otra insoluble en alcohol (glutelinas) las cuales no son solubles en agua pero tiene la capacidad de adherir. Ambas proteínas (prolaminas y glutelinas) en contacto con agua y sometidas a un proceso de amasado forman una red viscoelástica por lo que el gluten tiene gran aplicación en la industria alimenticia principalmente en la panadería, ya que es utilizado debido a las propiedades texturales que aporta como elasticidad, adhesividad, esponjosidad y ayuda a que sea crujiente debido a la detención de gas carbónico producido en la fermentación. También tiene varias aplicaciones en alimentos para su elaboración, como potencializador de sabor en yogurt y bebidas lácteas, fijador de nutrientes en el caso de cereales, en preparados cárnicos y pastas alimenticias como estabilizante de textura dándole fuerza y elasticidad (Nafría, 2002).

2.2.2. Enfermedad Celiaca

La Enfermedad Celiaca (EC) es una enfermedad autoinmune, crónica multifactorial y multisistémica, provocada por la ingestión de prolaminas y gluteninas contenidas en el gluten del trigo, de la cebada, del centeno, de la avena y de mezclas de estos como el triticale y en productos que los contengan, como alimentos procesados, medicamentos, cosméticos y otros. No es el gluten en sí sino las prolaminas y glutelinas, las responsables de desencadenar la respuesta inmune en el intestino del celíaco, específicamente el péptido 33-mer de la gliadina (prolamina de la harina de trigo) parece ser el más inmunogéno (Polanco, 2005).

Cuando el intestino de una persona celíaca se expone a estas proteínas tóxicas, se genera una reacción inflamatoria que causa atrofia de las vellosidades que recubren el intestino y que son las que permiten la absorción de nutrientes dando como consecuencias una lesión intestinal a falta de la absorción de nutrientes provocando un déficit nutricional de hierro, proteínas o alguna vitamina que es necesaria corregir con una buena suplementación (Polanco, 2005).

2.2.3. Causas y síntomas

La enfermedad celiaca se caracteriza por múltiples manifestaciones clínicas, con síntomas gastrointestinales que afectan la mucosa del intestino, afectando la absorción de nutrientes y generando problemas ginecológicos hasta trastornos psíquicos y psiquiátricos, las cuales se diferencian según la edad en la cual se manifiesta. Cuando la enfermedad se encuentra en su fase activa el proceso inflamatorio compromete todo el organismo, produciendo alteraciones en el estado anímico con insomnio llegando incluso a la depresión, afectando la calidad de vida de las personas que la padecen y las familias.

La sintomatología clásica incluye diarrea malabsortiva, vómitos, cambios de carácter, falta de apetito, estacionamiento de la curva de peso y retraso del crecimiento mostrado en la Tabla 3. Sin embargo, cada vez son más frecuentes las formas clínicas sin manifestaciones digestivas, tanto en niños como en adultos. No obstante, nunca se iniciará la exclusión de gluten de la dieta sin realizar previamente una biopsia intestinal. Cuando la enfermedad evoluciona sin tratamiento, pueden aparecer formas graves (crisis celíaca), con presencia de hemorragias cutáneas o digestivas (por defecto de síntesis de vitamina K y otros factores K dependientes a nivel intestinal), tetania hipocalcémica y edemas por hipoalbuminemia. Puede producirse también una severa deshidratación hipotónica, gran distensión abdominal por marcada hipopotasemia y malnutrición extrema, todo esto ocurre en casos de no realizar un diagnóstico o tratamientos adecuados (Polanco, 2005).

Tabla 3. Síntomas y signos de la enfermedad celiaca según la edad

Síntomas			Signos		
Niños	Adolescentes	Adultos	Niños	Adolescentes	Adultos
Diarrea	Dolor abdominal	Dispepsia	Mal nutrición	Talla baja	Mal nutrición
Vomito	Cefalea	Diarrea	Distención abdominal	Aftas orales	Talla baja
Dolor abdominal	Irregularidades menstruales	Dolor abdominal	Hipotrofia	Distención abdominal	Anemia Ferropénica
Irritabilidad	Estreñimiento	Dolores óseos	Anemia	Artritis	Hipoesplenismo
Apatía	Asintomáticos en algunos casos	Infertilidad	Talla baja	Anemia por déficit de hierro	Miopatía

Fuente: Polanco (2005)

2.2.4. Productos celiacos

ANTECEDENTES

No hay tratamiento farmacológico. La única forma terapéutica es la supresión en la dieta de productos que tienen gluten, concretamente todos los productos que incluyen harinas de cebada, centeno, avena y trigo. Igualmente y dependiendo del grado de malabsorción y/o de malnutrición del paciente, el tratamiento dietético inicial puede ser necesario el recomendar una dieta hipoalérgica, hipercalórica o pobre en fibra. Los suplementos de hierro y/o otros minerales no suelen ser necesarios, excepto en situaciones de deterioro nutricional importante (Polanco, 2005).

La asociación británica para celíacos (Coeliac Society) reconoce los siguientes alimentos como libres de gluten y aptos para el consumo (NASPGHAN, 2005).

- **Granos y harinas.** Todos los granos, harinas y mezclas de harinas etiquetadas como libres de gluten, incluyendo amaranto, incluyendo amaranto, tapioca, almidón de tapioca, harina de castaña, harina de garbanzo, maíz, almidón de maíz, almidón modificado, harina de mostaza, harina de papa, almidón de papa, arroz, salvado de arroz, sorgo, harina de soya.
- **Pan, pasteles y galletas.** Todos los productos etiquetados como libres de gluten tales como: galletas dulces, galletas saladas, pan dulce, bolillo, pasteles.
- **Pasta y noodles.** Todos los productos etiquetados como libres de gluten tales como: pasta de maíz, noodles de arroz, pasta de arroz.
- **Cereales de desayuno.** Todos los productos etiquetados como libres de gluten tales como: papillas de arroz o de mijo.
- **Carne y pollo.** Todo tipo de carne fresca, curada, cocida, ahumada, tanto roja como blanca.
- **Alternativas de carne.** Tofu.
- **Pescado y mariscos.** Todo tipo de pescados y mariscos deshidratados, frescos, ahumados, enlatados en salmuera, en agua, en aceite.
- **Queso.**
- **Leche y productos lácteos.** Todo tipo de leche (líquida y deshidratada), todo tipo de crema (acidificada, doble crema, batida), suero de leche, queso fresco, yogurt natural.
- **Grasas y aceites.** Mantequilla, aceite de cocina, manteca de cerdo, margarina y productos untables reducidos y bajos en grasa.
- **Frutas y vegetales.** Todo tipo de frutas y vegetales, enlatados, deshidratados, frescos, congelados, en puré.
- **Papas.** Todo tipo de papa, horneada, hervida o en puré
- **Nueces, semillas y leguminosas.** Todo tipo de nueces, semillas y leguminosas puras (chícharos, lentejas, frijoles)
- **Botanas saladas.** Palomitas de maíz hechas en casa, pasteles de arroz, galletas de arroz

ANTECEDENTES

- **Conservas y untables.** Conservas, jarabe de glucosa, miel, jalea, mermelada, azúcar, melaza, extracto de levadura.
- **Sopas, salsas, productos en escabeche y sazonadores** Todo tipo de vinagres, ajo, pimienta molida, hierbas, especias, sal, puré de tomate, salsa inglesa.
- **Confitería y postres.** Conos de helado libres de gluten, gelatina.
- **Bebidas.** Sidra, bebidas gaseosas claras, cocoa, café, jugo de frutas, cerveza de jengibre, cervezas libres de gluten, jerez, alcohol, te, agua, vino.
- **Ingredientes para elaborar productos horneados en casa.** Edulcorantes de alta intensidad, bicarbonato de sodio, colorantes alimenticios, grenetina, azúcar glass, levadura (deshidratada y fresca).

2.2.5. Productos comerciales sin gluten

En México algunas empresas de la industria alimentaria han empezado a desarrollar productos “sin gluten” destinados a este sector de la población y a llevar a cabo análisis para detectarlo y evitar riesgos en áreas de una calidad y seguridad en los alimentos que fabrican, los cuales ya son comercializados en zonas reconocidas y transitadas por población de alto prestigio con precios doblemente o triplemente por encima de los productos convencionales, mostrando algunos ejemplos en la Tabla 4.

Tabla 4. Productos comerciales libres de gluten

Producto	Descripción	Precio
----------	-------------	--------

ANTECEDENTES

	Spaghetti marca Barilla sin gluten 340 g	\$60.50 Chedai \$62.50 Superama
	Pan marca Sanissimo sin gluten con semillas 1 Pieza 430 g	\$98.45 Chedai
	Panquecitos marca Sanissimo con mora azul y sabor vainilla sin gluten 80 g	\$26.00 Walmart
	Harina marca San Blas para hot cakes sin gluten 900 g	\$59.00 Walmart
	Tortillas de amaranto Rafita sin gluten 400 g	\$39.50 Walmart

Fuente: Walmart México y Centroamérica (2019).

2.2.6. Normatividad de alimentos para celíacos

En México existen diversas enfermedades, trastornos o discapacidades entre los que encontramos el autismo, la enfermedad celíaca, padecimiento de colon irritable, fatiga crónica, migraña, etc., que en algunos casos se encuentran en estado de vulnerabilidad que pueden tener una mejoría total o parcial siguiendo una dieta libre de gluten, por lo que hace que su dieta sea limitada y para llevarla a cabo, los alimentos deben de ser específicos basándose en las siguientes normas:

En la Norma Oficial Mexicana NOM-051-SCFI/SSA1-2010, que regula las Especificaciones Generales de Etiquetado para Alimentos y Bebidas no Alcohólicas Preenvasados – Información Comercial y Sanitaria, mencionando que en la posibilidad de que existan alimentos que pueden generar intolerancia o alergia, tales como los cereales que contienen gluten. En el mismo sentido, la norma NOM-247-SSA1-2008, (Productos y servicios.

ANTECEDENTES

Cereales y sus productos. Cereales, harinas de cereales, sémolas o semolinas. Alimentos a base de: cereales, semillas comestibles, de harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificación. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales), establecen que en alimentos producidos con gluten, se debe incluir la siguiente leyenda precautoria: “este producto contiene gluten”, o alguna otra equivalente. También se elaboró una Gaceta Parlamentaria en el 2014 que reforma los artículos 114, 115, 216 y 218 de la Ley General de Salud, con especificaciones y alimentación adecuada para cada enfermedad antes mencionada.

Sin embargo estas normas no son suficiente para cubrir una lista total de los alimentos que pueden consumir personas con las enfermedades mencionadas y que requieren de alimentos que no contengan gluten, para continuar con una dieta balanceada; por ello es importante etiquetar los alimentos con la leyenda: “libre de gluten”.

2.3. Huauzontle

2.3.1. Morfología y Taxonomía

El huauzontle (*Chenopodium nuttalliae*) es una planta de consumo tradicional que México dio al mundo, de periodo anual y de rápido crecimiento. Su nombre proviene del náhuatl huauhtzontli, donde huauhtli es bledo, y tzontli, cabello; esto es, cabello o maleza del bledo, nombre que deriva de su forma ramificada, donde su característica principal es la forma de un pequeño arbolito alargado, con tallo y ramas gruesas, flores en forma de bolita con coloraciones verdes, amarillas, rojas y rosas, que se reúnen en espigas con 5 sépalos de color verdoso en forma de racimo de 30 a 80 cm por 55 – 30 cm de grosor (SAGARPA, 2013). También presenta un crecimiento herbáceo de la planta erecto, tallo principal prominente y cilíndrico con diversidad de color verde, purpura y amarillo (De La Cruz et al., 2001), su grosor puede cambiar según la variedad de 1-8 cm de diámetro con un tallos esponjoso, hueco rico en pectina y celulosa (Figura 3).

ANTECEDENTES



Figura 3. Huauzontle

Fuente: Wilson *et al* (1999).

Las hojas son alternas, triangulares y onduladas de color verde, grueso y carnoso, de 1.2 a 12 cm de largo y 0.5 a 7 cm de ancho, además de ser ricas en oxalatos (oxalato de calcio), que forman una especie de “arenilla” en la superficie de las hojas (De La Cruz *et al*; 2001).

El huauzontle (*Cehenopodium nutalliae*) es una planta dicotiledónea, perteneciente al grupo de los pseudocereales, debido a que posee semillas con gran cantidad de endospermo amiláceo (apto para la elaboración de harinas) y por la ausencia de gluten. A continuación en la Tabla 5 se muestra la clasificación taxonómica del huauzontle.

Tabla 5. Taxonomía del huauzontle

Clasificación Taxonómica	
Reino	<i>Plantae</i>
Clase	<i>Magnoliophyta</i>
Orden	<i>Caryophyllales</i>
Familia	<i>Amaranthaceae</i>
Genero	<i>Chenopium</i>
Especie	<i>Berlandieri</i>
Subespecie	<i>Nattalliae</i>

Fuente: Martínez y Nieves (2016).

2.3.2. Composición química y nutricional

El huauzontle es un alimento muy completo por su alto nivel alimenticio, ya que al ser un pseudocereal presenta un gran cantidad de proteína con aporte de aminoácidos como lisina, ácido glutámico, ácido aspártico y leucinas, además es rico en ácidos grasos insaturados (12.28% de ácido linoleico u omega 3, 52.82% de ácido linoleico u omega 6 y 23.79% de ácido oleico u omega 9) (Falcón *et al.*; 2007), siendo valores similares a los de quínoa (Tabla 6). Un estudio

ANTECEDENTES

realizado para harina de huauzontle con un contenido de proteína de 19.5% permitió obtener un perfil de aminoácidos (Tabla 7) (Wilson *et al*; 1999).

Las hojas del huauzontle tienen la mayor cantidad de vitaminas y minerales, como fósforo, calcio y hierro, además de vitamina "A", complejo "B" completo y vitamina "E" como tocoferol, mientras que el tallo tiene la mayor cantidad de fibra, así como las ramas.

Tabla 6. Composición química del huauzontle

Componente químico	%
Humedad	74.20
CHO`S	13.46
Proteína	5.25
Fibra	3.12
Cenizas	3.40
Lípidos	0.57

Fuente: Hernández e Inzunza (2016).

Tabla 7. Perfil de aminoácidos del huauzontle

Aminoácidos	A.A. (%) en CP	Aminoácidos	A.A. (%) en CP
Metionina	0.359	Histidina	0.473
Cistina	0.256	Fenilalanina	0.994
Lisina	1.142	Glicina	1.040
Treonina	0.802	Serina	0.814
Arginina	1.120	Prolina	0.915
Isoleucina	0.844	Alanina	0.932
Leucina	1.426	Ácido Aspártico	1.661
Valina	0.977	Ácido Glutámico	2.034

AA: Aminoácidos; CP: Proteína cruda

Fuente: Martínez *et al.* (2016).

Respecto a los nutrientes del huauzontle al compararlos con otros cereales, contiene el doble de proteínas que el maíz, el triple que el trigo y casi la misma cantidad que la leche, cuenta con más propiedades nutritivas que la acelga, col y espinaca como es el caso del hierro, con respecto a la cantidad de fibra que contiene, se le considera un excelente digestivo, además por la ausencia de gluten se cree una alternativa para la población sensible a este (Martínez *et al*; 2016).

ANTECEDENTES

Cabe destacar que el huauzontle contiene saponinas, las cuales mejoran el sistema inmunológico, son antioxidantes y ayudan a reducir los niveles de colesterol. Estas se caracterizan por dar un sabor ligeramente amargo a los alimentos, son difíciles de absorber por el cuerpo humano, pero la mayoría de ellos son destruidos durante la cocción. Además del huauzontle, las saponinas son comunes en muchos alimentos como los frijoles, la cáscara de la uva, las aceitunas, la soya, la mandioca o yuca y los espárragos (Valadés, 2016).

2.3.3. Importancia económica

Se consumen principalmente en el centro del país, aunque su producción comercial se limita a los estados de Guerrero, Tlaxcala y Puebla, siendo este último el que ocupa el primer lugar en su producción.

El huauzontle es una planta nativa de México por lo que no hay exportación y mucho menos importación lo cual produce anualmente 3 mil 206 toneladas en aproximadamente una superficie de 291 hectáreas, en donde Puebla aporta 2983 toneladas, producidas principalmente en los municipios de Atlixco, Huaquechula, Santa Isabel Cholula, Tecali de Herrera, Chiautzingo y San Jerónimo Tecuanipan, con un valor aproximado de 8,678.64 pesos por tonelada y otros estados como Guerrero lo producen pero en cantidades menores como se muestra en la Tabla 8 (SAGARPA, 2013).

Tabla 8. Producción de huauzontle en México

Estado	Producción (Ton)	Valor de la producción (miles de pesos)
Guerrero	8.00	66.34
Puebla	2983.00	8678.64
Tlaxcala	198.00	1298.40
Total	3189.00	1003.38

Fuente: SAGARPA (2013).

2.3.4. Usos

Es una especie domesticada y cultivada por distintas culturas prehispánicas, en la actualidad se presenta como una opción alimentaria importante, su cultivo es tradicional y en pequeña escala en algunas zonas del Estado de México, Guerrero, Puebla y Tlaxcala lo utilizan en platillos típicos. Sin embargo puede ser una alternativa de producción de almidón dada su facilidad de extracción, rendimiento considerable y posibilidades diversas de uso en alimentos y en la industria como por ejemplo obtención de harinas (Martínez *et al.*, 2016).

2.4. Amaranto

2.4.1. Morfología y Taxonomía

El amaranto es una planta perteneciente a la familia de las amarantáceas, la cual posee 70 géneros y más de 850 especies. El género *Amaranthus* tiene más de 60 especies, siendo las más importantes y conocidas las siguientes: a) *Amaranthus caudatus* L., b) *Amaranthus hypochondriacus* L., c) *Amaranthus cruentus* L., d) *Amaranthus hybridus* L., e) *Amaranthus tricolor* L., f) *Amaranthus blitum* L., g) *Amaranthus dubius* L. y h) *Amaranthus virides* L. Presentando su clasificación taxonómica en la Tabla 9.

Tabla 9. Taxonomía del amaranto

Clasificación Taxonómica	
Reino	<i>Plantae</i>
Clase	<i>Dicotyledoneae</i>
Orden	<i>Centrospermales</i>
Familia	<i>Amaranthaceae</i>
Genero	<i>Amaranthus</i>
Especie	<i>hypochondriacus</i>

Fuente: Tapia (1997).

El amaranto es una especie anual, herbácea o arbustiva de diversos colores que van del verde al morado o púrpura con distintas coloraciones intermedias (Tapia, 1997). La inflorescencia del amaranto corresponde a panojas amarantiformes o glomeruladas muy vistosas, terminales o axilares, que pueden variar de totalmente erectas hasta decumbentes, con colores que van del amarillo, anaranjado, café, rojo, rosado, hasta el púrpura; el tamaño varía de 0.5-0.9 m pudiendo presentar diversas formas incluso figuras caprichosas y muy elegantes. Son amarantiformes cuando los amentos de dicasios son rectilíneos o compuestos dirigidos hacia arriba o abajo según sea la inflorescencia erguida o decumbente y es glomerulado cuando estos amentos de dicasios se agrupan formando glómérulos de diferentes tamaños como se muestra en la Figura 4 (Tapia, 1997).

El fruto es una cápsula pequeña que botánicamente corresponde a un pixidio unilocular, la que a la madurez se abre transversalmente, dejando caer la parte superior llamada opérculo, para poner al descubierto la inferior llamada urna, donde se encuentra la semilla (Figura 5). Siendo dehiscente por lo que deja caer fácilmente la semilla (Brenner, 1990).

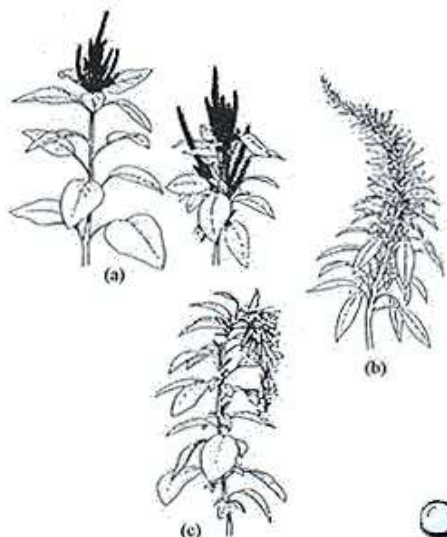


Figura 4. Planta e inflorescencia de (a) *Amaranthus hypochondriacus* L., (b) *Amaranthus cruentus* L. y (c) *A. caudatus* L.
Fuente: Tapia (1997)

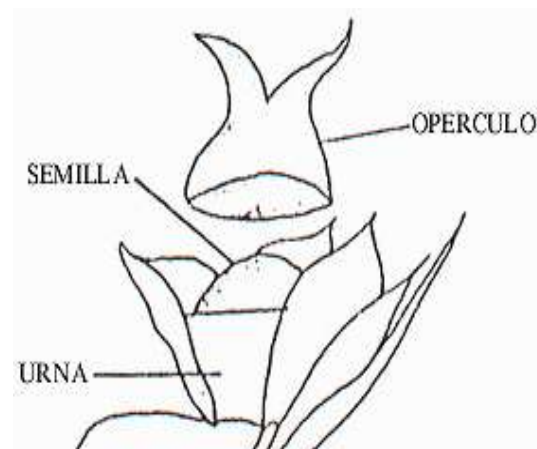


Figura 5. Pixidio unilocuar de amaranto
Fuente: Brenner (1990)

2.4.2. Composición química y nutricional

El grano de amaranto posee aproximadamente un 15-18% de proteína, un porcentaje un poco más alto que el de los cereales tradicionales: el maíz presenta un 9,33%; el arroz 8,77% y el trigo 14,84%. Sin embargo, su importancia no radica en la cantidad sino en la calidad de la misma con un excelente balance de aminoácidos, con un 16.6% de lisina, aminoácido esencial en la alimentación humana, ya que ayuda al crecimiento, formación de enzimas, anticuerpos, obtención de energía y síntesis de proteínas; que comúnmente es más limitado en otros cereales. Su aminoácido más limitante es la leucina, que permite que la proteína de las variedades de amaranto se absorba y utilice hasta el 70%, cifra que asciende hasta el 79% según la variedad de amaranto la cual de ella depende la cantidad de aminoácidos presentes (Tabla 10). Por lo que una combinación de arroz y Amaranto, en una proporción de 1:1 ha sido reportada como excelente para alcanzar las especificaciones de proteínas recomendada por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

ANTECEDENTES

Tabla 10. Contenido de aminoácidos en variedades de amaranto

Aminoácidos	Patrón de aminoácidos(a)	<i>A. caudatus</i> (b)	<i>A. hypochondriacus</i> (c)	<i>A. cruentus</i> (c)
isoleucina	28	52	39	36
leucina	66	46	57	51
lisina	58	67	55	51
fenilalanina + tirosina	63	63 (d)	73	60
treonina	34	51	36	34
triptofano	11	11	---	---
valina	35	45	45	42
histidina	19	25	25	24

Fuente: Nieto (1990).

El componente principal en la semilla del amaranto es el almidón, representa entre 50 y 60% de su peso seco. El diámetro del gránulo de almidón oscila entre 1 y 3 micrones, mientras que los de maíz son hasta 10 veces más grandes y los de la papa pueden ser hasta 100 veces mayores. Estas reducidas dimensiones del gránulo de almidón del amaranto facilitan su digestión, que resulta de 2.4 a 5 veces más rápida que el almidón de maíz. A su vez, el grano de amaranto no posee gluten, por lo que es un alimento apto para celíacos, que son personas que tienen una reacción alérgica al gluten (Food Research International, 2010).

Es fuente de Vitaminas A, B, C y D; minerales como magnesio, potasio, calcio, hierro y fósforo. Aporta 10 veces más calcio que el trigo. Son fuente de folato esencial en la formación de los glóbulos rojos y material genético, importante para la fertilidad. Contiene entre 5 y 8% de grasas saludables, entre ellas el escualeno, un tipo de grasa precursora de colesterol “bueno”. A continuación en la Tabla 11 se presenta la cantidad de nutrientes del amaranto (Food Research International, 2010).

Tabla 11. Composición química del amaranto

Característica	Contenido
Energía (kcal)	391
Proteína (g)	12-19
Carbohidratos (g)	71,8
Lípidos (g)	6,1 - 8,1
Fibra (g)	3,5 - 5,0
Cenizas (g)	3,0 - 3,3

Fuente: Food Research International (2010)

2.4.3. Importancia económica

Los principales países que cultivan el amaranto de grano son India, Kenya, México, Nepal, Perú, EE.UU., Rusia y China siendo el último, el principal exportador de este grano. Las exportaciones e importaciones que realizó de este producto crecieron de 2005 al 2010 en promedio, se exportaron 111.78 millones de dólares y se importan 142.08 millones de dólares durante el periodo Contexto Internacional (SAGARPA, 2014).

En el contexto regional la producción de amaranto se concentra en la zona central de México, Morelos, Tlaxcala, Estado de México, Distrito Federal y Puebla, siendo este el de mayor toneladas producidas (Figura 6). Durante el periodo de 1982 a 2010 la superficie sembrada y el volumen de producción de amaranto en México registraron tasas de crecimiento media anual (TCMA) de 8.17 y 15.34% alcanzando más de tres mil hectáreas, con un promedio de 3047. El porcentaje de participación del valor de la producción del amaranto en el valor de la producción agrícola total, creció a una tasa media anual de 8.17 % durante el mismo periodo sin embargo, en México el amaranto no ocupa un lugar dentro de los productos que son considerados básicos y estratégicos (SAGARPA, 2014).

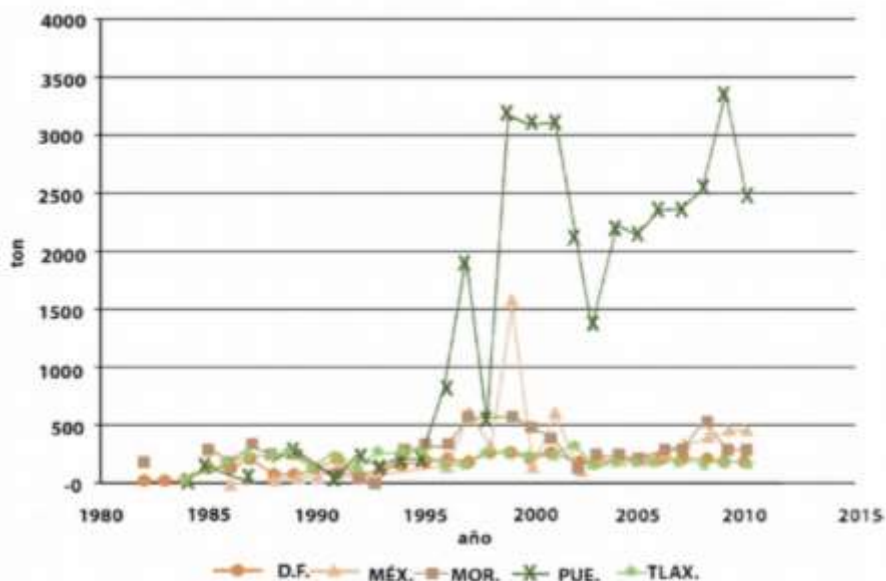


Figura 6. Principales productores de amaranto en México

Fuente: SAGARPA (2014).

En los últimos años, de acuerdo con datos del Anuario Estadístico de la Producción Agrícola, del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), reportaron una caída en la

ANTECEDENTES

producción de amaranto, ya que en 2015 rebasó las 8 mil 550 toneladas y para el año pasado apenas llegó a 4 mil 950 (Lira, 2017).

2.4.4. Usos

Los grandes transformadores y productores de amaranto en México realizan todo el proceso de industrialización del grano, donde se elabora una gran diversidad de productos, donde el 58.9% de productos se consumen en forma de alegrías (dulce tradicional), que está elaborado con miel, azúcar o piloncillo y algunos otros ingredientes. Pero también productos con gran aceptación en el mercado como palanquetas simples (24.3%) en obleas (7.9%), como cubiertos (6.3%), y lo demás en otros productos como complemento alimenticio, en productos dietéticos y tiene un importante potencial en la industria por sus tipos de aceites, almidones y proteínas (SAGARPA, 2014).

2.5. Arroz

2.5.1. Morfología y taxonomía

El arroz (*Oryza sativa*, L.) es una planta monocotiledónea perteneciente a la familia Poaceae de las gramíneas, solo por mencionar parte de su taxonomía la cual se encuentra descrita en la Tabla 12 (Silva. 2008).

Tabla 12. Taxonomía del arroz

Clasificación Taxonómica	
Reino	<i>Plantae</i>
Clase	<i>Magnoliophyta</i>
Orden	<i>Poales</i>
Familia	<u><i>Poaceae</i></u>
Genero	<i>Oryza</i>
Especie	<i>Oryza Sativa L.</i>

Fuente: Silva (2008).

El arroz es una gramínea que presenta tallos redondos huecos y compuestos por nudos y entrenudos, hojas de lámina plana que se unen al tallo por medio de una vaina y su macollamiento es en forma de candelabro. En el punto de unión entre la vaina y la hoja del arroz está el cuello y en él aparecen dos estructuras muy diferenciadas: una lígula o prolongación de forma alargada y de color blanquecino y dos aurículas una en cada extremo en forma de hoz velluda que abrazan al tallo (Figura 7a). En el caso de las flores son

ANTECEDENTES

hermafroditas de color verde blanquecino dispuestas en espiguillas cuyo conjunto constituye una panoja grande, terminal, estrecha y colgante después de la floración (SAGARPA, 2017). La inflorescencia es una panícula determinada que se localiza sobre el vástago terminal, siendo una espiguilla la unidad de la panícula, y consiste en dos lemmas estériles, la raquilla y el flósculo. Finalmente el grano de arroz es el ovario maduro que está formado por el cariópse y por cáscara, está última compuesta de glumas (Figura 7b). A su vez el cariópse, está formado por el embrión, el endosperma, capas de aleurona (tejido rico en proteínas), tegmen (cubierta seminal), y el pericarpio (SAGARPA, 2017).

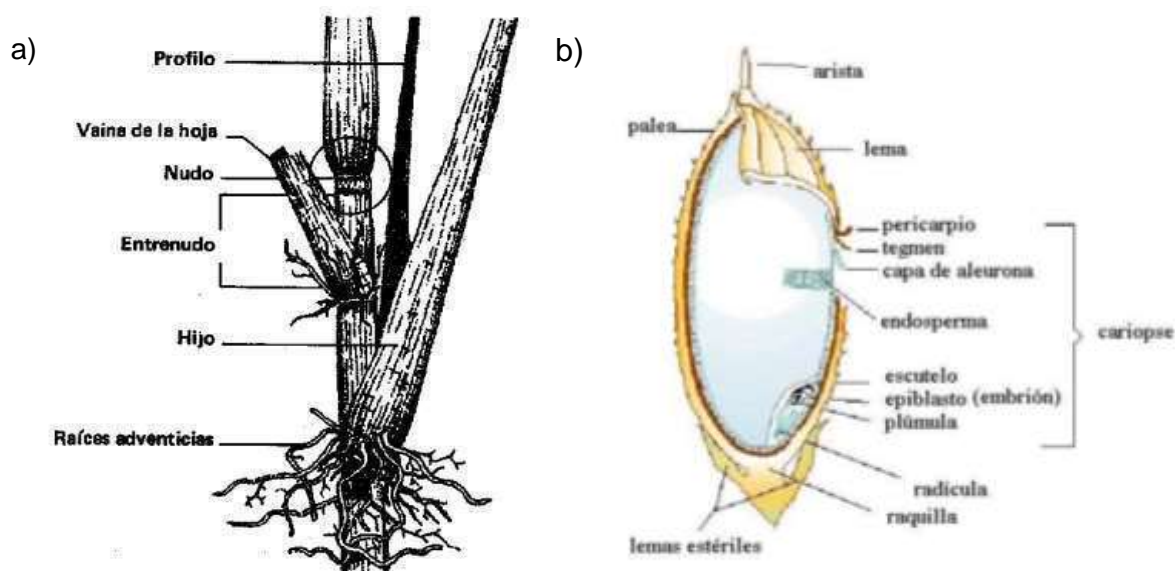


Figura 7. (a) Planta y (b) grano de arroz
Fuente: Silva (2008)

2.5.2. Composición química y nutricional

El arroz es un cereal con alta cantidad de carbohidratos principalmente almidón que se compone de amilosa y amilopectina, siendo la proporción de cada una la que determina las características culinarias del producto. Tiene un pequeño aporte de proteínas (7%), es rico en fibra especialmente en el caso de los granos integrales, llegando a representar unos 1,4 g/100 g, frente a los 0,5 g/100 g del contenido en fibra que existe en el arroz blanco. Aporta muy poca cantidad de grasa, que representa tan solo un 0,2% de su contenido en nutrientes y, como todos los alimentos de origen vegetal, no contiene colesterol. Respecto a su contenido en minerales, destaca la presencia de magnesio, fósforo y potasio. Igualmente, es interesante su aporte en vitaminas del grupo B, sobre todo vitamina B1 o tiamina, además de

ANTECEDENTES

B2, B6, E y sobre todo ácido fólico y niacina, siendo pobre en vitamina C, D y A (Tabla 13). En el caso de que el arroz sea integral, el contenido en ácido fólico se multiplica por 20 y el de niacina por 2 (EFSA, 2010).

Tabla 13. Composición química y aporte nutrimental del arroz

Componente	Porción C/100g
Energía (Kcal)	381
Agua (g)	5.9
Proteína (g)	7
Lípidos (g)	0.9
Carbohidratos (g)	85
Fibra (g)	0.2
Calcio (mg)	10
Hierro (mg)	0.5
Sodio (mg)	6
Vitamina E (mg)	0.3

Fuente: EFSA (2010)

Cabe destacar que no contiene gluten, por lo que es un alimento muy indicado para personas con intolerancia al gluten y niños de corta edad.

2.5.3. Importancia económica

El arroz es el alimento básico para más de la mitad de la población mundial, ocupando el segundo lugar después del trigo de superficie cosechada. Además de su importancia como alimento, el arroz proporciona empleo al mayor sector de la población rural de la mayor parte de Asia, pues es el cereal típico del Asia meridional y oriental, aunque también es ampliamente cultivado en África y en América, y no sólo ampliamente sino intensivamente en algunos puntos de Europa meridional, sobre todo en las regiones mediterráneas, como España, Italia, Portugal, Francia y Grecia.

El consumo de arroz, por tanto, el comercio de dicho cereal de verano, está diferenciado por los tipos de arroz y por la calidad de los mismos. Se consideran los siguientes tipos de arroz: De acuerdo con cifras publicadas por SAGARPA (2017), la producción de arroz palay en México es de 254,000 toneladas, en una superficie cosechada de 41,400 hectáreas y un rendimiento promedio de 6.1 toneladas por hectárea; el principal estado productor es Nayarit, seguido de Campeche, Michoacán y Veracruz, cuya producción conjunta representa 69% del total producido por año.

ANTECEDENTES

En México el arroz es considerado uno de los cultivos básicos en la Ley de Desarrollo Rural Sustentable por su importancia en la dieta de los mexicanos (consumo de 8.5 kg per cápita al año) y es el segundo cultivo que representa mayor gasto para las familias mexicanas (SAGARPA, 2017).

2.5.4. Usos

El arroz al ser uno de los cereales más consumidos en el mundo tiene múltiples usos principalmente en la gastronomía en países como México en el que acostumbra consumir en platillos tradicionales dándole color con hortalizas como tomate, cilantro y cebolla, en atoles por su contenido de almidón, en la famosa agua de horchata y palanquetas. En Japón es el dominante en comidas como sushi o países de Europa como el risotto. Este cereal tiene múltiples aplicaciones en la industria de alimentos como la extracción de almidón para dar consistencia a salsas, purés y papillas para bebés; obtención de harinas para la elaboración de galletas, cereal, barras y pastas alimenticias, además de la producción de vinagre, bebidas alcohólicas asiáticas y mantequilla (Ramos, 2013).



3.OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar pastas alimenticias (fideo, tallarín, macarrón y lasaña) a partir de la mezcla de harina de huauzontle (*Chenopodium nuttalliae*), amaranto (*Amaranthus*) y arroz (*Oryza sativa*) que presente las características texturales, químicas y organolépticas (color, olor, textura y sabor) aptas para la población en México.

3.2. OBJETIVOS PARTICULARES

OBJETIVO PARTICULAR 1.

Caracterización del huauzontle (*Chenopodium nuttalliae*) en estado fresco mediante pruebas químicas (proteína, fibra y capacidad antioxidante) y microbiológicas (coliformes, mesófilos, hongos y levaduras) para el aprovechamiento tecnológico.

OBJETIVO PARTICULAR 2.

Selección del porcentaje de harina de tallos y flores de huauzontle en masas, mediante la evaluación de textura (TPA), apariencia (puntos blancos, superficie lisa y presencia de grietas), que permita la elaboración de pastas alimenticias.

OBJETIVO PARTICULAR 3.

Evaluar el efecto de diferentes cantidades de goma CMC (0.25, 0.50 y 0.75%) en pastas alimenticias (fideos, tallarines, macarrones y lasaña) sobre sus propiedades texturales, organolépticas (color, textura, olor y sabor), resistencia a la cocción, sedimentación, absorción de agua, ganancia de peso, aumento de volumen y apariencia (puntos blancos, superficie lisa y aparición de grietas) para la contribución en el desarrollo de productos.

OBJETIVO PARTICULAR 4.

Evaluar las propiedades en el producto terminado mediante pruebas químicas (Proteína, fibra cruda, fibra dietética, carbohidratos, humedad, cenizas, lípidos, gluten y capacidad antioxidante) para la elaboración de la etiqueta para su comercialización.

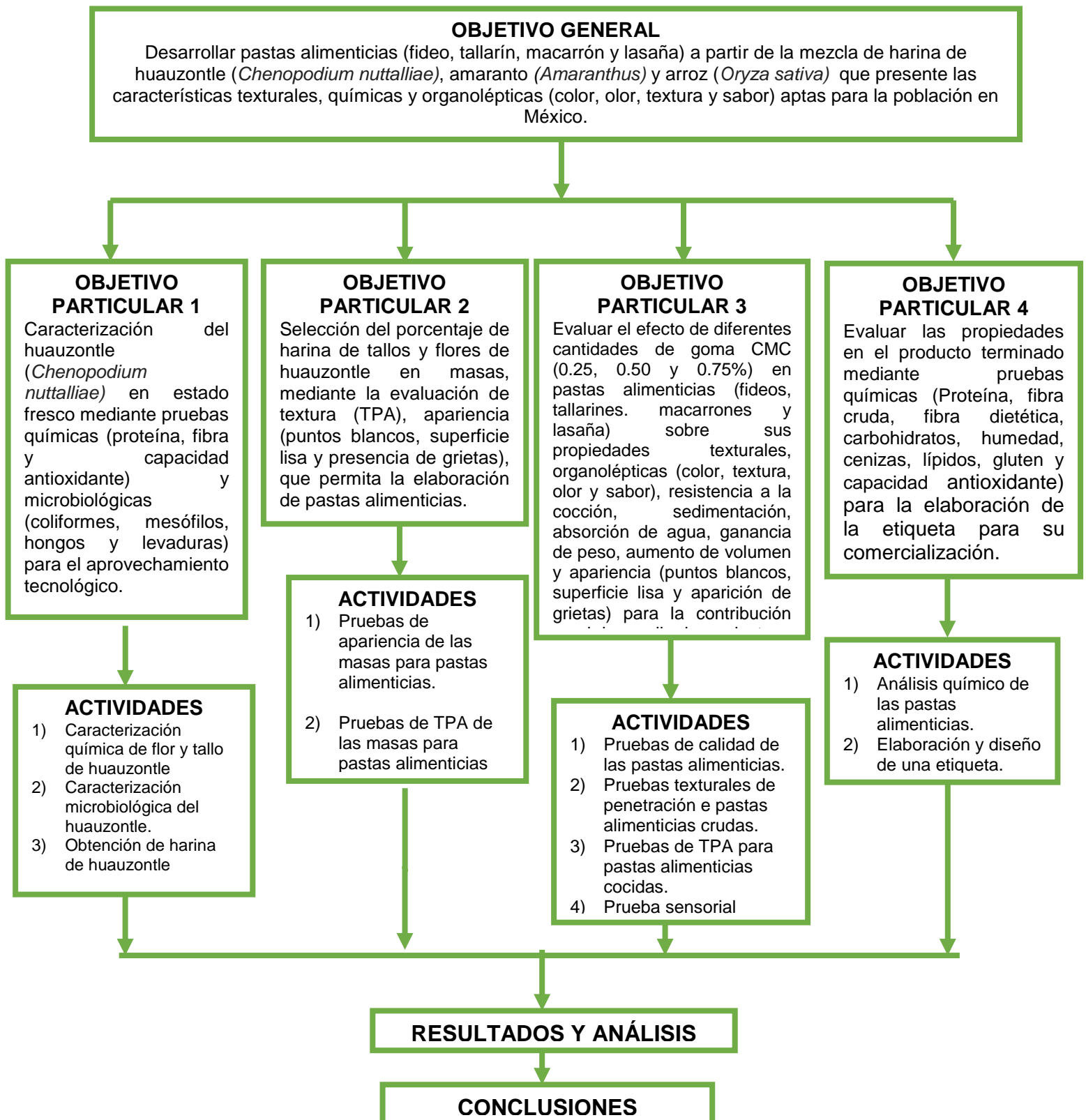


4. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

METODOLOGÍA

4.1. CUADRO METODOLÓGICO

4.1.1. Cuadro Metodológico

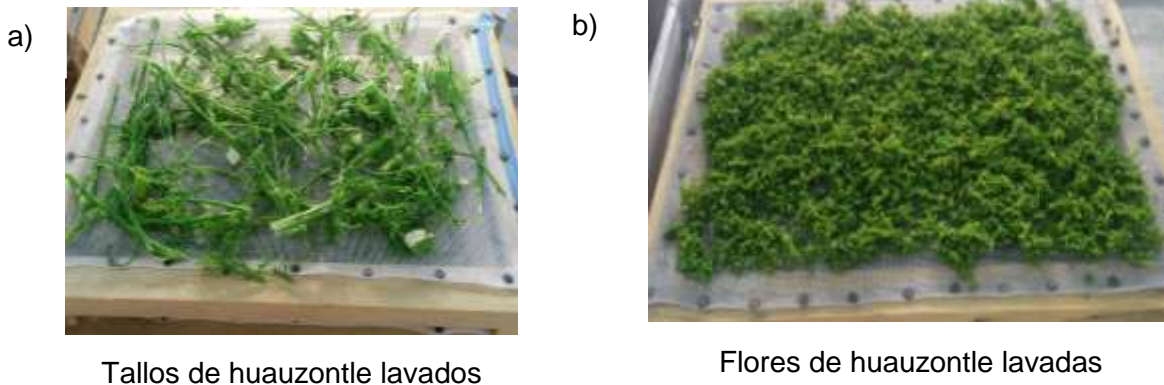


4.2. Materia Prima

Para la elaboración de pastas alimenticias libres de gluten se utilizó huauzontle fresco, harina de arroz de marca comercial, obtenidos de la Central de abastos Ciudad de México y semilla de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*) del mercado de Tuyenhualco.

4.2.1. Tratamiento de la materia prima

Para el caso del huauzontle se realizó una limpieza retirando toda materia extraña y hojas, posteriormente se separaron las flores (b) de tallos (a), los cuales se lavaron por separado (Figura 8) con agua clorada al 0.4% para después someterlos a un pretratamiento, en este caso fue un escaldado con una solución de bicarbonato de sodio al 1% a 90°C durante 1 minuto, con el fin de la inactivación de enzimas, ya que de otra manera se formarían colores y sabores indeseables en el producto.



Tallos de huauzontle lavados

Flores de huauzontle lavadas

Figura 8. Huauzontle después del lavado

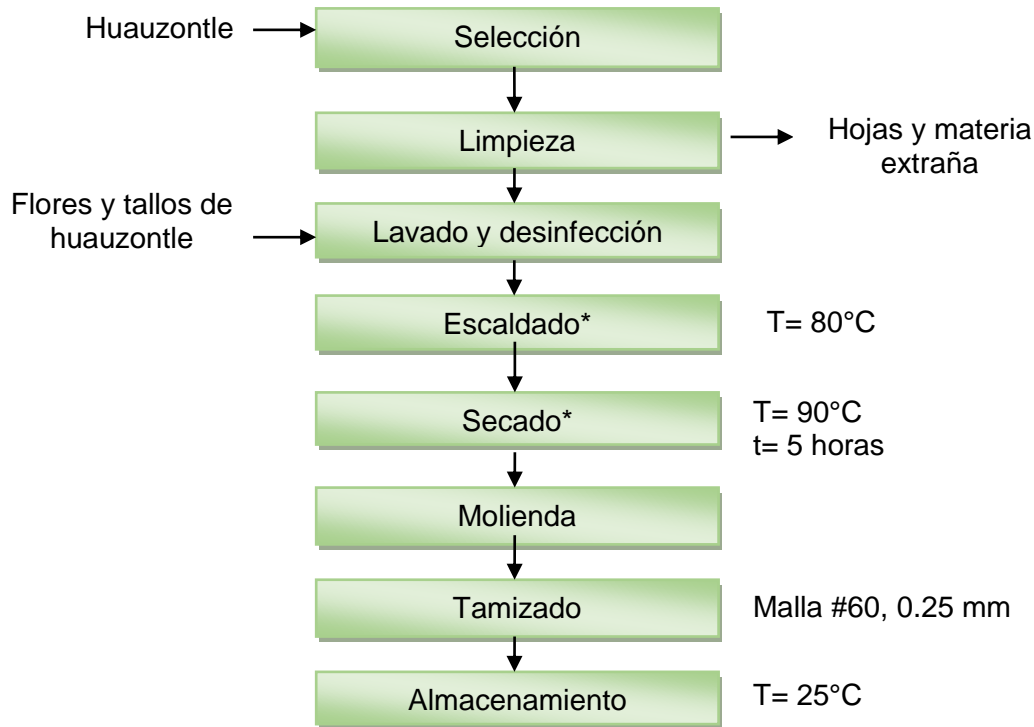
4.3. Caracterización química y análisis microbiológico del huauzontle

En un análisis químico de los componentes más característicos del huauzontle se llevó a cabo: proteína, fibra cruda y capacidad antioxidante descritas en el apartado 4.8.1. Este análisis se realizó en las flores y tallos por separado sin aplicación de ningún tratamiento, con el objetivo de poder identificar la parte con mayor cantidad de dichos componentes, para su aprovechamiento tecnológico.

Por otra parte también se llevó a cabo un análisis microbiológico del huauzontle después de haber sido lavado, desinfectado y escaldado, por medio del conteo de placa de coliformes, mesófilos, hongos y levaduras como se describe en el apartado 4.8.2. Con el objetivo de asegurar a higiene del producto final.

4.4. Elaboración de harina de huauzontle

La obtención de la harina de flor y de tallo de huauzontle se llevó a cabo siguiendo el diagrama de proceso mostrado en la Figura 9:



*Puntos críticos de control

Figura 9. Diagrama de proceso de la obtención de harina de flores y tallos de huauzontle.

4.5. Elaboración de masa para pastas alimenticias

La masa para pastas alimenticias fue elaborada a base de harina de arroz, amaranto como sustitutos de la sémola de trigo; y enriquecida con huauzontle de la cual se varió la haría de flor y tallo como se muestra en la Tabla 14, la cual se elaboró con base a una formulación comercial sugerida por Sandoval (2012) y con seguimiento en el diagrama de proceso descrito en la Figura 10.

Para determinar el porcentaje de harina de flor y tallo de huauzontle en la masa, se realizaron pruebas de apariencia (apartado 4.8.3.) y de textura descritas en el apartado 4.8.4.

Tabla 14. Formulación de masa para pastas.

METODOLOGÍA

Ingredientes	Cantidad	Formulaciones					
		1		2		3	
Huauzontle	Fracción sólida 61.4%	25%		25%		25%	
		Tallo	Flor	Tallo	Flor	Tallo	Flor
		80%	20%	65%	35%	50%	50%
		47.5%		47.5%		47.5%	
Amaranto		27.5%		22.5%		17.5%	
Arroz		0.5%					
Sal		0.5%					
Huevo	Fracción líquida 38.6%	25.8%					
Agua		12%					
Mantequilla		0.8%					

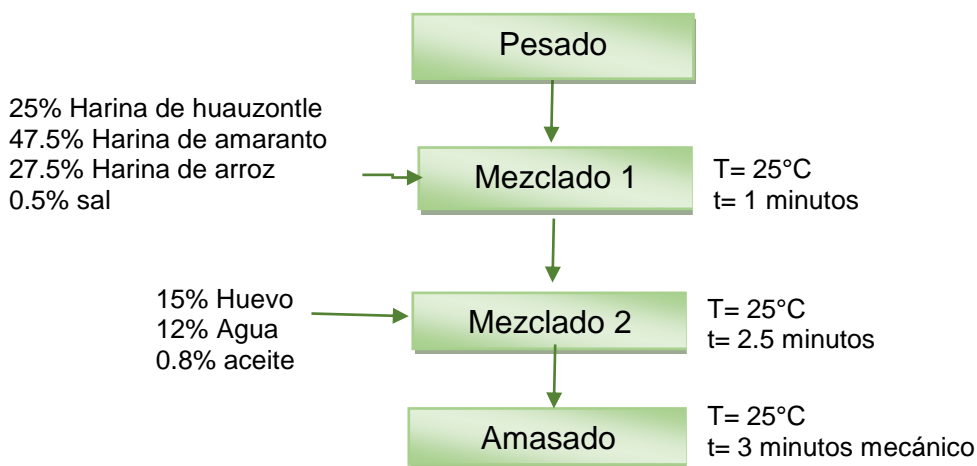


Figura 10. Diagrama de procesos de masas para pastas alimenticias

4.6. Elaboración de pastas alimenticias

Las pastas alimenticias se elaboraron conforme a la Figura 11, con la formulación de masa seleccionada en el apartado 4.5, adicionando dos aditivos mejoradores de textura: un emulsificante (Rimulsoft Super 5000.Millikan) y una variación de goma CMC (0.25, 0.5 y 0.75%). Dicha masa fue extruída con un extrusor marca Philips modelo HR2355/12, en forma de macarrón, tallarín, fideo y lasaña, a las cuales se les realizó pruebas de calidad de pastas alimenticias (apartado 4.8.5.), pruebas texturales antes y después de la cocción (apartado 4.8.4.), análisis microbiológico (apartado 4.8.2.) y una prueba sensorial (apartado 4.8.6) con

METODOLOGÍA

el objetivo de evaluar el efecto de la goma CMC en las pastas alimenticias y seleccionar la formulación con mejores propiedades.

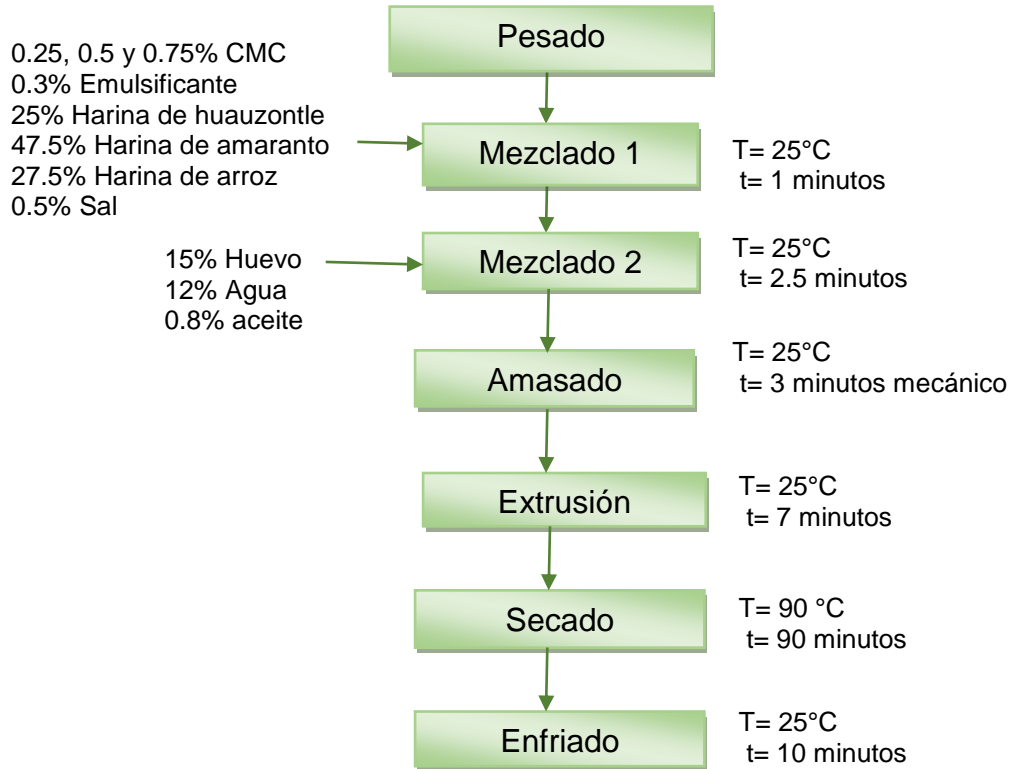


Figura 11. Diagrama de proceso de las pastas alimenticias

4.7. Evaluación de la composición química de las pastas alimenticias

Las pastas alimenticias fueron evaluadas para establecer su aporte nutricional de acuerdo a las técnicas analíticas descritas en el apartado 4.8.10. : humedad, proteína, carbohidratos, fibra cruda, fibra dietética, cenizas, sodio, gluten, así como capacidad antioxidante. Posteriormente se elaboró una etiqueta siguiendo lo establecido en la NOM-051-SCFI/SSA1-2010.

4.7.1. Desarrollo de una etiqueta

Con los resultados obtenidos de las pruebas químicas se dio un formato a la etiqueta del producto final para cada una de las figuras (macarrón, fideo, tallarín y lasaña) de pastas alimenticias. A la etiqueta se le añadió el contenido neto del producto (200 g), tabla de composición química, código de barras, lugar de elaboración e imágenes alusivas como lo

establece la Norma Oficial Mexicana de etiquetado, además las pastas fueron empaquetados en bolsas de celofán sellados (NOM-051-SCFI/SSA1-2010).

4.8. Técnicas y métodos

4.8.1. Pruebas químicas

- **Determinación de humedad.**

Esta determinación se realizó por medio de la técnica de termo balanza, donde la humedad es tomada como la pérdida de peso al secado, usando un instrumento de humedad, la cual emplea una balanza de torsión sensible para pasar la muestra y una lámpara infrarroja para secar (AOAC, 2005). Los resultados son reportados en porcentaje de humedad.

- **Determinación de proteína.**

La determinación se llevó a cabo con el método de Lowry aplicado a las flores y tallos de huauzontle con tres repeticiones. Es un método colorimétrico de valoración cuantitativa de las proteínas, el cual se basa en que ciertos aminoácidos como tirosina, triptófano y cisteína reaccionan en un medio-alcalino con ácido fosfotungsténico y ácido molíbdico del reactivo de Folin (color amarillo) para dar un complejo incoloro que se puede reducir mediante una reacción lenta con fenol en un complejo de coloración azul detectable por espectrofotometría entre 600 y 900 nm (con una absorbancia máxima a 740 nm) (Lowry, 1996). Los resultados fueron reportados en porcentaje de proteína.

- **Determinación de Nitrógeno total.**

La determinación de proteínas en las pastas alimenticias se llevó por el método de micro Kjeldahl por triplicado establecido en AOAC (2005). Este método se basa en la descomposición de los compuestos de nitrógeno orgánico por ebullición con ácido sulfúrico. El hidrogeno y el carbón de la materia orgánica se oxida para formar agua y bióxido de carbono. El ácido sulfúrico se transforma en dióxido de azufre, el cual reduce el material nitrogenado a sulfato de amonio. El amoniaco se libera después de la adición de hidróxido de sodio y se destila recibiendo en una disolución al 4% de ácido bórico. Se titula el nitrógeno amoniaco con una disolución valorada de ácido clorhídrico, cuya normalidad depende de la cantidad de nitrógeno que contenga la muestra. Los resultados se expresaron en porcentaje y el factor utilizado fue 5.83.

- **Determinación de fibra cruda**

El método utilizado fue el de Kennedy reportado en Pearson (1998). Esta técnica se basa en la digestión acida y alcalina de la muestra obteniéndose un residuo de fibra cruda y sales que con calcinación posterior se determina la fibra cruda. Los resultados se expresaron en porcentaje de fibra.

- **Determinación de carbohidratos.**

La determinación se llevó a cabo mediante la técnica de Lane y Eylon reportado en AOAC (2005). Se basa en la determinación del volumen de una disolución de la muestra, que se requiere para reducir completamente un volumen conocido del reactivo alcalino de cobre. El punto final se determina por el uso de un indicador interno, azul de metileno, el cual es reducido a blanco de metileno por un exceso de azúcar reductor.

- **Determinación de lípidos.**

La concentración de lípidos se determinó por el método de Soxhlet establecido en la AOAC (2005). Esta técnica se fundamenta en que una cantidad previamente homogenizada y seca, medida o pesada del alimento, este se somete a una extracción con éter de petróleo o éter etílico, libre de peróxidos o mezcla de ambos. Después se realiza la extracción total de la materia grasa libre por Soxhlet. Los resultados se reportan en porcentaje de grasa.

- **Determinación de cenizas.**

La determinación se realizó mediante incineración directa siguiendo el método mencionado en AOAC, (2005), el cual se fundamenta en que las cenizas son los residuos inorgánicos de los alimentos que permanecen en la muestra posterior a la ignición u oxidación completa de la materia orgánica. Los resultados se expresan en porcentaje de ceniza.

- **Determinación de fibra dietética**

La cantidad de fibra dietética presente se realizó mediante el método enzimático-gravimétrico establecido por la AOAC (2005), fue por duplicado de muestras secas y desengrasadas que son gelatinizadas con α -amilasa térmicamente estable y luego digeridas enzimáticamente con proteasa y amilogucosidasa para remover la proteína y el almidón. La fibra dietética soluble es precipitada por adición de etanol, el residuo total es filtrado, lavado,

se seca y finalmente se pesa. El residuo en duplicado se determinó proteína y en las otras cenizas, con dichos valores se calculó el porcentaje de fibra dietética.

- **Determinación de sodio.**

La cantidad de sodio en las pastas alimenticias se determinó la cantidad mediante el método FDA Microwave digestión/ EPA 6010 C 200.

- **Determinación de gluten.**

Esta prueba se llevó a cabo por el método enzimoimmuno ensayo de sándwich que cuantifica las prolaminas en alimentos. El fundamento de esta prueba es la reacción de anticuerpo-antígeno. Los pozos de las tiras microtiter están recubiertas con anticuerpos específicos para gliadinas. Al añadir la solución de muestras estándar a los pozos, la gliadina específica es atrapada a los anticuerpos específicos. El resultado es un complejo anticuerpo-antígeno. Los componentes que no están ligados a los anticuerpos son eliminados en el lavado. Luego se añade el anticuerpo conjugado peroxidasa. Este anticuerpo conjugado está ligado al complejo Ab-Ag. Una vez incubadas se les añade a los pozos con el cromógeno, el cual reacciona con la enzima conjugada convirtiendo de incoloro a azul y finalmente amarillo. Las mediciones se realizan en el espectrofotómetro a 450 nm. La absorbancia es proporcional a la concentración de gliadina en la muestra (Ridascreen Fast gliadin, 2008).

- **Determinación de capacidad antioxidante.**

Para la capacidad antioxidante se utilizó el método de ABTS reportado en Miller, (1993), el cual se basa en la capacidad de un antioxidante para estabilizar el radical catión coloreado ABTS, el cual es formado previamente por la oxidación del ABTS (2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6- ácido sulfónico)) por metamioglobina y peróxido de hidrógeno. Los resultados son expresados como equivalentes de Trolox o TEAC (por su nombre en inglés, Trolox Equivalent Antioxidant Capacity).

4.8.2. Pruebas microbiológicas

Para el análisis microbiológico se requirió de la preparación de material como lo establece la NOM-109-SSA1-1994, es decir que todo el material debe estar limpio, estéril y libre de sustancias que pudieran interferir en los resultados. Para la esterilización se llevó a cabo en una autoclave envolviendo el material en forma individual con papel de estraza.

El medio de cultivo se preparó bajo las siguientes condiciones: agar rojo violeta bilis para cuenta de coliformes (NOM-110-SSA1-1994), agar nutritivo para cuenta de mesófilos y aerobios (NOM-110-SSA1-1994) y agar papa dextrosa para la cuenta de mohos y levaduras (NMX-F-255-1978). Se prepararon disoluciones por duplicado con el huauzontle obtenido después del escaldado, como lo marca la NOM-110-SSA1-1994, las muestras se sembraron en los agares, los cuales se incubaron para su posterior conteo.

El conteo de microorganismos se realizó de acuerdo a lo que marcan las NOM:

- Coliformes: placas con 15-150 UFC (NOM-113-SSA1-1994)
- Mesófilos aerobios: placas con 25-250 UFC (NOM-092-SSA1-1994)
- Hongos y levaduras: placa con 10 y 150 UFC (NOM-111-SSA1-1994)

4.8.3. Pruebas de apariencia de masas

Para las pruebas de apariencia se realizaron a la formulación de las masas de las cuales se evaluaron los parámetros siguientes (Carrasquero, 2009):

- **Color.** Característico del producto según su composición
- **Olor.** Detectar olores extraños
- **Textura.** Consistencia dura

4.8.4. Pruebas texturales de las masas a base de huauzontle

- **Pruebas de TPA**

Las propiedades texturales de un alimento son el grupo de características físicas que dependen de los elementos estructurales del material, se perciben por el sentido del tacto, se relacionan con la deformación, desintegración y flujo por la aplicación de una fuerza, y se miden objetivamente como una función de masa, tiempo y distancia.

Durante esta prueba se evaluaron las características texturales de la masa (elasticidad (mm), cohesividad (mJ), dureza (g) y gomosidad (g)) y pastas alimenticias cocidas (dureza (g), cohesividad (mJ), gomosidad (g) y Masticabilidad (mJ)) mediante el método de TPA, el cual consiste en la compresión de una porción del alimento con un Texturometro Broofield CT3 la geometría TA 9 Needle, dos veces en movimientos recíprocos que imitan la acción de la quijada de una persona, obteniéndose siete parámetros texturales de una curva de fuerza-tiempo (Tabla 15) (López, 2014).

Tabla 15. Parámetros texturales

Atributo	Definición física
Dureza (g)	Fuerza necesaria para una deformación dada
Cohesividad (mJ)	Qué tanto puede deformarse un material antes de romperse
Elasticidad (mm)	Tasa a la cual un material deformado regresa a su condición inicial después de retirar la fuerza deformante.
Masticabilidad (mJ)	Energía requerida para masticar un alimento hasta que esté listo para ser degradado (una combinación de dureza, cohesividad y alta elasticidad).
Gomosidad (g)	Energía requerida para desintegrar un alimento semisólido a un estado listo para deglutirlo (combinación de baja dureza y alta cohesividad)

Fuente: López (2014).

- **Pruebas de penetración**

Para esta prueba se utilizó un Texturometro Broofield CT3, con la geometría TA 9 Needle, (Figura 12) donde se evaluó dos parámetros texturales dureza (g) y fracturabilidad (g) en pastas crudas mediante una prueba de penetración que consiste en la fuerza de rotura del alimento sometido a una fuerza perpendicular a la línea media.



Figura 12. Prueba de penetración

4.8.5. Pruebas de calidad de pastas alimenticias

Aspecto. Las pastas alimenticias no deben contener agrietamientos y/o estrellamientos durante su embazado. Al romper la fractura debe ser uniforme y sin producción de astillas.

Puntos blancos: En esta prueba se observaron las formas de pastas alimenticias (macarrones, tallarines, fideos y lasañas) en distintas concentraciones de CMC (0.25, 0.50 y 0.75%), detectando aquellas que presentaban este efecto, por lo que se tomó una imagen representativa del mismo.

Tiempo óptimo de cocción: Las pastas alimenticias secas se pesaron (10g) y se introdujeron en un vaso de precipitados que contenía 100 mL de agua en ebullición, tomado el tiempo a partir de que la pasta se vertió y cada 3 minutos se tomó una muestra de pasta y se procedió a verificar su cocimiento de la siguiente manera:

La muestra se oprimió entre dos vidrios de reloj, para observar la presencia de puntos blancos internos (almidón no gelatinizado) de la pasta siendo señal de no estaba completamente cocida, por lo que se requería mayor tiempo de cocción. Una vez que la pasta no presentó puntos blancos internos, se registró el tiempo, el cual se registró como tiempo de cocimiento (Bustos *et al.*, 2007).

Resistencia a la cocción: Las pastas alimenticias se sometieron a una cocción en 100 mL de agua en ebullición, hasta que se observara por lo menos tres pastas alimenticias agrietados o deshechos, ese tiempo se registro como tiempo de desintegración de pasta alimenticia (Bustos *et al.*, 2007).

De acuerdo a la NOM-F-023-S-1980. La pasta alimenticia debe soportar ebullición por 15 minutos sin deshacerse.

Aumento de peso: La prueba consistió en pesar 10g de pasta alimenticia seca de cada muestra de estudio y cocerla de acuerdo al tiempo de cocción obtenido previamente. Una vez cocida la pasta, se depositó en un colador, dejándolo escurrir por aproximadamente 10 minutos y se pesó nuevamente (Bustos *et al.*, 2007). El resultado se obtuvo mediante la Ecuación 1:

$$\text{Ecuación 1: } Ap = \frac{P2 - P1}{P2} * 100$$

Donde:

P1= Peso de la pasta alimenticia cruda

P2= Peso de la pasta alimenticia cocida

Grado de hinchamiento: Para realizar el análisis de volumen se midió largo, ancho y grosor de cada una de las muestras de pastas alimenticias. La prueba se realizó en crudo y cocido con el objetivo de observar el incremento el volumen causado por la absorción de agua durante la cocción Carrasquero (2009). El crecimiento de la pasta se determinó mediante la Ecuación 2:

$$\text{Ecuación 2: } Av = \frac{v1 - v2}{v1}$$

Donde:

v1= volumen de pasta alimenticia cocida

v2= Volumen de pasta alimenticia cruda

índice de absorción en agua (IAA): El IAA se realizó según el método de Carrasquero A. 2009, cuatriplicado por cada muestra. Se colocó 1g de muestra de pasta alimenticia en tubos de ensayo de 50 mL, se adicionó 5mL de agua destilada y se homogenizó en un agitador tipo Vortex. Luego se transfirieron a tubos de centrifuga y se adicionaron 5 mL de agua destilada, fueron centrifugados por 15 min a 4000 rpm.

Después se retiró el sobrenadante de los tubos, después de pesaron, junto con la muestra y se utilizó la Ecuación 4:

Ecuación 4:

$$IAA = \frac{\text{peso el residuo centrifugado (g)}}{\text{Peso de la muestra (g)}} = \frac{\text{g gel}}{\text{g materia seca}}$$

Colorimetria: Esta técnica permite la cuantificación de un color y su comparación con otro. Una vez hecha la cuantificación, el valor numérico asignado al color estudiado permitirá su adecuada clasificación en la escala de colores.

Dicha prueba se realizó a las pastas alimenticias antes y después de la cocción obteniendo el valor de las coordenadas L* que indica la luminosidad, a* colores entre rojo/verde (+a indica rojo, -a indica verde) y b* colores amarillo/azul (+b indica amarillo, -b indica azul), para después calcular Cromo (Ecuación 5) perteneciente a la saturación de color Carrasquero, (2009). Finalmente se calculó el cambio de color total de cada muestra antes y después de la cocción (Ecuación 6).

Ecuación 5: $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$

Ecuación 6: $\Delta E^* = [\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}]^{1/2}$

4.8.6. Evaluación Sensorial de las astas alimenticias seleccionadas

Para la evaluación sensorial se aplicó una prueba hedónica a cada forma de pasta alimenticia en distintas concentraciones de CMC, para poder determinar que concentración fue la más aceptada por la población.

Las pruebas hedónicas están destinadas a medir cuanto agrada o desagrada un producto. Para estas pruebas se utilizan escalas categorizadas, que pueden tener diferente número de categorías y que comúnmente van desde “me gusta muchísimo”, pasando por “no me gusta ni me disgusta”, hasta “me disgusta muchísimo”. La evaluación sensorial se realizó en la FES Cuautitlán campo 1, a 70 panelistas no entrenados por forma de pasta alimenticia, mostrando el cuestionario aplicado para cada forma en la Figura 13 (siendo la primera columna la pasta alimenticia que contiene 0.25%. la segunda para la de 0.50% y la tercera para 0.75%).

Presentación de las muestras: Las muestras se presentaron cocidas sin ningún ingrediente extra, en recipientes idénticos, codificados con 3 dígitos de números aleatorios, diferentes por cada muestra. El orden de presentación de las muestras puede ser aleatorio para cada panelista.

METODOLOGÍA

Género _____ Macarrón Edad _____ Fecha _____
 INSTRUCCIONES: Frente a usted se encuentran 3 muestras de pasta, las cuales debe colocar el número para cada una, en cada atributo según su juicio, siendo 7 me gusta muchísimo, 6 me gusta mucho, 5 me gusta, 4 me es indiferente, 3 me disgusta, 2 me disgusta mucho y 1 me disgusta muchísimo.

Escala	Muestra		
	505	210	915
Color			
Olor			
Textura			
Sabor			
General			

Comentarios

Género _____ Tallarín Edad _____ Fecha _____
 INSTRUCCIONES: Frente a usted se encuentran 3 muestras de pasta, las cuales debe colocar el número para cada una, en cada atributo según su juicio, siendo 7 me gusta muchísimo, 6 me gusta mucho, 5 me gusta, 4 me es indiferente, 3 me disgusta, 2 me disgusta mucho y 1 me disgusta muchísimo.

Escala	Muestra		
	805	110	715
Color			
Olor			
Textura			
Sabor			
General			

Comentarios

Género _____ Fideo Edad _____ Fecha _____
 INSTRUCCIONES: Frente a usted se encuentran 3 muestras de pasta, las cuales debe colocar el número para cada una, en cada atributo según su juicio, siendo 7 me gusta muchísimo, 6 me gusta mucho, 5 me gusta, 4 me es indiferente, 3 me disgusta, 2 me disgusta mucho y 1 me disgusta muchísimo.

Escala	Muestra		
	058	108	152
Color			
Olor			
Textura			
Sabor			
General			

Comentarios

Género _____ Lasaña Edad _____ Fecha _____
 INSTRUCCIONES: Frente a usted se encuentran 3 muestras de pasta, las cuales debe colocar el número para cada una, en cada atributo según su juicio, siendo 7 me gusta muchísimo, 6 me gusta mucho, 5 me gusta, 4 me es indiferente, 3 me disgusta, 2 me disgusta mucho y 1 me disgusta muchísimo.

Escala	Muestra		
	528	182	512
Color			
Olor			
Textura			
Sabor			
General			

Comentarios

Figura 13. Cuestionario de prueba sensorial para pastas alimenticias con variación de CMC

4.9. Tratamiento Estadístico

El tratamiento de resultados se llevó a cabo con un análisis de varianza (ANOVA), diseño factorial 3² con un nivel de significancia de 0.05 en un paquete estadístico SPSS versión 25.

En el caso de la evaluación sensorial, para el análisis de los datos, las categorías se convierten en puntajes numéricos del 1 al 7, donde 1 representa “me disgusta muchísimo” y 7 “me gusta muchísimo”. Los puntajes numéricos para cada muestra, se grafican y analizan utilizando un análisis de varianza (ANOVA)



5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Caracterización química y análisis microbiológico del huauzontle

En la Tabla 16 se muestran los resultados obtenidos de los componentes químicos más característicos de la flor y tallo de huauzontle. Encontrándose que presenta gran cantidad en nutrientes como son proteína y fibra, además una gran capacidad antioxidante. En tallos como en flores se observó un alto contenido de proteína, encontrándose el doble de su contenido en las flores, mientras que en el tallo prevaleció la cantidad de fibra, así como en ramas.

Tabla 16. Resultados de la caracterización del huauzontle

	Cantidad	
	Flor	Tallo
Proteína (%)	3.60±1.1	1.90±1.3
Fibra (%)	1.65±0.3	37.8± 1.4
Capacidad Antioxidante (µmoles equivalentes de trolox/g fruto fresco)	46.10±3.9	

En Hernández e Inzunza (2016) reportaron los resultados del análisis químico de huauzontle fresco, donde el contenido proteico fue de 5.25% y en fibra de 3.40%, siendo similar al resultado obtenido para el caso de proteína, pero para fibra estuvo por debajo del analizado, debido a que la investigación bibliográfica se realizó a la panoja del huauzontle y para esta investigación fue por separado para poder determinar la cantidad de nutrientes en cada parte y conocer el aporte en fibra que tendría al utilizar los tallos en la formulación del producto a desarrollar, lo que aumentaría su aprovechamiento. Con esto se asegura que el tallo se puede utilizar y aportaría una cantidad de fibra al producto elaborado con este ingrediente, además de que aumenta su rendimiento debido que a mayoría de los productos donde es utilizada esta hortaliza solo usan las panojas lo cual no es ni el 50% de la hortaliza, al utilizar las flores existe un rendimiento del 26.66%; mientras que con tallos el rendimiento alcanzado es del 85.36% obteniéndose un aprovechamiento mayor de la hortaliza.

Una vez evaluado el contenido de proteína y fibra de las partes comestibles de huauzontle se procedió a determinar la capacidad antioxidante encontrándose que esta hortaliza aporta una mayor cantidad de µmoles equivalentes de trolox /g fruto fresco que la espinaca y la papa, que son los más utilizados durante el consumo de pastas alimenticias, ya que según en la investigación realizada en Alvarado *et al.* (2008) estas aportan 3.63 y 0.27 respectivamente. Por lo que con dicha determinación de los componentes químicos, el huauzontle resulta ser una buena opción para la elaboración del producto asegurando un

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

aporte de proteína, fibra, además de alta capacidad antioxidante, lo que una pasta alimenticia convencional no presenta.

Por otra parte la hortaliza fue lavada y escaldada para su posterior uso como ingrediente funcional; se evaluó la calidad microbiológica mostrando los resultados en la Tabla 17.

Tabla 17. Resultados de la prueba microbiológica

Microorganismo	Reporte Escaldado
Coliformes totales	<10 UFC/g en la dilución 10^{-1}
Mesofilos aerobios	425×10^5 UFC/g
Mohos y Levaduras	150×10^3

Los resultados mostraron una ausencia de coliformes después del escaldado pero para el caso de mesofilos, hongos y levaduras estuvieron dentro del intervalo permitido en NOM-110-SSA1-1994 y NMX-F-255-1978 respectivamente, presente en el huazontle después del tratamiento. Estos resultados pueden indicar las buenas prácticas de manufactura siendo reflejadas en la calidad higiénica de la materia prima considerándolo un alimento apto para la elaboración del producto.

5.2. Apariencia de harinas

Una vez evaluado el contenido de nutrientes de las flores y el tallo se decidió realizar harina con cada una de ellas, siguiendo la metodología del apartado 4.4. Ambas harinas presentaron una humedad del 10% un poco por debajo de lo mencionado *NMX-F-023-S-1980*, ya que fue la humedad en la que se pudo realizar la molienda sin que se pegara en la superficie del molino. Con respecto al color la harina de la flor fue verde fuerte característico de la misma y para el tallo un color verde claro, ambos presentaban olor herbal, si olores extraños y un tamaño correspondiente a la malla #60 o 0.25 mm (Figura 14).



Figura 14. Harina de flor y tallo de huazontle

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con la ausencia de gluten reportada por Martínez *et al*; (2016) en los resultados de un arrastre de proteínas en la harina de huauzontle, además del contenido de proteína y fibra determinado en el apartado 5.1., se puede decir que dichas harinas podrían ser utilizadas para sustituir la harina de trigo y desarrollar un producto dirigido a la población celiaca. Por lo que se realizaron diferentes mezclas de harina, de las cuales se evaluaron las características físicas y funcionales para establecer su posible aplicación en el desarrollo de diferentes formas de pastas alimenticias (macarrón, tallarín, fideo y lasaña).

5.3. Formulación de masas para elaborar pastas alimenticias

Para la elaboración de la masa se probaron diferentes mezclas de harina de flores y tallos de huauzontle, amaranto y arroz de acuerdo a la tabla 14. Las masas presentaron un color verde intenso característico de la flor del huauzontle, sin aromas extraños y una textura diferente para cada formulación. En la Figura 15 muestran las diferentes formulaciones, marcando con la letra “A” a la masa con 50% de flor y 50% de tallo, presentando grietas, además de puntos blancos, sin lograr una masa firme, ya que al ser amasada se desintegraba. La letra “B” pertenece a la masa que contenía un 65% de harina de flor y 35% de harina de tallo logrando obtener una masa más uniforme, aunque con grietas y menos puntos blancos que la de 50:50%, finalmente la que contenía 80% de flor y solo el 20% de tallos fue más uniforme sin formación de grietas y sin puntos blancos como se muestra en la letra “C”.

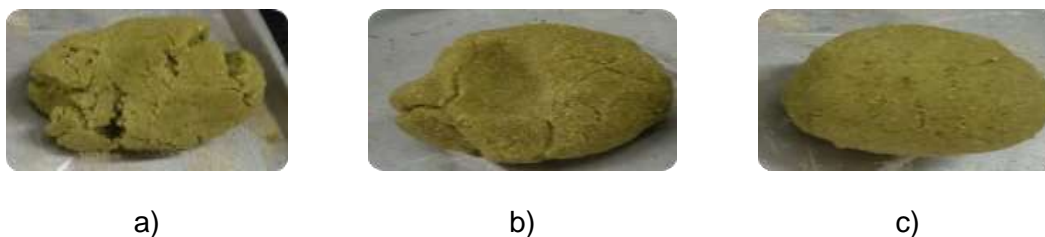


Figura 15. (A) Masa con 50-50%, (B) 35-65% y (C) 20-80% de harina de tallo y flor de huauzontle.

Posteriormente se evaluaron las propiedades texturales de las tres masas evaluadas anteriormente, con el objetivo de conocer sus propiedades funcionales para su posible uso en la elaboración de pastas alimenticias. En la Figura 16 se muestran los resultados de los parámetros texturales: dureza y gomosidad de las tres formulaciones de masas de

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

huauzontle comparadas con una masa convencional de sémola de trigo, observando diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre la masa convencional con respecto a las formulaciones, pero entre formulaciones se puede ver diferencia significativa ($p \leq 0.05$) solamente en la dureza mostrando un valor mayor en la masa conformada por 80% de harina de flor y 20% de harina tallo de huauzontle.

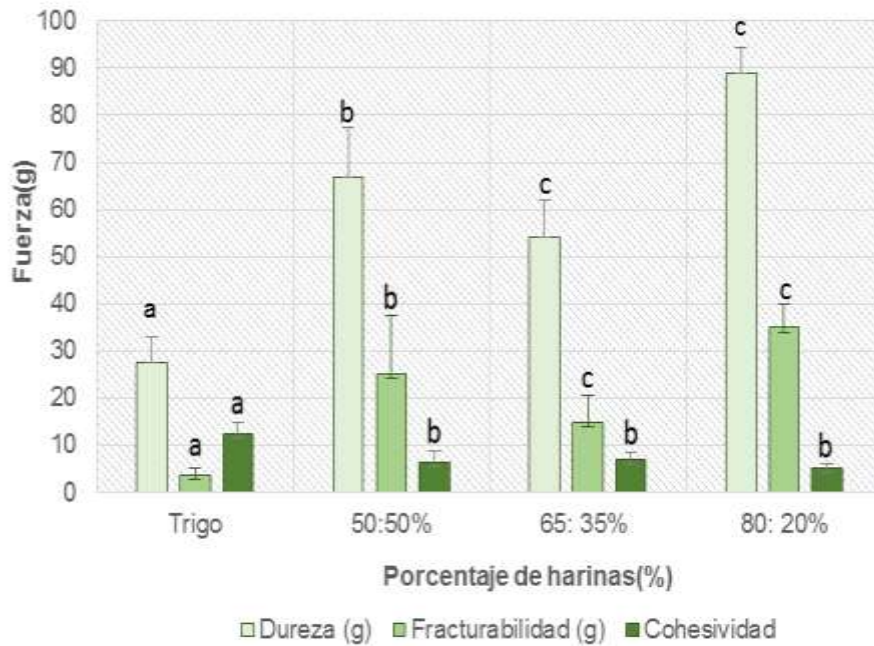


Figura 16. Dureza, gomosidad y cohesividad de diferentes formulaciones de masa de trigo y huauzontle: 50– 50% de harina de flor - tallos, 65-35% harina de flor - tallos y 80 – 20% harina de flor - tallos. Las letras diferentes indican diferencias significativas por porcentaje de harina. Nivel de significancia $p \leq 0.05$.

Los resultados de elasticidad se muestran en la Figura 17, en la cual no existe diferencia significativa de las formulaciones con la masa convencional, por lo que se puede decir que las formulaciones de masa presentaron una elasticidad similar a la masa convencional.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

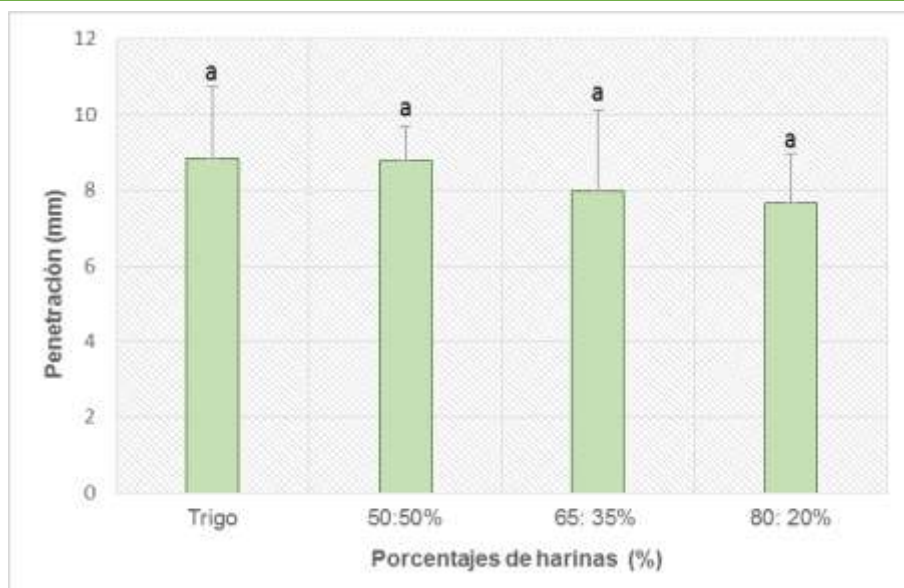


Figura 17. Elasticidad para las formulaciones de masas de trigo y de huauzontle. 50– 50% de harina de flor - tallos, 65-35% harina de flor - tallos y 80 – 20% harina de flor - tallos. Las letras diferentes indican diferencias significativas por porcentaje de harina. Nivel de significancia $p \leq 0.05$.

En Cruz *et al.* (2016) presentaron un análisis textural de harinas de sémola de trigo duro, donde muestra que la dureza aumenta conforme aumenta las mezclas de harina en la masa, ya que conforme aumenta la cantidad de harina diferente a la de trigo disminuye la cantidad de gluten, lo que repercute en la formación de redes del mismo e indica que el ingrediente más importante que forma la estructura es el almidón aumentando la absorción de agua, actividad de amilasa y gelificación de almidón. Con respecto a la elasticidad Cruz *et al.*; (2016) Menciona que esta aumenta en la primera adición de harina y posteriormente se mantiene estable sin importar el porcentaje de harina que se agregue, caso similar con las formulaciones de las masas de flor y tallo de huauzontle que la primera formulación de 50:50% fue la más alta y conforme variaban las porciones de ambas harinas se presentaron milímetros de penetración similares. Dicho motivo por el que se seleccionó la formulación de 80% de harina de flor y 20% de tallo de huauzontle; ya que no mostró puntos blancos, lo que indicó que la hidratación de las harinas se logró de manera homogénea y el tamaño de partícula fue el adecuado, sin presencia de grietas, logrado la unión de las harinas uniformemente lo que se refuerza con las pruebas texturales ya que, dicha formulación presentó mayor dureza lo que asegura una fuerte unión y la presencia de almidón, lo cual ayuda para poder lograr la elaboración de pastas alimenticias, además de cumplir con las características mencionadas en Sandoval (2012), que para llevar a cabo la extrusión o

laminado de las pastas alimenticias se requiere de una masa libre de puntos blancos, sin grietas ni astillas, uniforme y manejable, la cual se logra con una homogénea humectación de los ingredientes, con tamaños de partícula menor a la correspondiente a la malla #40 en todas las harinas utilizadas, además de un amasado mecánico.

5.4. Determinación del efecto del porcentaje CMC en la elaboración de pastas alimenticias.

Una vez determinada la masa con características similares a la convencional de harina de trigo, se evaluó el efecto de la edición de goma CMC en las propiedades funcionales durante la elaboración de pastas alimenticias en diferentes formas tales como macarrón, tallarín, fideo y lasaña; esto con el objetivo de seleccionar la mejor apariencia y aceptabilidad entre consumidores potenciales.

5.4.1. Pruebas de apariencia

La apariencia es una propiedad física que permite evaluar características del producto como es el aspecto, color, olor y textura durante la elaboración, por lo que en las pastas alimenticias de huauzontle, hablando subjetivamente de la apariencia inicial, en general, presentaron un color verde propio de la flor de huauzontle, sin olores extraños, solo el característico de la misma. Con respecto a la textura en la superficie las pastas con el menor porcentaje de goma CMC (0.25%); presentaron grietas y astillas, caso contrario a las que contenían 0.75%, ya que estas no se manifestaron. Otra característica que se produjo durante la elaboración, fue que las formas más delgadas como tallarín y fideo con 0.25% de goma CMC la mayoría sufría rupturas, además de que se curvaban (Figura 18) durante la extrusión, contrario a las pastas alimenticias con 0.75% de dicha goma.



Figura 18. Pastas alimenticias de huauzontle con 0.25% de goma CMC

5.4.2. Pruebas de calidad de pastas alimenticias

Para evaluar la calidad de las pastas alimenticias se realizaron diferentes pruebas que permiten establecer algunas características propias de las mismas, las cuales son establecidas esencialmente por tres factores: las materias primas, la fórmula del producto y el proceso de elaboración, el cual es determinado por puntos blancos en la superficie, tiempo óptimo de cocción, resistencia a la cocción, color, aumento de peso, grado de hinchamiento e índice de absorción de agua.

- **Puntos blancos.**

Para esta prueba solo se observó el fenómeno de puntos blancos en las pastas alimenticias elaboradas, pero no hubo presencia en ninguna, debido a que anteriormente se estandarizó el proceso de amasado, ya que este fenómeno es resultado de un deficiente mezclado y amasado, ocasionando una no uniforme hidratación de las harinas. Este defecto también es a causa de los tamaños de partícula muy variados (gruesos y finos) en las harinas que evita la hidratación homogénea y después del secado da como resultado la formación de los puntos blancos (Sandoval, 2012), por esto se utilizó un mismo tamaño de partícula (0.25mm) para todas las harinas utilizadas en la formulación determinándolo por el tallo, reduciéndola un poco por debajo que se utilizó en Sandoval (2012) que fueron harinas de malla #40 (0.42mm) las que presentaban mejor homogeneidad y las pastas libres de puntos blancos.

- **Resistencia a la cocción y tiempo óptimo de cocción**

Los resultados de estas pruebas se exponen en la Tabla 18, mostrando primeramente para la resistencia a la cocción que la cantidad de goma CMC si presentó un efecto, mayormente reflejado en las formas como lasaña y macarrón logrando resistir el tiempo establecido en la

NMX-F-023-S-1980 de 15 minutos y para el caso de formas más delgadas como fideo y tallarín no resistieron más de 12 minutos siendo solo las adicionadas con CMC en 0.75%, ya que las de 0.25%, a los 4 minutos se desintegraron en el agua, es por ello que tampoco se realizó la prueba de tiempo óptimo de cocción para dichas pastas alimenticias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 18. Resistencia y tiempo óptimo de cocción

Formulación	Forma	Tiempo de resistencia (min)	Tiempo de óptimo de cocción (min)
0.25% CMC	Fideo	3±0.52 a	No aplica
	Tallarín	3±0.26 a	No aplica
	Macarrón	7±0.87 b	No aplica
	Lasaña	7±0.25 b	5±0.50 a
0.50% CMC	Fideo	6±0.67 a	5±0.56 a
	Tallarín	7±1.23 b	5±0.89 a
	Macarrón	15±0.13 d	10±0.98 d
	Lasaña	10±0.95 c	7±0.65 c
0.75% CMC	Fideo	12±0.85 a	5±0.87 a
	Tallarín	12±0.65 a	5±0.51 a
	Macarrón	15±0.95 b	10±0.7 c
	Lasaña	15±0.56 b	7±0.25 b

Las letras similares en la misma columna indican que no existe diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

El tiempo óptimo de cocción es el tiempo en el que desaparece la zona blanquecina en las pastas alimenticias perteneciente al almidón sin gelatinizar, para dicha prueba se obtuvieron resultados similares entre las pastas alimenticias con 0.5% y 0.75% de CMC, que fueron las pastas en las que se pudo realizar la prueba, debido a que en las que contenían 0.25% CMC no permaneció la forma durante la cocción, lo que indicó que la goma CMC no presentó un efecto durante la misma, si no la mezcla de harinas y el grosor de la forma en que se hizo la extrusión, debido a que en las formas más gruesas, su tiempo de cocción fue mayor y por ende las más delgadas menor; es decir los macarrones y la lasaña presentaron mayores tiempos de cocción.

En general, el tiempo de cocción de las pastas alimenticias elaboradas, es menor al obtener un valor mínimo de 5 min y un máximo de 10 min al compararlo con las comerciales de trigo, ya que Carrasquero, (2009), menciona que el tiempo de cocción promedio se encuentra en 9.29 minutos con un valor mínimo de 6.63 y valor máximo de 15.10 minutos.

- **Color**

La prueba de color se realizó con el fin de conocer las coordenadas de color y saturación (Croma) de las pastas antes y después de la cocción (Figura 19) con ello el cambio total de color, evaluando el efecto de la goma CMC durante la misma. Este parámetro es de gran importancia ya que es uno de los aspectos que más valoran los consumidores para su aceptabilidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

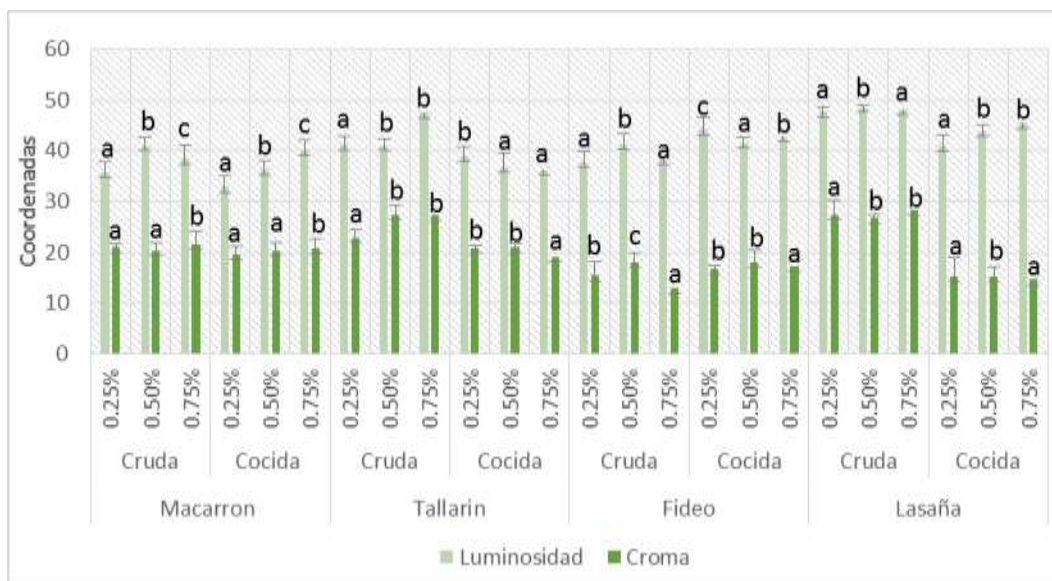


Figura 19. Luminosidad y croma en pastas con diferentes porcentajes de CMC: 0.25, 0.50 y 0.75% antes y después del cocimiento. Las letras diferentes indican diferencias significativas por porcentaje de CMC. Nivel de significancia $p \leq 0.05$.

Los resultados de luminosidad y saturación, presentaron diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre las pastas con 0.25% goma CMC con respecto a las adicionadas con 0.50 y 0.75% a excepción del fideo. En esta última presentó diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en todos los porcentajes de CMC. También se observó que las pastas alimenticias presentaron mayor luminosidad y saturación a mayor cantidad de goma CMC antes de la cocción, lo que indicó que si hubo un cambio por el proceso térmico, ya que después de la cocción hay una disminución de estos dos parámetros con las diferentes porcentajes de goma descrito en la Figura 20, presentando igualmente diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre variaciones manifestando mayor cambio con 0.75% de goma CMC. Comparando las formas, presentó diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre éstas, debido a que lasaña y tallarín fueron las de mayor cambio de color a comparación de macarrón y fideo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

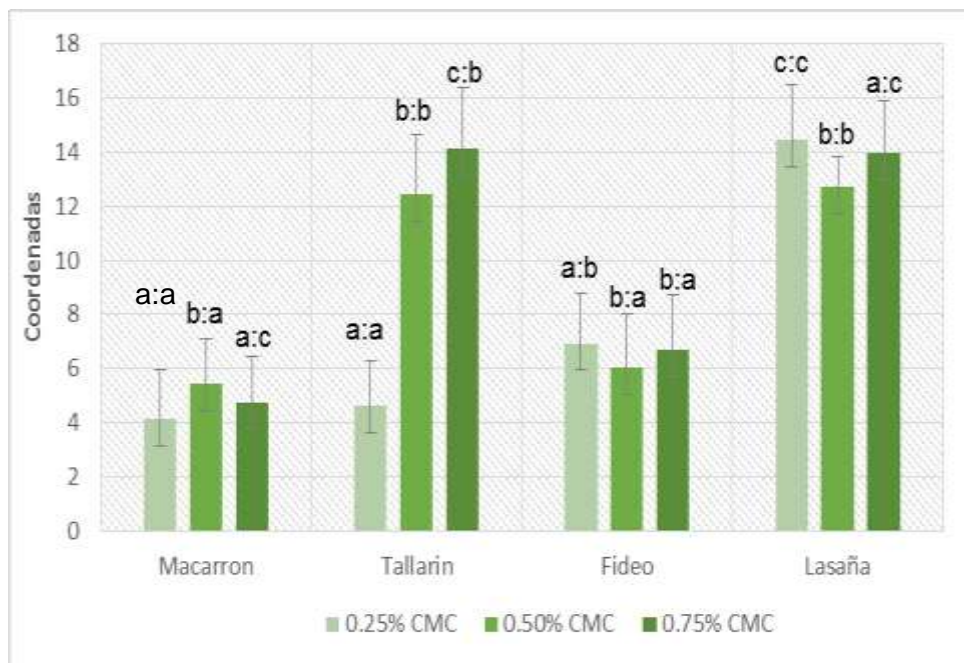


Figura 20. Cambio de color de las pastas alimenticias de huauzontle en diferentes formas: macarrón, tallarín, fideo y lasaña con diferentes porcentajes de CMC: 0.25, 0.50 y 0.75% de goma CMC. Las primeras letras diferentes indican diferencias significativas por porcentajes de CMC y las segundas letras indican diferencias significativas por forma de pasta alimenticia. Nivel de significancia $p \leq 0.05$.

- **Aumento de peso**

El aumento de peso implica un parámetro que tiene relación con su capacidad de absorber agua y su capacidad de hinchamiento; es decir es el resultado físico de los parámetros anteriormente mencionados. En la Figura 21 se muestra el aumento de peso de las pastas alimenticias con diferentes porcentajes de CMC comparadas con las comerciales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

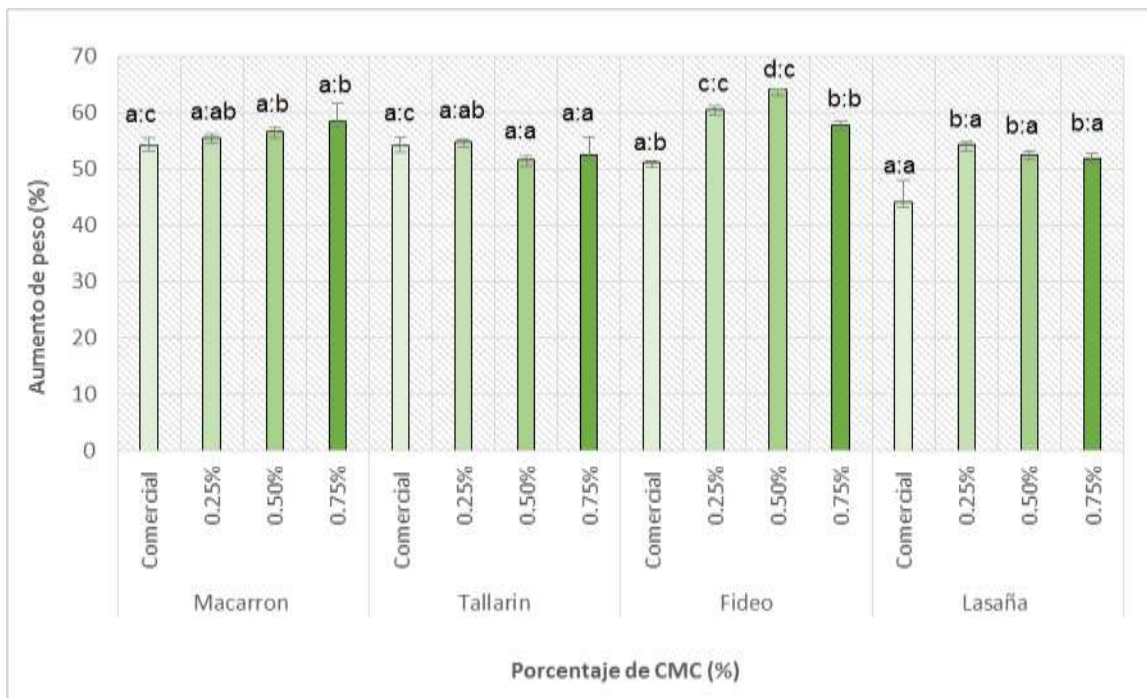


Figura 21. Aumento de peso de las pastas alimenticias de huazontle en diferentes formas: macarrón, tallarín, fideo y lasaña con diferentes porcentajes de CMC: 0.25, 0.50 y 0.75% de goma CMC. Las primeras letras diferentes indican diferencias significativas por porcentajes de CMC y las segundas letras indican diferencias significativas por formas de las pastas alimenticias. Nivel de significancia $p \leq 0.05$.

En las formas elaboradas de pastas alimenticias presentaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre las 4 tanto la comercial como las de huazontle, más notable en el fideo. Con base al porcentaje de CMC, en macarrón y tallarín no existieron diferencias significativas entre las pastas elaboradas con los diferentes porcentajes de CMC respecto a la pasta alimenticia comercial, sin embargo para lasaña sólo se presentó diferencias significativas ($p \leq 0.5$) entre la comercial y las pastas adicionadas con CMC, sin importar el porcentaje; contrariamente al fideo existieron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre todas las pastas elaboradas con los distintos porcentajes de CMC y con respecto a la comercial, observando un mayor aumento de peso con 0.50% de CMC. Con base en los parámetros de calidad propuestos por Hummel (1996) donde menciona que los valores menores a 100% son satisfactorios, ya que este aumento se debe al hinchamiento del grano de almidón que no ha sido maltratado durante el proceso, por lo que se puede decir que los resultados entran en el límite propuesto en la literatura mencionada anteriormente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

• Grado de hinchamiento

Esta propiedad es muy importante ya que durante el cocimiento se requiere que las pastas tengan un grado de hinchamiento adecuado para un aumento de volumen al agrado del consumidor y un alto rendimiento.

En la Figura 22 se muestran los resultados obtenidos sobre el grado de hinchamiento de las diferentes formas de pastas alimenticias.

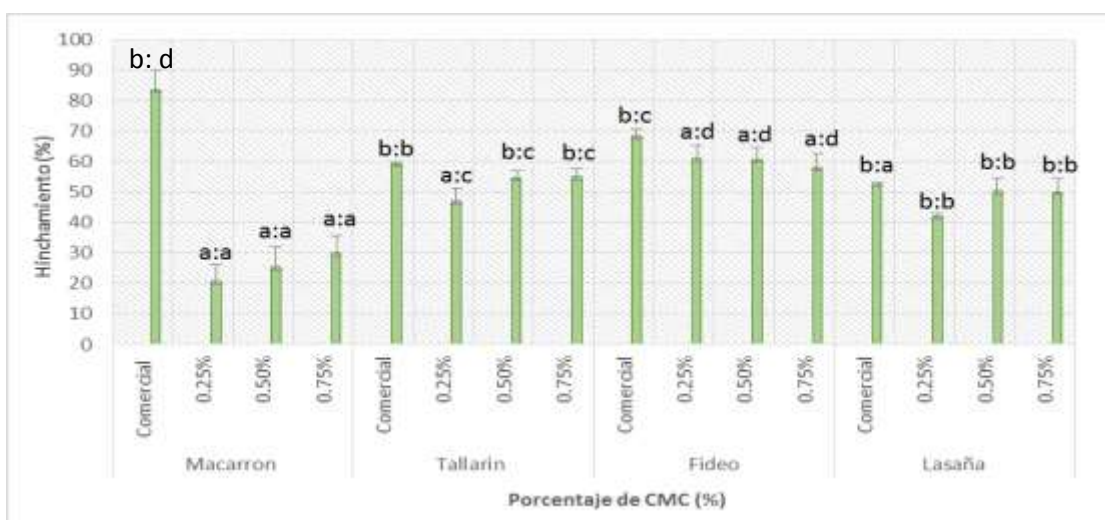


Figura 22. Grado de hinchamiento de las pastas alimenticias de huauzontle en diferentes formas: macarrón, tallarín, fideo y lasaña con diferentes porcentajes de CMC: 0.25, 0.50 y 0.75% de goma CMC. Las primeras letras diferentes indican diferencias significativas por porcentajes de CMC y las segundas letras indican diferencias significativas por formas de las pastas alimenticias. Nivel de significancia $p \leq 0.05$.

El grado de hinchamiento obtenido fue un mínimo de 20% mientras que el máximo fue 60%, según Bustos *et al.* (2007) una pasta alimenticia debe de aumentar el doble de su volumen a los 10 minutos de ser hervidos con agua, conservando su forma, firmeza sin ponerse pastoso y desintegrarse, cumpliendo con esto la mayoría de las formas de pastas alimenticias en todas las variaciones de CMC descartando el macarrón que solo aumento como máximo 30%.

El grado de hinchamiento, comparando las 4 formas de pastas alimenticias elaboradas presentaron diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre las mismas, mientras que al comparar las comerciales respecto a las elaboradas con huauzontle variando el porcentaje de CMC no presentaron diferencia significativa a excepción del macarrón y fideo, ya que los comerciales se hincharon en un 80 y 68% respectivamente; mientras que el elaborado a base de huauzontle con variación de CMC en un 30 y 60% como valores máximos. Por otra parte

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Hummel (1996) menciona que una pasta alimenticia el aumento de hinchamiento es proporcional al aumento de peso, lo cual se vio reflejado en los resultados de ambas pruebas. Este parámetro también va relacionado con el índice de solubilidad en el agua ya que estos parámetros a altos niveles pueden destruir la estructura de las pastas alimenticias, pero las pastas con diferentes porcentajes de CMC se encontraron en rangos cercanos al 50% que es el rango recomendado por Bustos *et al.* (2007) y que menciona que es de adecuado agrado para el consumidor.

• Índice de solubilidad

El índice de absorción de agua (IAA) se entiende como la interacción del almidón con el agua, este parámetro sirve para evaluar la calidad de la materia prima utilizada, indicando la cantidad de agua absorbida por los gránulos de almidón de una determinada muestra sometida a un tratamiento térmico, siendo una medida que refleja la capacidad del granulo de almidón para absorber el agua, incluso a temperatura ambiente y la capacidad integral de la estructura de almidón.

En la Figura 23 se muestran los resultados de porcentajes de IAA, para las 4 formas de pastas alimenticias de huauzontle con diferentes porcentajes de CMC.

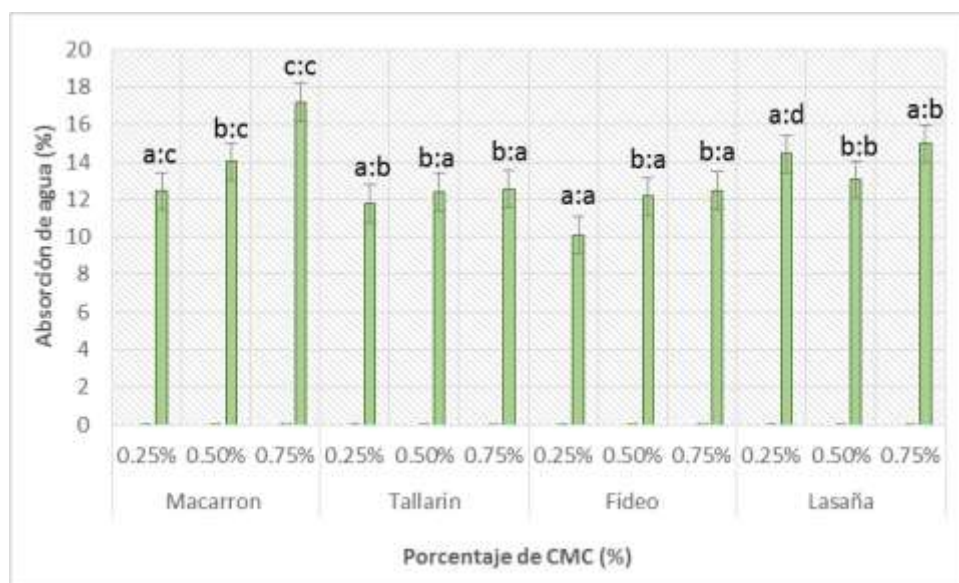


Figura 23. Porcentaje de absorción de agua de las pastas alimenticias de huauzontle en diferentes formas: macarrón, tallarín, fideo y lasaña con diferentes porcentajes de CMC: 0.25, 0.50 y 0.75%. Las primeras letras diferentes indican diferencias significativas por porcentajes de CMC y las segundas letras indican diferencias significativas por formas de las pastas alimenticias. Nivel de significancia $p \leq 0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con respecto a la información de la Figura 23 sobre IAA de las pastas alimenticias de huauzontle no muestra diferencia significativa entre fideo y tallarín pero si entre lasaña y macarrón con mayor absorción en esta última, además de que comparando las pastas alimenticias con diferentes porcentajes de CMC con la comercial presentaron diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre las mismas, para las 4 formas de pasta manifestando mayor absorción con 0.75% de goma CMC, lo que resultó satisfactorio, ya que según Ascheri *et al*; (2006), el IAA variará con el grado de gelatinización sufrido por el almidón en el proceso de cocción, por lo que cuanto mayor sea el número de hidroxilos disponibles para formar enlaces de hidrógeno con el agua, mayor será el IAA, esto también indica el rendimiento de cocción de la pasta (Ramírez, 2015).

Pruebas Texturales

La dureza y fracturabilidad se determinó en las pastas alimenticias de huauzontle en cada una de sus formas con sus tres variaciones de CMC mediante una prueba de penetración; ya que estos parámetros nos indican propiedades físicas que se requiere conocer para su procesamiento y manejo durante su comercialización. En la Figura 24 se muestra para macarrón, dureza y fracturabilidad en pastas elaboradas con diferentes porcentajes de CMC.

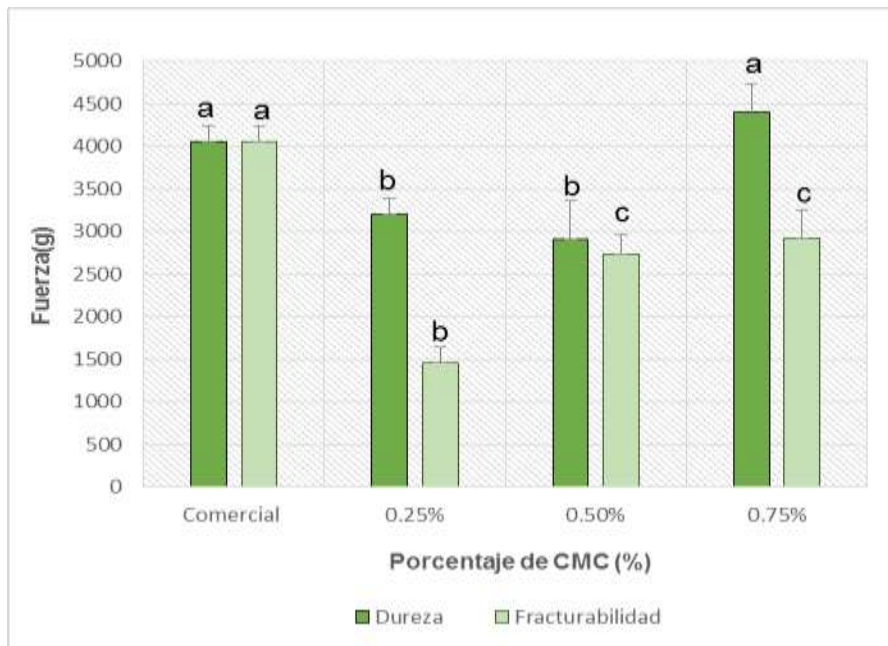


Figura 24. Dureza y fracturabilidad para macarrón elaborado con diferentes porcentajes de CMC: 0.25, 0.50 y 0.75%. Las letras diferentes indican si hay diferencias significativas. Nivel de significancia $p \leq 0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La comparación con respecto a la forma de macarrón en el parámetro de fracturabilidad presento diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre las pastas con diferentes porcentajes de CMC con respecto a la comercial y entre las mismas solo existen entre el que contiene 0.25% de CMC, comportamiento similar con la dureza; solo que la que no presentó diferencia significativa fue la que contenía 0.75% de CMC.

En la Figura 25 se muestra el efecto de la adición de CMC en la dureza y fracturabilidad del tallarín.

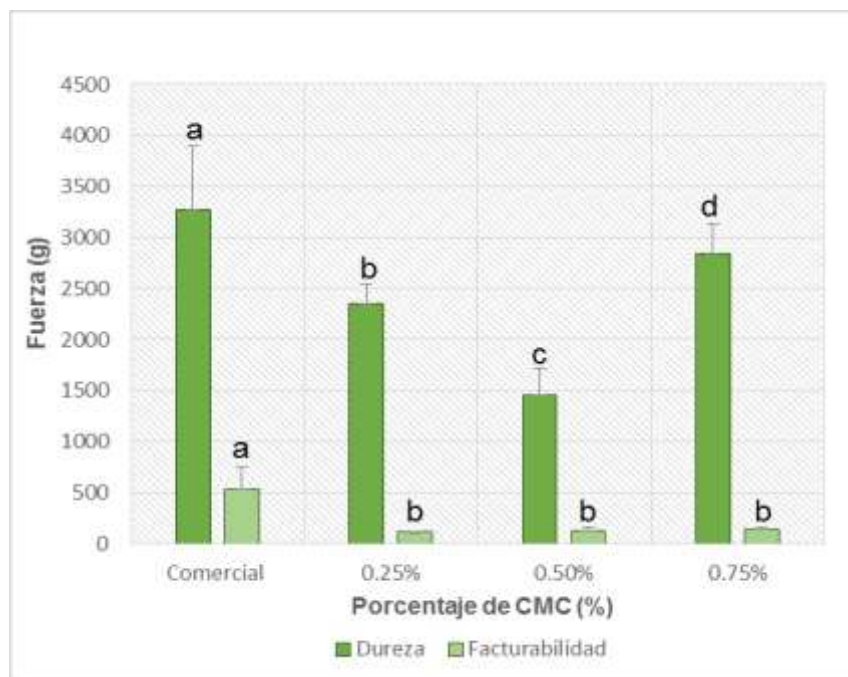


Figura 25. Parámetros de textura para tallarín elaborado con diferentes porcentajes de CMC: 0.25, 0.50 y 0.75%. Las letras diferentes indican si hay diferencias significativas. Nivel de significancia $p \leq 0.05$.

Para el caso de la forma de tallarín existe diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre el comercial y el elaborado con diferentes porcentajes, pero comparando entre las mismas solo se registró diferencias significativas ($p \leq 0.05$) para la dureza siendo el valor más cercano el tallarín con 0.75%, sin embargo para la fracturabilidad no presentó diferencia significativa.

En la Figura 26 se muestra el efecto de la adición de CMC en la dureza y fracturabilidad del fideo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

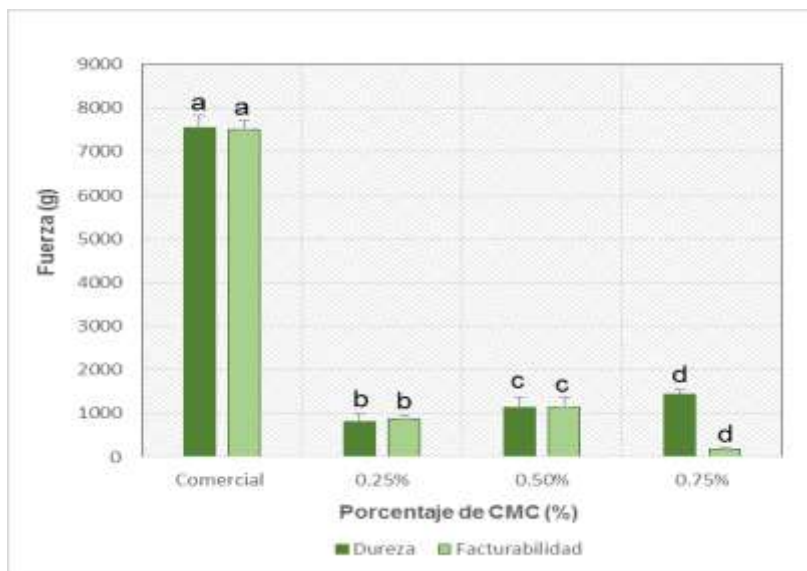


Figura 26. Parámetros de textura para fideo elaborado con diferentes porcentajes de CMC: 25, 0.50 y 0.75% de goma CMC. Las letras diferentes indican si hay diferencias significativas. Nivel de significancia $p < 0.05$.

El fideo fue la forma que presentó diferencia significativa ($p \leq 0.05$), tanto el comercial con las variaciones de CMC y entre las mismas para ambos parámetros, quedando muy por debajo del comercial considerando que era del mismo tamaño y grosor.

En la Figura 27 se muestra el efecto de la adición de CMC en la dureza y fracturabilidad de lasaña.

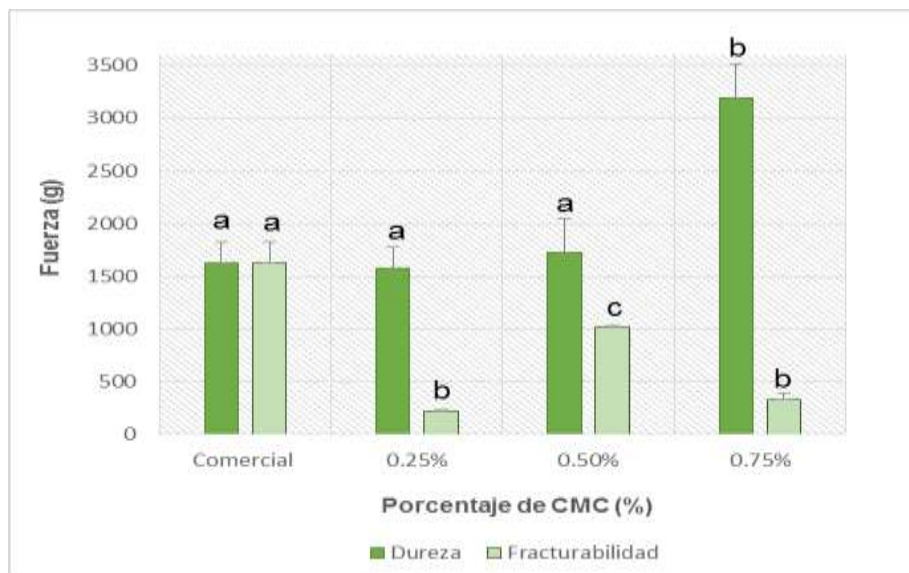


Figura 27. Parámetros de textura para lasaña elaborada con diferentes porcentajes de CMC: 25, 0.50 y 0.75% de goma CMC. Las letras diferentes indican si hay diferencias significativas. Nivel de significancia $p \leq 0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con base en los resultados de lasaña se muestra diferencia significativa ($p \leq 0.05$) para la dureza solo entre la comercial y la pasta alimenticia con CMC en 0.75% manifestando un valor por encima del mismo y para la fracturabilidad en general si presentó diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

De acuerdo a los resultados se observó que el CMC tuvo efecto en la dureza de las pastas alimenticias principalmente en las formas como macarrón y lasaña dando como resultados valores similares al comercial e incluso por encima del mismo como la lasaña, caso contrario a formas más delgadas como fideo que no presentó efecto y para tallarín solo dio un valor cercano, Con respecto a la fracturabilidad no se muestra ningún efecto, ya que esto va más relacionado con la desecación y grosor de las pastas alimenticias, lo que solo indicó que en fideo y tallarín es menor la fracturabilidad.

Posteriormente se sometieron las formas de pasta alimenticia a una cocción según el tiempo estandarizado anteriormente para cada una, prosiguiendo a realizar una prueba de TPA para evaluar el efecto del CMC después de la cocción en los parámetros de dureza, gomosidad y elasticidad, exponiendo los resultados de en la Figura 28 y 29.

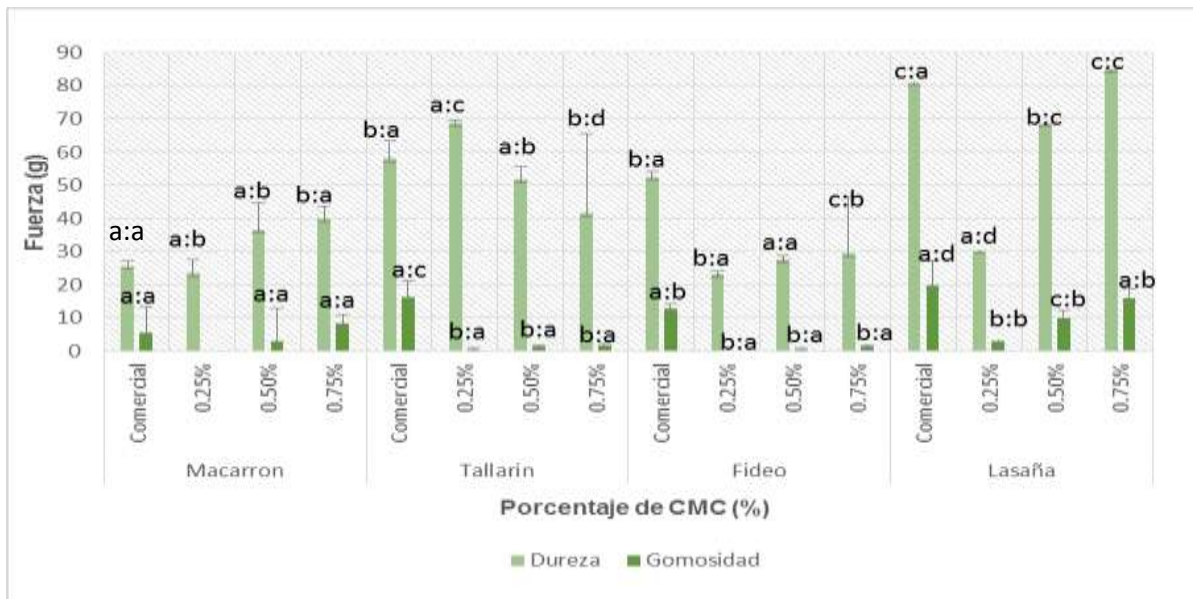


Figura 28. Dureza y gomosidad de diversas pastas alimenticias de huauzontle elaboradas con diferentes porcentajes de CMC: 0.25, 0.50 y 0.75%. Las primeras letras diferentes indican diferencias significativas por porcentajes de CMC y las segundas letras indican diferencias significativas por formas de las pastas alimenticias. Nivel de significancia $p \leq 0.05$.

En comparación entre formas de pastas alimenticias presentaron diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre las 4 formas, para en caso de la dureza, pero para la gomosidad no existieron

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

diferencias significativas entre macarrón, fideo y tallarín, pero si entre estas tres formas y lasaña, obteniendo valores muy por debajo de la misma. Para el caso de los porcentajes de CMC, macarrón y tallarín presentaron diferencia significativa ($p \leq 0.05$) para dureza de las pastas alimenticias con porcentajes de CMC de 0.50 y 0.75% con base a la comercial. En el caso de la gomosidad, mostró diferencia significativa en tallarín entre los tres porcentajes de CMC y la comercial. Con las formas restantes (fideo y lasaña) presentaron diferencia significativa entre los tres porcentajes de CMC y la comercial para ambos parámetros, sin embargo con todas las formas de pasta alimenticia con respecto a la dureza los valores fueron cercanos a excepción de fideo, pero para la gomosidad, la mayoría de los valores quedaron por abajo del comercial.

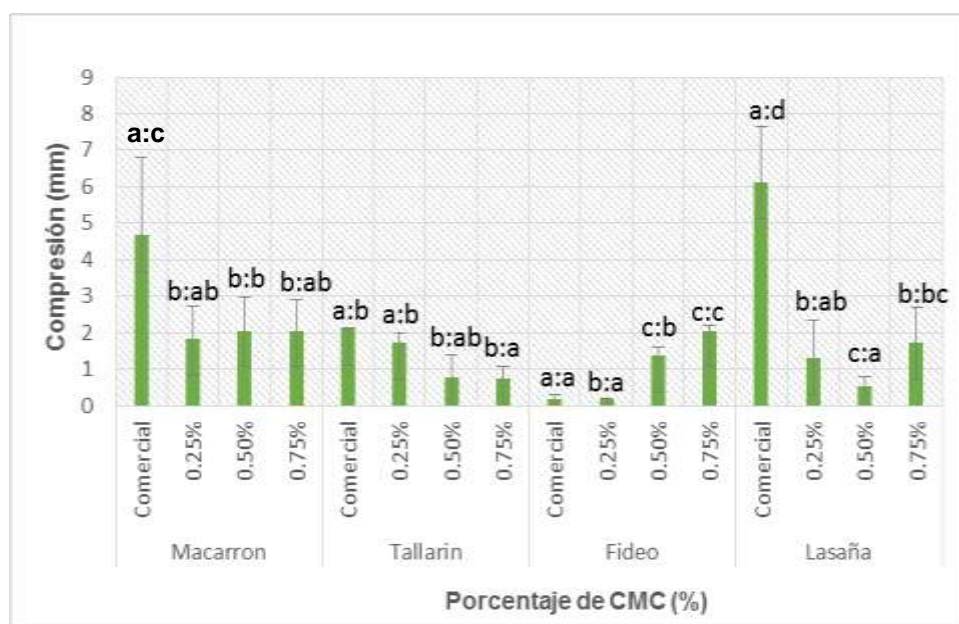


Figura 29. Elasticidad de diversas pastas alimenticias de huauzontle elaboradas con diferentes porcentajes de CMC: 0.25, 0.50 y 0.75%. Las primeras letras diferentes indican diferencias significativas por porcentajes de CMC y las segundas letras indican diferencias significativas por formas de las pastas alimenticias. Nivel de significancia $p \leq 0.05$.

De acuerdo a la elasticidad de las pastas alimenticias se encontró diferencia significativa ($p \leq 0.05$) para cada forma de pasta alimenticia, pero también entre la comercial y las elaboradas con diferentes porcentajes de CMC, mostrándose resultados debajo de los valores de las pastas alimenticias comerciales para cada una de las formas, según Bustos *et al*; (2007), la elasticidad y cohesividad son características principales de estos productos, pero durante la prueba las pastas elaboradas no se presentó cohesividad en ninguna de las

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

formas de pasta ni en las elaboradas con diferentes porcentajes de CMC, además para la elasticidad resultaron bajos notablemente en fideo, tallarín y lasaña.

Análisis microbiológico

Una vez elaborada la pasta alimenticia se realizó un análisis microbiológico a la lasaña reportando los resultados en la Tabla 19.

Tabla 19. Análisis microbiológico

Microorganismo	Reporte de las pastas alimenticias
Coliformes totales	<10 UFC/g *
Mesófilos aerobios	10x10 ⁴ UFC/g
Mohos y Levaduras	<10 UFC/g *

*En la dilución 10⁻¹

Los resultados de dicho análisis microbiológico mostraron UFC de mesófilos en la cuenta de placa, que comparándola con lo establecido por la NOM-110-SSA1-1994, se encontró dentro del rango. También se reportó una ausencia de coliformes, hongos y levaduras en las pastas alimenticias que comprueban las buenas prácticas de manufactura durante la elaboración del producto final.

Prueba sensorial

La evaluación sensorial de las diferentes formas de pastas alimenticias de huauzontle (macarrón, fideo, tallarín y lasaña) en sus tres porcentajes de goma CMC (0.25, 0.50 y 0.75%) comparándolas entre ellas para poder determinar la formulación con mayor aceptabilidad, mostrando en primer lugar los resultados en la Figura 30 para las formas delgadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN



Figura 30. Prueba sensorial de fideo y tallarín de huauzontle con diferentes porcentajes de CMC: 0.25, 0.50 y 0.75% de goma CMC. Las primeras letras diferentes indican diferencias significativas por porcentajes de CMC y las segundas letras indican diferencias significativas por formas de las pastas alimenticias. Nivel de significancia $p \leq 0.05$.

En fideo y tallarín, presentaron diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en la calificación de cada uno de los atributos, notablemente en sabor y textura, siendo estos donde el cambio fue más visible, debido a que conforme aumentó la cantidad de CMC las figuras se mostraron enteras, con una textura agradable al panelista y con base en el sabor disminuyó la intensidad del mismo. La mayor aceptación de las pastas alimenticias fue con el mayor porcentaje de CMC con una calificación máxima de 5 en una escala de 7.

En la Figura 31 se observan los resultados de la prueba sensorial de macarrón y lasaña encontrándose diferencia significativa ($p \leq 0.05$) para cada atributo mayoritariamente sabor y textura, que con diferentes porcentajes de CMC mostraron un cambio notables, donde de igual manera la mayor aceptación fueron las que contenían mayor cantidad de CMC, sin embargo comparando las formas de las pastas la que tuvo mayor aceptación fue lasaña con una calificación e 6 en una escala de 7.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

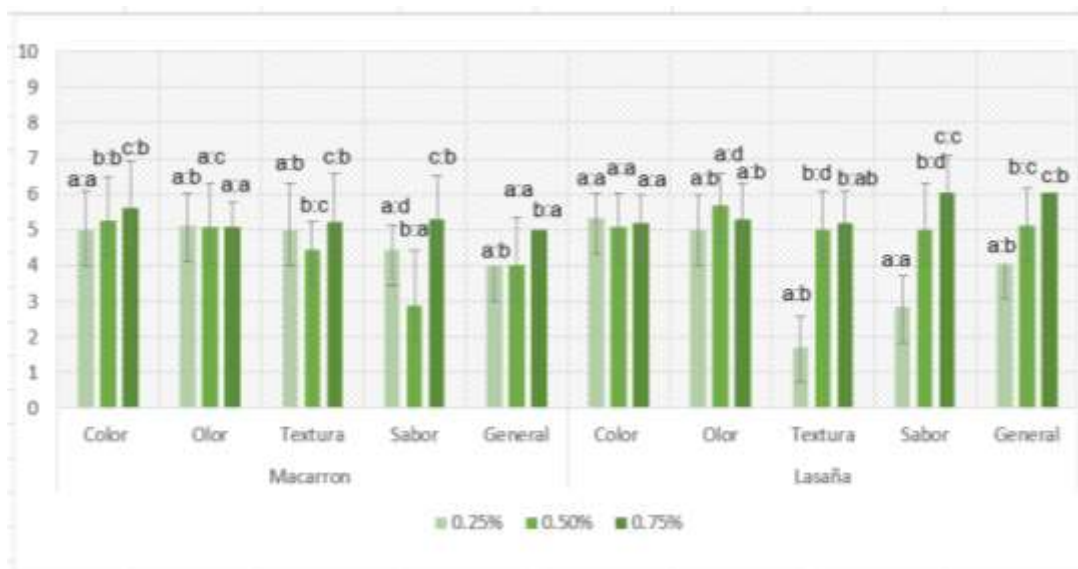


Figura 31. Prueba sensorial de macarrón y lasaña elaborado con diferentes porcentajes de CMC: 0.25, 0.50 y 0.75% de goma CMC. Las primeras letras diferentes indican diferencias significativas por porcentajes de CMC y las segundas letras indican diferencias significativas por formas de las pastas alimenticias. Nivel de significancia $p \leq 0.05$.

Finalmente se seleccionaron las pastas alimenticias con 0.75% de CMC; ya que fueron las que presentaron mejores parámetros texturales y mayor aceptación que fue en lo que se podía ver el efecto ya que con base a la calidad de las pastas alimenticias la que influía fue la mezcla de harinas utilizadas.

Respecto a las 4 formas de pastas alimenticias analizadas, se seleccionó la lasaña debido a que fue la forma que presentó las mejores características de calidad de pastas como aspecto y aumento de volumen, mayor resistencia además de los mejores parámetros texturales con una mayor dureza y gomosis tanto en crudo como en cocido y por la mayor aceptación durante la prueba sensorial con una calificación de 6 en una escala de 7.

5.5. Elaboración de la etiqueta

5.5.1. Composición química de las pastas alimenticias

La pasta alimenticia en forma de lasaña con 0.75% de CMC se le realizó un análisis químico para conocer el aporte nutricional final del producto con la utilización de las harinas de tallo y flor de huauzontle, amaranto y arroz, además de verificar que las pastas alimenticias no contenían gluten mostrando dicha información en la Tabla 20:

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 20. Aporte nutricional de la formulación de pastas alimenticia de huauzontle seleccionada.

Componente	Pasta alimenticia de huauzontle cruda	Pasta c/huevo Cruda*
Energía (Kcal)	264.20	384
Humedad (%)	4.96±0.012	9.01
Carbohidratos (%)	22.30±0.39	71.27
Proteína (%)	10±00	14.16
Lípidos (%)	15.19±1.94	4.44
Fibra Cruda (%)	2.87±0.27	----
Fibra Dietética (%)	0.98±0.21	3.30
Cenizas (%)	3.73±0.11	1.2
Gluten (ppm)	5	75
Sodio (mg/g)	6.17	21

*Datos reportados por: Menchú y Méndez (2012)

Cabe destacar que los componentes de las pastas alimenticias variaron por distintos factores siendo los principales la forma en que sean extruidos o laminados y los ingredientes que se utilicen aparte de la sémola de trigo, eso depende del aporte nutrimental que se requiera, para este caso el objetivo fue aumentar o igualar la cantidad de nutrientes, para hacer de ello un alimento completo, ya que las pastas alimenticias son consideradas como un alimento básico, debido a su aporte nutrimental donde prevalecen los almidones y como única proteína el gluten (Hager *et al*; 2013). Con base en el aporte nutrimental de la pasta alimenticia comercial y la de huauzontle, se puede observar que la humedad obtenida fue más baja que la comercial, esto porque la pasta alimenticia de huauzontle sufría una deformación e incluso una ruptura con el porcentaje de humedad mencionado en la bibliografía, razón por la que se alargó el tiempo de secado, tomando en cuenta que la NMX-F-023-S-1980 no establece un porcentaje mínimo solo un máximo de 14%.

Con respecto a los carbohidratos y proteínas resultó un valor menor, pero siendo una composición diferente de estos ya que para los carbohidratos de las pastas alimenticias de huauzontle no contenían almidón, si no también fibras por parte del tallo de huauzontle u otros azúcares que puedan encontrarse en la flor del mismo o en amaranto. Por investigaciones anteriores donde se obtuvo el perfil de aminoácidos de la harina de huauzontle (Wilson *et al.*, 1999) se puede suponer que el aporte del contenido y calidad de la proteína es alto, no solo por el huauzontle si no por los otros dos cereales utilizados.

Los lípidos son otro componente importante que en la pasta comercial representa entre 1 a 5% dependiendo con lo que sea elaborada, pero para la pasta de huauzontle se obtuvo un

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

15% lo que se relaciona a que en la formulación se utilizó mantequilla y la yema de huevo, ocupando el mayor aporte de lípidos.

5.5.2. Diseño y elaboración de la etiqueta

En esta experimentación se propone una etiqueta para el producto final, la cual se elaboró con la información anteriormente obtenida del análisis químico y siguiendo lo estipulado en la NOM-051-SCFI/SSA1-2010, dicha etiqueta consta de una parte posterior, en la que se describe el aporte nutricional de las pastas alimenticias, la fecha de caducidad, lista de ingredientes, etc., la cual se puede mostrar en la Figura 32.

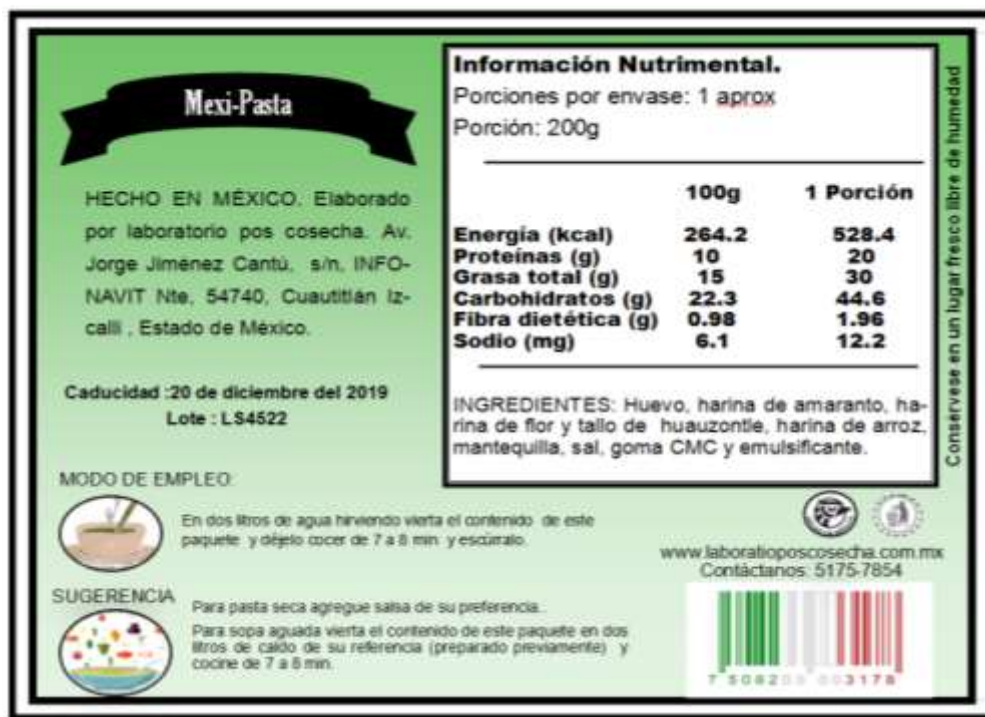


Figura 32. Etiqueta posterior de las pastas alimenticias de huauzontle

En seguida en la Figura 33 se muestra la parte inferior de la etiqueta, donde se mencionan los gramos contenidos del producto, propuesta de marca y forma de asta contenida.



Figura 33. Etiqueta superior de las pastas alimenticias de huauzontle.



6. CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos se puede concluir que:

1. El tallo del huauzontle está compuesto por una gran cantidad de fibra, el cual, al ser utilizado en la elaboración de las pastas alimenticias puede dar un aporte igual o incluso mayor que una pasta alimenticia comercial, además de aumentar a un 80% el aprovechamiento del huauzontle y rendimiento en la elaboración del producto.
2. El utilizar los mismos tamaños de partícula en las harinas y un valor menor a 5% de harina de tallo favorece a la formación de la masa, permitiendo la hidratación homogénea de todas las harinas evitando el fenómeno de puntos blancos, grietas y rupturas. Además se registraron parámetros texturales semejantes a una masa convencional de sémola de trigo, que permite la resistencia a la extrusión.
3. Los factores que afectaron el tiempo óptimo de cocción de las pastas alimenticias fueron: la forma en que sean extruidos y el grosor de dicha forma, ya que a mayor grosor mayor tiempo de cocción, debido a la presencia de mayor cantidad de almidones que se gelatinizan durante este proceso. Para la resistencia a la cocción el efecto del porcentaje de CMC resultó directamente proporcional a la resistencia, ya que a mayor cantidad de ésta, mayor tiempo de resistencia, ya que forma una capa que recubre las pastas alimenticias manteniendo unidos todos los ingredientes y evitó la desintegración en el agua.
4. El aumento de peso, volumen y absorción de agua fueron parámetros que determinan la calidad de apariencia en una pasta alimenticia; así como su rendimiento, donde el CMC no tuvo ningún efecto si no la capacidad del almidón presente en las pastas alimenticias de huauzontle al absorber agua durante un proceso térmico, ya que a mayor absorción, mayor aumento de peso y por tanto mayor volumen, lo que tiene que ser controlado para el agrado del consumidor.
5. Los parámetros texturales se vieron favorecidos en las formas de las pastas alimenticias gruesas con 0.75% de goma CMC al presentar parámetros texturales con valores en crudo similares e incluso por encima de los comerciales, pero se

CONCLUSIONES

desfavorece después de la cocción ya que ninguno de los parámetros fueron similares a los de una pasta alimenticia comercial.

6. El sabor y la textura fueron los parámetros mayormente afectados por el porcentaje de CMC, ya que a mayor cantidad de ésta goma se enmascara el sabor amargo presente por parte del huauzontle y mantuvo una textura firme, la cual fue del agrado de los panelistas; por lo que se eligieron las pastas alimenticias con 0.75%, y con base en las formas la más aceptada fue lasaña por presentar las mejores características organolépticas.
7. Por otro lado con base en los límites establecidos en la NOM-110-SSA1-1994, para la cuenta en placa de mesófilos y en la NMX-F-255-1978, para la cuenta de hongos y levaduras, los resultados se encontraron dentro de estos rangos, además de la ausencia de coliformes en el huauzontle fresco y en las pastas alimenticias de huauzontle, se puede decir que estas son aptas para el consumo humano, ya que se demuestra que durante la elaboración del producto se llevaron a cabo buenas prácticas de manufactura e higiene en el tratamiento de las materias primas
8. La sustitución de harina de arroz y amaranto fue una buena opción como sustituto de la sémola de trigo, así como el uso de flor y tallo de huauzontle como suplemento de nutrientes en las pastas alimenticias, las cuales en general aportan los mismos nutrientes en menor cantidad pero mayor calidad, sin gluten que es la parte proteica prevaleciente en las comerciales, así como menor cantidad de almidones con aporte en fibra y azúcares presentes en huauzontle, además de grasa que aunque está presente en mayor cantidad, se puede disminuir con el uso de aceites vegetales y eliminando la yema de huevo, para que solo aporte los aceites esenciales del amaranto y el huauzontle.



7. RECOMENDACIONES

RECOMENDACIONES

El desarrollo de pastas alimenticias de huauzontle libres de gluten, es un proyecto para llevar al mercado alternativas de nuevos alimentos para las personas celiacas, que es una población en crecimiento, aprovechando plantas nativas de México que han disminuido su producción debido al bajo consumo y que resulta ser beneficiosas para la salud por su gran aporte de nutrientes. Por ello con base a los resultados obtenidos en esta investigación se recomienda lo siguiente:

1. Realizar formulaciones utilizando otros vegetales como son el chícharo, brócoli, alcachofa o cualquier otro que brinde un aporte nutricional importante a la dieta humana.
2. Evaluar el efecto en sabor y textura con variaciones de las harinas de amaranto y arroz.
3. Realizar pastas alimenticias extruidas de otras formas más conocidas como almejas, codos, espaguetis, etc.
4. Reformular el producto agregando aceites vegetales como sustituto de la mantequilla y quitar el la yema de huevo para la disminución del aporte de grasa en el producto final.
5. Elaborar el producto con otros aditivos mejoradores de textura, se solo o en mezcla para mejorar los parámetros y resistencia durante la cocción de las pastas alimenticias.
6. Realizar el arrastre de proteínas para la determinación exacta de aminoácidos presentes en las pastas alimenticias.
7. Realizar vida de anaquel en diferentes empaques evaluando los parámetros texturales y calidad de pastas alimenticias agregando índice de solubilidad, sedimentación y pérdidas por cocción.
8. Realizar extracciones de las sustancias que provocan el sabor amargo a las pastas alimenticias.



8. REFERENCIAS

REFERENCIAS

Alvarado A., Bergenstahl B., Chuquimia F., Peñarrieta M. (2008). Determinación de la capacidad antioxidante y la cuantificación de compuestos fenólicos y flavonoidicos de cuatro especies vegetales de la región andina de Bolivia. Revista Boliviana de química. Instituto de Investigaciones Químicas. Bolivia Volumen 25.

AOAC (2005). Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemist. 17° Edición. Maryland. E. E. U. U.

Brenner, D. (1990). Seed shattering control with indehiscent utricles in grain amaranths. Legacy. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/255603440_Non-Shattering_Grain_Amaranth_Populations. Fecha de consulta 1 de abril del 2019.

Bustos Z., Acosta A., Román D. (2007). "Evaluación de la calidad culinaria y durante su cocimiento de una pasta elaborada a partir de sémola de cebada y trigo", IX Congreso de Ciencia de los Alimentos y V Foro de Ciencia y Tecnología de alimentos Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

Cantera S. (2018). El espagueti es la pasta favorita de los mexicanos. El Universal. Recuperado de <https://www.eluniversal.com.mx/cartera/economia/el-espagheti-es-la-pasta-favorita-de-los-mexicanos>. Fecha de consulta el 16 de abril del 2019

Carrasquero A. (2009). Evaluación de calidad de las pastas alimenticias. Universidad de Zulia. Venezuela. Disponible en http://tesis.luz.edu.ve/tde_arquivos/59/TDE-2014-05-19T08:56:32Z-4719/Publico/carrasquero_adrian_pedro_jose.pdf . Consulta 26 de febrero del 2019.

Carrillo O. A. (2000). Anatomía de la semilla de *Chenopodium berlandieri* subsp. *nuttalliae* (Chenopodiaceae) 'Huauzontle'. Tesis de Maestría en Ciencias Colegio de Posgraduados Montecillo México.

Cruz J., González L., Güemes N., Hernández J.P., Moreno A.L., Romero I.G. y Soto S. (2016). Análisis de perfil de textura en masas de sémola de trigo adicionadas con harina de

REFERENCIAS

chayotextle(*Sechium edule*). Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Hidalgo.

De la Cruz. E., López. A. X., García J. M., German G. V. (2001). Aplicación de técnicas moleculares en el estudio de huauzontle., cultivo prehispánico alternativo para zonas agrícolas. El INN hoy. Centro nuclear de México. Recuperado de <https://www.osti.gov/etdeweb/servlets/purl/20250892> Fecha de consulta día 8 de febrero del 2018.

Dendy D., Dobraszchzyk, B. (2004) Cereals and cereals products. Chemistry and technology. Ed. Kluwer Academic/Plenum Publishers. New York: 537.

EFSA, (2010). Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria. Tablas de Composición de Alimentos, arroz blanco. Recuperado de <http://www.fen.org.es/mercadoFen/pdfs/arroz.pdf> Fecha de consulta 7 de marzo del 2019.

Falcón B. T., Vázquez A. O., Luna G. M. A., De la Cruz T. E., Luna C. P. y García A. J. M. (2007). Ácidos grasos en semillas de *Chenopodium berisneri* ssp. Nattallie raza local huauzontle, ININ-SUTIN. Congreso técnico científico, Dr. Carlos Vélez Orón (Resúmenes). pp 93.

Fennema, O. (2000). Química de los alimentos. Tercera edición. Acribia. Zaragoza

Food Research International (2010) Amaranth proteins as a source of antioxidant peptides: Effect of proteolysis pp-315–322

Hager A., Czerny M., Bez J., Zannini E., Arendt E. (2013). Starch properties, in vitro digestibility and sensory of fresh egg pasta produced from oat, teff and wheat flour. Journal of Cereal Science, 58, 156-163.

Hernández A., Inzunza M. (2016). Desarrollo de una pasta funcional para sopa tipo tallarín a base de harina de huauzontle, quinoa y sémola de trigo. Tesis de licenciatura en Ingeniería en Alimentos. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. UNAM. México.

REFERENCIAS

Hummel C. (1996). Macaroni products: Manufacture processin and Packing. Food Tarde Pres 2287p.

Lira I. (2017). El cultivo del amaranto, rico y con gran tradición mexicana entra en rigor: productores. Sin embargo. México. Recuperado de <https://www.sinembargo.mx/30-04-2017/3191618>. Fecha de consulta1 de abril del 2019.

López V. (2014). Manual de textura. Tesis de apoyo a la docencia para el título de Ingeniería en Alimentos. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. UNAM. México.

Lowry, N.J. Rosebrough, A.L. Farr y R.J. Randall. J. Biol. Chem. (1996). Valoración de: proteínas por el método de Lowry disponible en: <http://www3.uah.es/bioquimica/Sancho/farmacia/practicas/Lowry.pdf>. Consulta 12 de octubre del 2018.

Martínez D., Nieves C. (2016). Tostaditas funcionales horneadas (tipo nacho) de harina compuesta de maíz y huauzontle. Tesis de licenciatura en Ingeniería en Alimentos. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. UNAM. México.

Martínez J., García P., (2001). Nutrición humana. Politécnico de Valencia. Valencia: 384.

Merino M., Papparini V. (2000). Análisis de los desperdicios generados en una planta de producción de pastas y proposición de métodos para su aprovechamiento. Tesis de licenciatura en Ingeniería Industrial. Universidad Católica Andrés Bello. Venezuela. Recuperado de <https://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-023-S-1980.PDF>. Fecha de consulta 27 de marzo del 2019.

Menchú M., Méndez H. (2012). Tablas de composición de alimentos de Centroamérica. Guatemala. SERVIPRENSA. Segunda edición

Miller, N. (1993) Novel method for measuring antioxidant capacity and its application to monitoring the antioxidant status in premature neonates. En: Clinical science (London, England). Vol. 84. p. 407-412

REFERENCIAS

Muñoz C. (2010). Composición de alimentos. Segunda Edición. Mc Gra Hill. México, 365 p.

Nafria R. (2002). Dieta sin gluten. Celiacos Treinta. Disponible en <https://www.celiacostreinta.com/2012/04/el-gluten-que-es-para-que-se-utiliza.html> Fecha de consulta 27 de marzo del 2019.

NASPGHAN (2005). North American Society for Pediatric Gastroenterology, Hepatology and Nutrition. Guía dieta sin gluten. México. Recuperado de <https://www.gikids.org/files/documents/resources/Gluten-FreeDietGuideWebSpanish.pdf> Fecha de consulta 21 de febrero del 2019.

Nieto, C. (1990). El cultivo de amaranto (*Amaranthus* spp) una alternativa agronómica para Ecuador. INIAP, EE. Santa Catalina. Publicación Miscelánea N°52. Quito, Ecuador.

NMX-F-023-S-1980. (1980). *Pasta de harina de trigo y/o semolina para sopa y sus variedades*. Secretaría de Salubridad y Asistencia. *Normas mexicanas. Dirección general de normas*. Disponible <https://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-V-023-1983.PDF>. Consulta 10 de septiembre del 2018.

NMX-F-255-1978. Método de conteo de hongos y levaduras en alimentos. Method o test for count of fungi and yeast in food. Normas mexicanas. Dirección general de normas. Recuperada de <https://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-255-1978.PDF>. El 26 de diciembre del 2018.

NOM-092-SSA1-1994. Bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa. Norma Oficial Mexicana. México.

NOM-109-SSA1-1994. Bienes y servicios. Procedimientos para la toma, manejo y transporte de muestras de alimentos para su análisis microbiológico. Norma Oficial Mexicana. México

NOM-110-SSA1-1994. Bienes y servicios. Preparación Y Disolución de Muestras de Alimentos Para su Análisis Microbiológicos. Norma Oficial Mexicana. México.

REFERENCIAS

NOM-111-SSA1-1994. Bienes y servicios. Método para la cuenta de mohos y levaduras en un alimento. Norma Oficial Mexicana. México.

NOM-113-SSA1-1994. Bienes y servicios. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa. Norma Oficial Mexicana. México.

NOM-051-SCFI/SSA12010. Especificaciones generales del etiquetado de alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados. Normas oficiales. Dirección general de normas y de la comisión

NOM-247-SSA1-2008. Productos y servicios. Cereales y sus productos. Cereales, harinas de cereales, sémolas o semolinas. Alimentos a base de: cereales, semillas comestibles, de harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificación. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales. Norma Oficial Mexicana. México.

Ortega A. (2016). Variación de perfil nutricional en pastas alimenticias frescas con el empleo de harina de chufa e hidrocoloides en su formulación. Trabajo de fin de grado y tecnología de los alimentos. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia. Recuperado de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/66071/-ORTEGA%20-%20Variaci%C3%B3n%20del%20perfil%20nutricional%20en%20pastas%20alimenticias%20frescas%20con%20el%20empleo%20de%20harina%20....pdf?sequence=1>. Fecha de consulta 27 de marzo del 2019.

Pearson D. (1998). Técnicas de laboratorio para el análisis de alimentos. Zaragoza, España: Editorial ACRIBIA, S. A.

Polanco I. (2005). Enfermedad celíaca. Un reto diagnóstico. Madrid: Alpe Editores

Ramírez A. (2015). Evaluación de características físicas, químicas y sensoriales de pasta Fettuccine con sustitución parcial de la harina de trigo por almidón de yuca y cáscara de huevo. Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniera en Agroindustria Alimentaria. Escuela Agrícola Panamericana. Honduras.

REFERENCIAS

Ramos F. (2013) .Maíz, trigo y arroz, los cereales que alimentan al mundo. Universidad Autónoma de Nuevo León. Primera Edición. Monterrey. Recuperado de <http://eprints.uanl.mx/3649/1/maiztrigoarroz.pdf>. Fecha de consulta 1 de marzo del 2019.

Ridascreen Fast Gliadin (2008). Técnica de cuantificación de prolaminas. Manual . SAGARPA (2013). Secretaria de Agricultura Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México. Recuperado de <http://www.siap.gob.mx/huauzontle/> Fecha de consulta 1 de diciembre del 2018.

SAGARPA (2014). Secretaria de Agricultura Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México Recuperado de http://www.amaranthinstitute.org/sites/default/files/petenoll2_0.pdf Fecha de consulta 2 de abril del 2019.

SAGARPA (2017). Secretaria de Agricultura Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Planeación agrícola nacional 2017-2030. México. Recuperado de http://www.amaranthinstitute.org/sites/default/files/petenoll2_0.pdf Fecha de consulta 2 de abril del 2019

Sandoval G. (2012). Desarrollo de mezclas farináceas de cereales (maíz, quínoa y cebada) y papas ecuatorianas como sustitutos parciales del trigo importado para la elaboración de pan y fideos. Manual de elaboración de pastas. Universidad Técnica de Ambato. SENESCYT. Ecuador.

Silva M. (2008). Cultivo de arroz. Agropedia. Recuperado de <https://agrotendencia.tv/agropedia/el-cultivo-de-arroz/> Fecha de consulta 10 de abril del 2019.

Tapia, M. (1997). Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación. FAO, Oficina Regional para América Latina y el caribe. 2a Edición. Santiago, Chile.

Valadés J. (2016). El huauzontle un gran alimento olvidado. Recuperado de <http://remediosnaturales.about.com/od/Dietas-Y-Terapias/tp/Siete-beneficios-del-tomate.htm>. Fecha de consulta 16 de abril del 2019.

REFERENCIAS

Villapol N., (2015). Pastas alimenticias. Recuperado de https://www.ecured.cu/index.php?title=Pastas_alimenticias&action=edit Fecha de consulta 27 de marzo del 2019.

Walmart Mexico y Centroamerica (2019), Recuperado de <https://www.walmart.com.mx/>. Fecha de consulta 17 de julio del 2019.

Wilson H., Heiser C.B. (1999). The origin and evolutionary relationship of huauzontle (chenopodium naturallie SAFFORD), domesticated chenopod of Mexico. American Journal of Botany. Vol 66. No 2. pp 198-206.