



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

**DESARROLLO DE TOSTADITAS DE HUAUZONTLE  
(*Chenopodium berlandieri nuttalliae*) CON DOS VARIEDADES  
DE MAÍZ APLICANDO DOS MÉTODOS DE HORNEADO.**

**T E S I S**

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

**P R E S E N T A:**  
Alavez Oliva Dhamar Iridian

Asesora: Dra. María Andrea Trejo Márquez

Coasesora: Dra. Alma Adela Lira Vargas

CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO, 2020



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

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.

Desarrollo de tostaditas de huauzontle (*Chenopodium berlandieri nuttalliae*) con dos variedades de maíz aplicando dos métodos de horneado.

Que presenta la pasante: Dhamar Iridian Alavez Oliva  
Con número de cuenta: 312073042 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 26 de Noviembre de 2019.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	I.B.Q. Saturnino Maya Ramírez	
VOCAL	I.A. Miriam Alvarez Velasco	
SECRETARIO	Dra. María Andrea Trejo Márquez	
1er. SUPLENTE	I.A. Alberto Solís Díaz	
2do. SUPLENTE	I.A. Zaira Berenice Guadarrama Álvarez	

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



# AGRADECIMIENTOS

Este proyecto se realizó con el financiamiento de los Proyectos IT202410 Aplicación de tratamientos de ultrasonidos, campos eléctricos y cocción solar en el procesamiento de productos hortofrutícolas típicos de México y Proyecto PIAPI 1805. Aplicación de tecnologías emergentes para la conservación, aprovechamiento y control de la inocuidad de productos vegetales.

**A mis padres:** Alfredo Alavez Hernández y Georgina Oliva Gómez, por todo su esfuerzo y dedicación que me ha ayudado a llegar hasta aquí, por cuidarme y ayudarme en todo momento, por todos los consejos, apoyo, amor y comprensión que me han brindado durante toda mi vida. Espero algún día poder devolverles todo lo que han hecho por mí. Muchas gracias.

**A mi hermano** Julio Cesar por el apoyo y el cariño que me has brindado, cuentas con mi apoyo siempre que lo necesites. Te quiero.

**A mis abuelos:** Jorge †, Lucía y Enriqueta, por todo el cariño y los cuidados que me han brindado siempre, por sus consejos, enseñanzas y sus palabras de aliento, por siempre creer en mí y porque han sido un apoyo y un pilar importante en mi vida.

**A mis asesoras y profesores:** A todos los profesores que estuvieron involucrados en mi formación, a mis sinodales que se tomaron el tiempo para la revisión de este trabajo y agradezco en especial a la Dra. Ma. Andrea Trejo Márquez, Dra. Adela Lira Vargas y M. en C. Selene Pascual Bustamante, por su orientación y dedicación durante la realización de este proyecto, y por todos los conocimientos y experiencias que adquirí con ustedes durante todo este tiempo.



**A *mis amigos:*** Mariana, Janette, Lupita, Tania y Rubén. Por todas las experiencias que pasamos juntos, por su apoyo, consejos y la amistad incondicional que me han brindado durante estos cinco años. Por seguir compartiendo cada momento importante conmigo, espero contar con su amistad por muchos años más.

**A la Universidad Nacional Autónoma de México.**



	PÁGINA
<b>Resumen</b>	1
<b>1. Introducción</b>	4
<b>2. Antecedentes</b>	7
2.1. Generalidades del huauzontle	7
2.1.1. Taxonomía y morfología	7
2.1.2. Composición química	9
2.1.3. Importancia económica	10
2.1.4. Industrialización	10
2.2. Tostadas	12
2.2.1. Definición	12
2.2.2. Importancia económica de las tostadas de maíz	13
2.2.3. Proceso de elaboración de las tostadas de maíz	14
2.2.4. Composición química	16
2.3. Generalidades del maíz	17
2.3.1. Taxonomía y morfología	17
2.3.2. Composición química	18
2.3.3. Variedades	19
2.3.4. Importancia económica	21
2.3.5. Industrialización	22
2.4. Métodos de cocción	23
<b>3. Objetivos</b>	26
3.1. Objetivo general	26
3.2. Objetivos particulares	26
<b>4. Cuadro metodológico</b>	28
<b>5. Metodología experimental</b>	29
5.1. Obtención de las harinas de huauzontle	29
5.2. Propiedades funcionales de las harinas de maíz y de huauzontle	29
5.2.1. Capacidad de absorción de agua	29
5.2.2. Capacidad de hinchamiento	29
5.3. Propiedades funcionales de la masa	30
5.3.1. Capacidad de absorción de agua subjetiva	30
5.3.2. Humedad	30
5.3.3. Textura de las masas	31
5.4. Métodos de cocción	31
5.4.1. Prueba sensorial de preferencia	33
5.4.2. Vitamina C	33
5.4.3. Capacidad antioxidante	33
5.5. Análisis sensorial de las tostaditas para la selección del porcentaje de huauzontle	33
5.6. Análisis sensorial y propiedades químicas de las tostaditas de huauzontle para la selección de la variedad de maíz	35
5.6.1. Análisis sensorial	35





5.6.2. Fibra cruda	36
5.6.3. Fibra dietética	36
5.6.4. Proteína (Nitrógeno total)	37
5.6.5. Dureza y fracturabilidad	37
5.7. Vida de anaquel	37
5.7.1. Análisis microbiológico	37
5.7.2. Dureza	38
5.7.3. Humedad	38
5.7.4. Análisis sensorial	39
5.7.5. Modelo de la degradación cinética	40
5.8. Análisis estadístico	42
<b>6. Resultados y discusión</b>	<b>43</b>
6.1. Propiedades funcionales de las harinas de maíz y huauzontle	43
6.1.1. Capacidad de absorción de agua	43
6.1.2. Capacidad de hinchamiento	44
6.2. Propiedades funcionales de la masa	45
6.2.1. Capacidad de absorción de agua subjetiva	45
6.2.2. Humedad	46
6.2.3. Textura	48
6.3. Métodos de cocción	52
6.3.1. Prueba sensorial de preferencia	52
6.3.2. Vitamina C	53
6.3.3. Capacidad antioxidante	54
6.4. Análisis sensorial de las tostaditas para la selección del porcentaje de huauzontle	56
6.5. Análisis sensorial y propiedades químicas de las tostaditas de huauzontle para la selección de variedad de maíz	59
6.5.1. Análisis sensorial	59
6.5.2. Propiedades químicas	62
6.5.3. Propiedades texturales	67
6.6. Elaboración de etiqueta	68
6.7. Vida de anaquel	73
<b>7. Conclusiones</b>	<b>84</b>
<b>8. Recomendaciones</b>	<b>85</b>
<b>9. Referencias</b>	<b>86</b>
<b>10. Anexos</b>	<b>95</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Planta de huauzontle	7
Figura 2. Principales estados productores de huauzontle en México	10
Figura 3. Productos de huauzontle	11
Figura 4. Tostadas de maíz fritas	12
Figura 5. Tostadas de maíz con diferentes ingredientes	13
Figura 6. Proceso de elaboración de tostadas de maíz con diferentes ingredientes.	14





Figura 7. Cultivo de maíz	18
Figura 8. Exportación de maíz mexicano	22
Figura 9. Productos derivados del maíz	22
Figura 10. Diagrama del proceso de elaboración de tostaditas de huazontle	32
Figura 11. Formato de la prueba de aceptación para el método de cocción	33
Figura 12. Formato de la prueba de aceptación de 7 puntos para evaluar atributos sensoriales	35
Figura 13. Tostaditas de huazontle con maíz azul (A) y maíz blanco (B)	35
Figura 14. Formato de la prueba de aceptación de 7 puntos para la evaluación sensorial de tostaditas de huazontle con dos variedades de maíz (blanco y azul).	36
Figura 15. Preparación de diluciones para análisis microbiológico	38
Figura 16. Formato de la prueba de aceptación de 7 puntos para evaluar atributos sensoriales durante el estudio de vida de anaquel	39
Figura 17. Capacidad de absorción de agua de las harinas de maíz blanco, azul y de huazontle del tallo y semilla	44
Figura 18. Capacidad de hinchamiento de agua de las harinas de maíz blanco, azul y de huazontle del tallo y semilla	45
Figura 19. Capacidad de absorción de agua subjetiva de las masas con diferentes %tallo-semilla	46
Figura 20. Humedad de las masas con diferentes %tallo-semilla	47
Figura 21. Dureza de las masas con diferentes %tallo-semilla	48
Figura 22. Elasticidad de las masas con diferentes %tallo-semilla	49
Figura 23. Adhesividad de las masas con diferentes %tallo-semilla	50
Figura 24. Cohesividad de las masas con diferentes %tallo-semilla	50
Figura 25. Prueba de preferencia para el método de cocción	53
Figura 26. Determinación de vitamina C de las tostaditas sometidas a diferentes métodos de cocción	54
Figura 27. Determinación de capacidad antioxidante de las tostaditas sometidas a diferentes métodos de cocción	55
Figura 28. Aceptación de color de tostaditas elaboradas con diferentes %maíz-huazontle	56
Figura 29. Aceptación del olor de tostaditas elaboradas con diferentes %maíz-huazontle.	56
Figura 30. Aceptación de textura de tostaditas elaboradas con diferentes %maíz-huazontle.	56
Figura 31. Aceptación del sabor de tostaditas elaboradas con diferentes %maíz-huazontle.	57
Figura 32. Aceptación general de tostaditas elaboradas con diferentes %maíz-huazontle.	58
Figura 33. Aceptación del color de tostaditas elaboradas con diferentes variedades de maíz.	59
Figura 34. Aceptación del olor de tostaditas elaboradas con diferentes variedades de maíz.	60
Figura 35. Aceptación de textura de tostaditas elaboradas con diferentes	60





variedades de maíz.	
Figura 36. Aceptación del sabor de tostaditas elaboradas con diferentes variedades de maíz.	61
Figura 37. Aceptación general de tostaditas elaboradas con diferentes variedades de maíz.	61
Figura 38. Dureza (A) y fracturabilidad (B) de tostaditas de huauzontle con dos variedades de maíz	68
Figura 39. Etiquetado frontal de las tostaditas de huauzontle	70
Figura 40. Etiquetado posterior de las tostaditas de huauzontle	71
Figura 41. Aceptación del sabor de las tostaditas de huauzontle durante el estudio de vida de anaquel a tres temperaturas	76
Figura 42. Comportamiento de la aceptabilidad de sabor de tostaditas de huauzontle durante su almacenamiento a tres temperaturas	78
Figura 43. Logaritmo de la vida útil de tostaditas de huauzontle a las diferentes temperaturas de estudio	79
Figura 44. Dureza de las tostaditas de huauzontle durante el estudio de vida de anaquel a tres temperaturas	95
Figura 45. Humedad de las tostaditas de huauzontle durante el estudio de vida de anaquel a tres temperaturas	95
Figura 46. Aceptación del color de las tostaditas de huauzontle durante el estudio de vida de anaquel a tres temperaturas	96
Figura 47. Aceptación del olor de las tostaditas de huauzontle durante el estudio de vida de anaquel a tres temperaturas	96
Figura 48. Aceptación de la textura de las tostaditas de huauzontle durante el estudio de vida de anaquel a tres temperaturas	97
Figura 49. Aceptabilidad general de las tostaditas de huauzontle durante el estudio de vida de anaquel a tres temperaturas	97
Figura 50. Contenido de vitamina C en las tostaditas de huauzontle durante el estudio de vida de anaquel a tres temperaturas	98
Figura 51. Capacidad antioxidante en las tostaditas de huauzontle durante el estudio de vida de anaquel a tres temperaturas	98

### ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía de huauzontle	8
Tabla 2. Composición química proximal de tres alimentos de la familia <i>Chenopodiaceae</i> .	9
Tabla 3. Información nutrimental de las tostadas comerciales de maíz blanco fritas y horneadas.	16
Tabla 4. Taxonomía del maíz	17
Tabla 5. Composición química del maíz	19
Tabla 6. Variedades de maíz más importantes en México	20
Tabla 7. Producción de maíz en México	21
Tabla 8. Métodos de cocción y su afectación en los alimentos	24
Tabla 9. Formulaciones de harinas utilizadas para la elaboración de masas para tostaditas de huauzontle.	30





Tabla 10. Formulaciones utilizadas para la elaboración de tostaditas de huauzontle	31
Tabla 11. Formulaciones de las harinas de maíz y de huauzontle para la elaboración de tostaditas de huauzontle	31
Tabla 12. Formulaciones de las harinas de maíz y de huauzontle para la elaboración de tostaditas de huauzontle con dos variedades de maíz	35
Tabla 13. Parámetros químicos de las tostaditas de huauzontle	62
Tabla 14. Coeficientes de correlación ( $R^2$ ) obtenidos durante el estudio de vida de anaquel a tres temperaturas	75
Tabla 15. Ecuaciones obtenidas de las regresiones lineales para cada temperatura en la evaluación de sabor durante la vida de anaquel	77
Tabla 16. Tiempo de vida experimental de las tostaditas de huauzontle almacenadas a tres temperaturas	78
Tabla 17. Factores de aceleración $Q_{10}$ para cada rango de temperaturas	80
Tabla 18. Análisis microbiológico de tostaditas de huauzontle durante el estudio de vida de anaquel	81
Tabla 19. Límite máximo permitido de microorganismos en productos hechos a base de cereales	81





# RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue desarrollar tostaditas hechas con harina de maíz adicionadas con huauzontle y sometidas a dos métodos de cocción (estufa y microondas), para impulsar su consumo, aumentar el valor nutricional del alimento y que sea considerado un alimento funcional que contribuya a mejorar la salud de la población.

Para la elaboración de las tostaditas primero se obtuvo la harina de huauzontle de dos partes diferentes (tallo y semilla) las cuales se caracterizaron evaluando su capacidad de absorción de agua y capacidad de hinchamiento para elegir la que tenía las propiedades más parecidas a la harina de maíz para elaborar tostadas y establecer las formulaciones de tallo-semilla que se estudiaron, posteriormente se elaboraron las masas con harina de maíz y los diferentes porcentajes tallo-semilla (25%tallo-75%semilla, 50%tallo-50% semilla, 75%tallo-25%semilla) para medir sus propiedades como capacidad de absorción de agua, humedad y textura (dureza, elasticidad, cohesividad y adhesividad) y elegir aquella que permitió formar una tortilla para su posterior cocción y obtención de una tostada. Una vez seleccionada la formulación adecuada de las tostaditas se sometieron a dos métodos de cocción (estufa y microondas) y se seleccionó la más aceptada sensorialmente por los consumidores y que tuviera una menor pérdida en su composición química (Vitamina C y capacidad antioxidante). Posteriormente se elaboraron las tostaditas con diferentes porcentajes maíz-huauzontle (85%maíz-15%huauzontle, 80%maíz-20%huauzontle, 75% maíz-25%huauzontle) y se realizó una prueba sensorial para elegir aquella que fuera más aceptada por el consumidor. Luego se utilizaron dos variedades de maíz (blanco y azul) para elaborar las tostaditas y evaluar sus propiedades químicas determinando la cantidad de fibra dietética, fibra cruda, proteína, capacidad antioxidante y vitamina C, así como las propiedades texturales (dureza y fracturabilidad) y las propiedades sensoriales (color, olor, sabor, textura, aceptabilidad). Posteriormente se elaboró la etiqueta de la tostadita de huauzontle con maíz de acuerdo con la NOM-051-





SCFI/SSA1-2010 y se estudió la vida de anaquel en empaque de bolsa de celofán a tres temperaturas (25, 35 y 45°C) realizando un análisis microbiológico (coliformes, mesófilos, hongos y levaduras), evaluando vitamina C, capacidad antioxidante, humedad, dureza y las propiedades sensoriales.

La harina de semilla de huauzontle fue la que tuvo propiedades más parecidas a la harina de maíz, al presentar valores similares de capacidad de absorción de agua (3.09) y capacidad de hinchamiento (0.4 mL/g) por lo cual la masa que obtuvo las mejores propiedades (capacidad de absorción de agua subjetiva, humedad, propiedades texturales) con respecto al contenido de tallo-semilla y la que mejor se pudo manipular para la elaboración de las tostaditas fue la elaborada con mayor porcentaje de semilla (25%tallo-75%semilla). El método de cocción por estufa fue el que menos afectó a la vitamina C (43.2 mg) y capacidad antioxidante (42.46  $\mu\text{mol/g}$ ) y fue más aceptado sensorialmente en comparación con el de microondas. La formulación de maíz-huauzontle con la que se trabajó fue la de 85%maíz -15%huauzontle, debido a que fue la más aceptada por los panelistas sensorialmente en función de las proporciones de maíz-huauzontle. En el análisis sensorial para elegir el tipo de maíz no hubo diferencia significativa ( $p \geq 0.05$ ) en los atributos sensoriales de las tostaditas elaboradas con maíz blanco y con maíz azul, sin embargo, en cuanto a la composición química si se observó una diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ), siendo el maíz azul el que presentó un mayor contenido de vitamina C (50 mg), capacidad antioxidante (65.92  $\mu\text{mol/g}$ ), fibra cruda (8.69%), fibra dietética (6.1%) y proteína (7.17%) aunque en este último no hubo diferencia significativa ( $p \geq 0.05$ ), al igual que en los parámetros texturales donde la variedad de maíz no influyó en la dureza y fracturabilidad. En cuanto a la vida de anaquel se observó una mayor afectación por las condiciones de almacenamiento en la aceptabilidad del sabor por lo cual se determinó el tiempo de vida útil con este parámetro que fue de 52 días a 25°C y de 37 días a 35 y 39 a 45°C. En cuanto al análisis microbiológico no hubo presencia de coliformes durante la vida de anaquel, pero sí de mesófilos, hongos y levaduras, sin





embargo, no excedían el límite máximo permitido de UFC/ g establecido en la NOM-247-SSA1-2008.





# 1. INTRODUCCIÓN

El huauzontle proporciona una gran cantidad de calcio, hierro, fósforo, vitaminas A, C, E y complejo B, tiene el doble de proteínas que el maíz, el triple que el trigo y la misma cantidad que la leche además que es una fuente importante de antioxidantes, estimula la memoria, ayuda al buen funcionamiento del cerebro, y ayuda a disminuir células cancerígenas (SIAP, 2018). A pesar que el huauzontle tiene muchos beneficios para mejorar la nutrición y evitar enfermedades, no es muy consumido debido a su sabor amargo (por la presencia de saponinas) y actualmente no existen en el mercado variedad de productos industrializados a base de este pseudocereal en comparación con otros pseudocereales como la quinoa y el amaranto, que en la actualidad han tomado una gran importancia nacional e internacional y han sido considerados “super alimentos”, siendo que el huauzontle tiene un mayor valor nutricional (Notimex, 2018).

El huauzontle contiene sustancias denominadas saponinas que le confieren ese sabor amargo y que son toxinas, las cuales han sido consideradas un grave factor antinutricional debido a que pueden reducir la absorción de hierro y su actividad hemolítica, se cree que las saponinas pueden formar complejos con esteroides de la membrana eritrocitaria, como resultado de ello, la membrana estalla, provocando un aumento en la permeabilidad y una pérdida de hemoglobina (Bazile, 2014). Sin embargo, se han hecho estudios donde se comprueba que en cantidades menores a 6,000 mg/kg que es la dosis letal (Cheeke, 2000) proporcionan beneficios en la prevención de enfermedades crónicas, como cáncer o desórdenes cardiovasculares y disminución de los niveles de colesterol, adicionalmente, se han identificado saponinas en algunas especies vegetales con actividad antileucémica, antitumoral, antihipertensiva, analgésica, antipirética y antiinflamatoria, así como que el contenido de saponinas en huauzontle no representa un riesgo para la salud humana al tener un valor de 2,873.23 mg/kg, cantidad inferior a la dosis letal (Barrón *et al.*, 2009).





Por otra parte, el maíz blanco es otro producto endémico de México, este cultivo es el más importante del país, ya que su consumo per cápita al año es de 196.4 kg, especialmente en forma de tortillas. El maíz blanco se destina principalmente para consumo humano y representa el 86.49% de la producción la cual satisface la totalidad del consumo nacional (SAGARPA, 2017).

Por otro lado, el maíz azul es otra variedad consumida en México, se estima que la producción de maíz azul en el Altiplano Central de México es de 200 mil toneladas al año (Arellano *et al.*, 2013). Lo que le da su color azul característico a este tipo de maíz son las antocianinas; las cuales se ha demostrado que pueden brindar beneficios a la salud por su alto poder antioxidante y anticancerígeno. En diversos estudios se ha comprobado que durante el proceso de nixtamalización, la tortilla mantiene una alta calidad de las antocianinas además que este tipo de maíz no contenía rastro alguno de acrilamida, compuestos formados en productos con almidón o aminoácidos sometidos a altas temperaturas y que son perjudiciales para la salud, esto debido a que las antocianinas de la variedad azul forman un efecto de bloqueo a la reacción de Maillard, que favorece el desarrollo de las acrilamidas (Torres, 2016).

Al ser México principal productor de maíz blanco, se utiliza para la elaboración de diferentes productos entre los cuales se destacan las tortillas, totopos y tostadas que se han convertido en parte importante en la dieta diaria de los mexicanos.

Cabe mencionar que las tostadas y snacks fritos a base de maíz, de acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), generan en México un mercado con valor de 62 758 millones de pesos que corresponden a una producción de 22 558 toneladas, generando 3700 empresas en el sector (Martínez & Nieves, 2016) y estudios realizados revelan que el 86% de los mexicanos consumen tostadas al menos una vez cada 15 días. El consumo per cápita está entre 3.5 y 3.8 kilos (Torres, 2009).





Por lo regular las tostadas son sometidas a freído en aceite, sin embargo, se ha demostrado que durante este proceso, los aceites presentan cambios en el contenido de nutrientes que pueden generar compuestos tóxicos que pasan al alimento, el alto consumo de compuestos tóxicos formados durante la fritura puede causar efectos sobre la salud tales como: irritación intestinal, incremento en el tamaño de algunos órganos, problemas cardiovasculares, retardo en el crecimiento de niños y algunos tipos de cáncer, además en diferentes estudios se ha demostrado con diferentes tipos de aceites hay pérdidas importantes de nutrientes como son tocoferoles, carotenos y compuestos fenólicos además de algunas vitaminas sensibles a las altas temperaturas (Suaterna, 2009).

Es por esto por lo que es importante buscar formas más saludables de cocción, que no comprometan la salud del consumidor ni los nutrientes de los alimentos, un ejemplo es el horneado, ya que resulta una técnica muy sana y recomendable en el caso de algunos alimentos, ya que contribuye a mantener sus nutrientes. Debido a que la cocción se realiza por aire caliente o por microondas se evita la ingesta de grasas saturadas y trans y se reduce el colesterol (Nieto, 2014). Además, que los alimentos cocinados por microondas son tan seguros y tienen el mismo valor nutritivo, como los alimentos cocinados con tratamientos térmicos convencionales (OMS, 2005). Los alimentos se cuecen inocuamente por medio de microondas, sin embargo, es importante tener un registro de temperatura y verificar los alimentos en varias partes para asegurar que hayan alcanzado de manera uniforme la temperatura recomendada para disminuir la cantidad de bacterias y otros patógenos que pueden causar intoxicaciones alimentarias (USDA, 2013).

Por esta razón en este proyecto se desarrollará una tostada de huauzontle con maíz blanco y azul horneada por estufa y microondas, para obtener un alimento funcional e impulsar el consumo de este pseudocereal que es endémico de México.





## 2. ANTECEDENTES

### 2.1. Generalidades del huauzontle

#### 2.1.1. TAXONOMÍA Y MORFOLOGÍA

El huauzontle (*Chenopodium berlandieri nuttalliae*) es un pseudocereal originario de la zona central de México, que tiene un alto valor nutricional. 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 (SIAP, 2018).

Como se observa en la figura 1, es una hierba erecta con raíz muy ramificada. Tiene el tallo surcado y la planta toda está cubierta por una especie de polvo amarillo. Las hojas son alternas, triangulares, onduladas y pecioladas. Las flores se reúnen en espigas con cinco sépalos de color verdoso. El fruto comprimido contiene semillas reniformes con abundante albumen (SIAP, 2018).



**Figura 1. Planta de huauzontle.**

Fuente: Valadés (2017).

Es considerado un pseudocereal. Se le ha denominado pseudocereales a aquellas plantas que poseen semillas con gran cantidad de endospermo amiláceo (apto para la elaboración de harinas) y por la ausencia de gluten, lo que las diferencia de los cereales verdaderos (Allende, 2014).





El huauzontle también contiene sustancias denominadas saponinas, que son toxinas que además se han denominado antinutrientes por que pueden evitar la absorción de hierro y por su actividad hemolítica (Bazile, 2014), en este pseudocereal se presentan en una cantidad inferior (2,873.23 mg/kg) a la dosis letal que es de 6000 mg/kg (Barrón *et al.*, 2009). Dichos compuestos se eliminan cuando se cocina la planta y dejan de ser perjudiciales para el organismo. El consumo de saponinas, a través de la dieta, proporciona beneficios en la prevención de enfermedades crónicas, como cáncer o desórdenes cardiovasculares y disminución de los niveles de colesterol. Se han identificado saponinas en algunas especies vegetales con actividad antileucémica, antitumoral, antihipertensiva, analgésica, antipirética y antiinflamatoria, pueden contribuir como fitoquímicos a reforzar el sistema inmunológico (Barrón *et al.*, 2009).

El huauzontle es de la familia *Chenopodiaceae*. El género *Chenopodium*, al cual pertenece el huauzontle, ha sido recientemente reclasificado dentro de la familia *amaranthaceae*, en la tabla 1 se puede ver su taxonomía.

**Tabla 1. Taxonomía de huauzontle.**

<b>Reino</b>	<i>Plantae</i>
<b>Subreino</b>	<i>Tracheobionta</i>
<b>División</b>	<i>Magnoliophyta</i>
<b>Clase</b>	<i>Magnoliopsida</i>
<b>Subclase</b>	<i>Caryophyllidae</i>
<b>Orden</b>	<i>Caryophyllales</i>
<b>Familia</b>	<i>Chenopodiaceae</i>
<b>Subfamilia</b>	<i>Chenopodioideae</i>
<b>Género</b>	<i>Chenopodium</i>
<b>Sección</b>	<i>Chenopodium</i>
<b>Subsección</b>	<i>Cellulata</i>
<b>Especie</b>	<i>Chenopodium berlandieri</i>
<b>Subespecie</b>	<i>Nuttalliae</i>

**Fuente:** Allende (2014).





### 2.1.2. COMPOSICIÓN QUÍMICA

En la tabla 2 se muestran algunos pseudocereales de importancia alimenticia, como se puede observar el huauzontle tiene un mayor contenido de cenizas, proteínas y fibra en comparación con los otros dos. El huauzontle proporciona una gran cantidad de calcio, hierro, fósforo, vitaminas A, C, E y complejo B, tiene el doble de proteínas que el maíz, el triple que el trigo y la misma cantidad que la leche además que es una fuente importante de antioxidantes, estimula la memoria, ayuda al buen funcionamiento del cerebro, y ayuda a disminuir células cancerígenas (SIAP, 2018).

Las hojas tienen la mayor cantidad de vitaminas y minerales, además de tocoferol, mientras que el tallo tiene la mayor cantidad de fibra, así como las ramas. También atesora aminoácidos importantes que necesita el cuerpo. El consumo de huauzontle es fundamental, y otra de sus propiedades son antioxidantes, que disminuyen las células cancerígenas. Además, ayuda a mejorar el tracto digestivo, la colitis y otros problemas gastrointestinales, por su alto aporte de fibra y antioxidantes (Notimex, 2018).

Tabla 2. Composición química proximal de tres alimentos de la familia *Chenopodiaceae*.

Pseudocereal	Humedad (g)	Cenizas (g)	Proteína (g)	Ext. Etéreo (g)	Fibra cruda (g)	Carbohidratos (g)	E (kcal)
Amaranto	11.25	2.72	16.73	7.03	4.40	73.21	424.29
Huauzontle	9.71	4.97	17.83	6.21	6.59	71.0	411.18
Quinoa	13.17	3.5	11.41	7.15	1.33	63.8	-

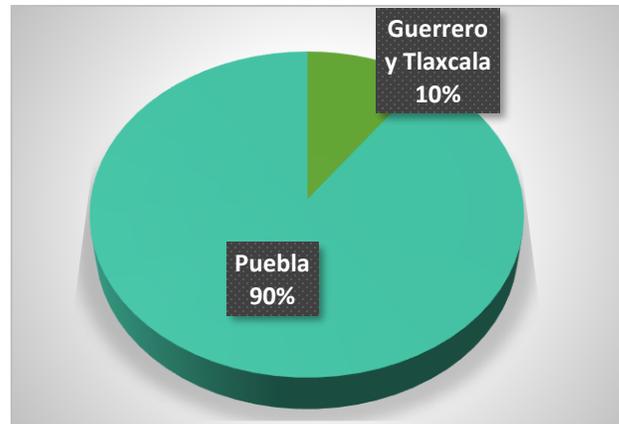
Fuente: Allende (2014).





### 2.1.3. IMPORTANCIA ECONÓMICA

La distribución de esta hortaliza se realiza mayormente en tianguis y mercados públicos. Guerrero, Tlaxcala y Puebla han sido, por años, los principales productores a nivel nacional, siendo este último quien aporta poco más de 90% de la producción total del país como se puede observar en la figura 2 (SIAP, 2018).



**Figura 2. Principales estados productores de huauzontle en México.**

El estado Puebla tiene 1° lugar a nivel nacional en la producción comercial del huauzontle. México produce anualmente 3 mil 206 toneladas en aproximadamente una superficie de 291 hectáreas, en donde Puebla aporta 3027 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 2 mil 800 pesos por tonelada (SADER Puebla, 2016).

### 2.1.4. INDUSTRIALIZACIÓN

Actualmente, en el mercado no existen productos industrializados de huauzontle, debido a que es una planta poco consumida y las nuevas generaciones, ya no la conocen, ese desconocimiento se debe a que la gente es menos partidaria de consumir las plantas de origen mexicano y sobre todo de cultivarlas, además que a la gente no le llama mucho la atención porque es un poco amargo debido a las

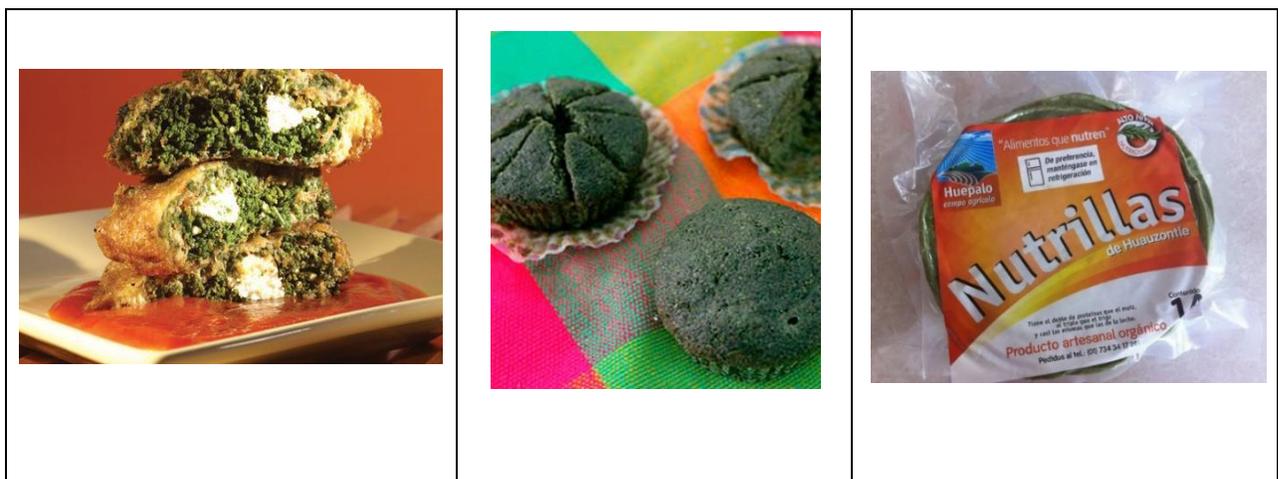




saponinas que contiene, sin embargo, éstas se pueden eliminar durante la cocción.

Otro obstáculo para la industrialización del huauzontle es que otras plantas han tenido mayor relevancia en los últimos años, como la quinoa o la chía, conocidas como “súper foods” o "súper alimentos", por la exposición de otras culturas como la estadounidense o la europea, que han explotado más esta producción. Sin embargo, la semilla se podría aprovechar, como lo hacen ahora las empresas con la quinoa, chía y el amaranto, por lo que el huauzontle podría ser un “boom” sabiéndola aprovechar porque también es una súper comida (Notimex, 2018).

En la figura 3 se muestran algunas formas en que se consume el huauzontle como por ejemplo en platillos (A), en el Instituto Politécnico Nacional se desarrollaron panquecitos de huauzontle como parte de un proyecto (B) y de forma más artesanal se han realizado tortillas de huauzontle (C). Un producto que se podría implementar para impulsar el consumo de huauzontle, son las tostadas debido a que éstas son un producto derivado de las tortillas que ya existen en el mercado como se puede observar en C).



**Figura 3. Productos de huauzontle A) Platillo. Tortitas de huauzontle. B) Panquecitos. C) Tortillas.**

**Fuentes:** Angulo (2017); Webmaster (2016); Iris (2014).





La tortilla se elabora normalmente solo a base de maíz y también derivado de la tortilla se obtienen las tostadas, que son del agrado del consumidor por su textura crujiente. Actualmente en el mercado no existen productos elaborados a base de huauzontle, a pesar de que es un alimento con un gran aporte nutrimental, sin embargo, entre los pocos productos se han encontrado tortillas a base de este pseudocereal, por lo cual podría ser viable la elaboración de otro alimento similar como lo son tostadas de huauzontle.

Al elaborar estos alimentos que se han hecho parte esencial de la dieta diaria de la población mexicana, pero agregando a su formulación otros alimentos con un alto valor nutricional pueden brindar beneficios a la salud pudiendo entrar en el mercado de los alimentos funcionales, sin la necesidad que las propiedades organolépticas sean muy diferentes a las de la tortilla o tostada tradicional y sigan siendo del agrado del consumidor.

---

## 2.2. Tostadas

### 2.2.1. DEFINICIÓN

Una tostada es un producto elaborado a partir de tortilla o masa que puede ser mezclada con ingredientes opcionales, sometido a un proceso de horneado, freído, deshidratado o cualquier otro, hasta obtener una consistencia rígida y crujiente (NOM-187-SSA1/SCFI-2002). Se puede observar un ejemplo tostadas la figura 4.



**Figura 4. Tostadas de maíz fritas.**

**Fuente:** Cocina casera (2019).





### 2.2.2. IMPORTANCIA ECONÓMICA DE LAS TOSTADAS DE MAÍZ

Las tostadas se encuentran dentro de las denominadas botanas o snacks fritos (Figura 5). De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), los snacks fritos generan en México un mercado cuyo valor asciende a 62 mil 758 millones de pesos, que corresponden a una producción de 22 mil 558 toneladas, generando 3700 empresas formales en el sector (Martínez & Nieves, 2016).

Estudios realizados revelan que el 86% de los mexicanos consumen alguno de estos alimentos al menos una vez cada 15 días. El mismo estudio afirma que las compras, tanto para consumo dentro como fuera del hogar, se realizan de manera impulsiva, no son planeadas. El consumo per cápita, está entre 3.5 a 3.8 kilos (Torres,2009).



**Figura 5. Tostadas de maíz con diferentes ingredientes.**

**Fuente:** Axiomacero (2014).

El mercado de tortillas y tostadas en Estados Unidos tiene un valor total de la suma de 20,984 millones de dólares con un considerable aumento de 3.7% más sobre el total arrojado durante el 2007. Los procesadores cada vez llegan con más sabores innovadores y nuevas formas (figura 5), hasta productos fortificados con grano entero o están elaborados con ingredientes orgánicos. Por el potencial de mezclar ingredientes secos en la base de la tortilla, las tostadas pueden ser el vehículo perfecto para agregar beneficios funcionales como Omega-3, vitaminas,





fortificación y otros aditivos funcionales (Torres, 2009). El sector de snacks o botanas es uno de los más relevantes entre los consumidores mexicanos. A lo largo de los últimos años existe una tendencia por parte del consumidor hacia los snacks más saludables, y de acuerdo con un estudio de Ainiaforward, el 50% de consumidores mexicanos ha aumentado su consumo de snacks saludables. El estudio también recalca que el 86% de los consumidores mexicanos compra snacks varias veces por semana. Y de éstos, un 62% los consume varias veces por semana, a diario un 23% y sólo un 12%, una vez por semana. Esta preferencia de los consumidores está marcando el desarrollo de productos por parte de los procesadores de alimentos que buscan cada vez más, tanto en snacks salados como dulces, utilizar ingredientes funcionales y sanos (Rioja, 2018).

### 2.2.3. PROCESO DE ELABORACIÓN DE TOSTADAS DE MAÍZ

En la figura 6 se puede observar el proceso de la elaboración de tostadas de maíz, así como la descripción de cada etapa (FAO-PRODAR, 2014).

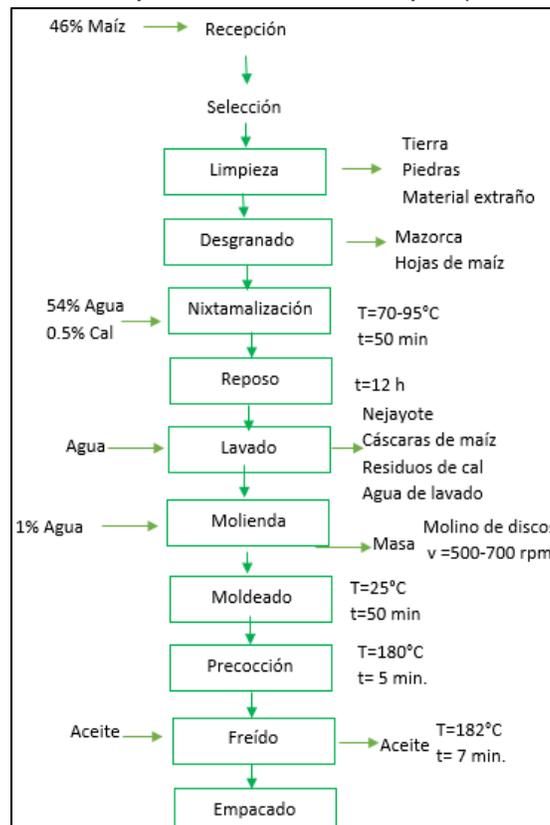


Figura 6. Proceso de elaboración de tostadas de maíz con diferentes ingredientes.





- **Recepción de maíz:** Las cantidades exactas de maíz solicitado se reciben previo al proceso para evaluar su calidad.
- **Selección:** El maíz en buenas condiciones se selecciona, con humedades entre 12 y 14%, libre de picaduras de insectos y de aflatoxinas
- **Limpieza:** La tierra, piedras y materia extraña se separan de los granos de maíz.
- **Desgranado:** Los granos se desprenden de la mazorca de maíz.
- **Nixtamalización:** Consiste en la cocción del grano de maíz en 54% de agua y aproximadamente 0.5% de cal. Este proceso permite la remoción de la cáscara y trae como resultado un incremento en el nivel de calcio y de niacina en el maíz, lo que contribuye a mejorar el nivel nutricional del producto.
- **Reposo:** El maíz se deja en reposo durante 12 horas mínimo con el objeto de contribuir a la remoción de la cáscara y mejorar las características de textura del maíz, lo cual contribuirá a la consistencia final de la masa.
- **Lavado:** Permite la eliminación de la cáscara y del residuo de cal y piedras de las cal producidas durante la cocción.
- **Molienda:** Una molienda húmeda se realiza en molino de discos para obtener una masa de textura homogénea.
- **Amasado:** La masa se compacta ya sea en forma manual o mecánica. En esta etapa se agrega 0.01% de carboximetilcelulosa (CMC) como estabilizador y 0.01% de propionato de sodio como preservante. Estos aditivos se disuelven previamente en agua y luego se mezclan con toda la masa para distribuir uniformemente.
- **Moldeado:** La tortilla se forman manual o mecánicamente discos de 10 a 20 cm. De diámetro y de 3 mm de grosor.
- **Precocción:** Las tortillas formadas se cuecen por ambas caras sobre una superficie caliente a 180°C por 5 minutos.





- **Freído:** La tortilla se introduce en el aceite el cual tiene una temperatura de 182°C, esta se sumerge en la freidora por un tiempo de 7 minutos, para poder obtener una tostada crujiente (Obregón, 2014).
- **Empaque:** El envasado del producto se realiza por lo regular en bolsas de celofán, y luego se coloca la etiqueta de la empresa (Obregón, 2014).

#### 2.2.4. COMPOSICIÓN QUÍMICA

En este proyecto se decidió sustituir una parte de maíz con huauzontle debido a que tiene un contenido amiláceo considerable con el cual se formará la masa además que junto con el maíz aumentará el valor nutricional en comparación de una tostada frita hecha solamente de maíz cuya información nutrimental se muestra en la tabla 3, en elementos importantes como proteína y fibra, además de aportar nutrientes adicionales a los del maíz como antioxidantes y vitamina C. Por otra parte, al ser horneada se disminuirá el contenido de grasa y se mantendrán en mayor medida los nutrientes (Nieto, 2014).

Tabla 3. Información nutrimental de las tostadas comerciales de maíz blanco fritas y horneadas.

Componente	Cantidad (%)	
	Fritas	Horneadas
Proteína	6.66	16.6
Grasas	22.22	0
Carbohidratos	55.55	83.33
Fibra dietética	5.55	0
Sodio	0.70	0.50

Fuente: Mission, Salmas sanissimo (2019).





## 2.3. Generalidades del maíz

El maíz, es uno de los cereales más importantes del mundo, suministra elementos nutritivos a los seres humanos, a los animales y es una materia prima básica de la industria, por lo que es considerado un alimento básico, permite la generación de una gran variedad de preparaciones y platos que son tanto accesibles en términos económicos como ricos en energía y nutrientes (ASERCA, 2018).

### 2.3.1. TAXONOMÍA Y MORFOLOGÍA

El maíz y sus parientes silvestres los teocintles, se clasifican dentro del género *Zea* perteneciente a la familia *Gramínea* o *Poaceae*, que incluye también a importantes cultivos agrícolas como el trigo, arroz, avena, sorgo, cebada y caña de azúcar (Doebley & Iltis, 1980). En la tabla 4 se muestra la taxonomía del maíz.

Tabla 4. Taxonomía del maíz.

<b>Reino</b>	<i>Plantae</i>
<b>División</b>	<i>Magnoliophyta</i>
<b>Clase</b>	<i>Liliopsida</i>
<b>Orden</b>	<i>Cyperales</i>
<b>Familia</b>	<i>Poaceae</i>
<b>Género</b>	<i>Zea L.</i>
<b>Especie</b>	<i>mays</i>
<b>Subespecie</b>	<i>mays</i>

Fuente: CONABIO (2009).

La planta del maíz es de porte robusto de fácil desarrollo y de producción anual. El tallo es simple erecto, de elevada longitud pudiendo alcanzar los 4 metros de altura, es robusto y sin ramificaciones. El maíz es de inflorescencia monoica con inflorescencia masculina y femenina separada dentro de la misma planta. En cuanto a la inflorescencia masculina presenta una panícula (vulgarmente denominadas espigón o penacho) de coloración amarilla que posee una cantidad muy elevada de polen en el orden de 20 a 25 millones de granos de polen. La inflorescencia femenina marca un menor contenido en granos de polen, alrededor de los 800 o 1000 granos y se forman en unas estructuras vegetativas





denominadas espádices que se disponen de forma lateral. Las hojas son largas, de gran tamaño, lanceoladas, alternas. Se encuentran abrazadas al tallo y por el haz presenta vellosidades.

Los extremos de las hojas son muy afilados y cortantes (CIBIOGEM,2014). En la figura 7 se puede observar el cultivo del maíz con las características mencionadas.



**Figura 7. Cultivo de maíz.**  
Fuente: ON24 / SIN MORDAZA

### 2.3.2. COMPOSICIÓN QUÍMICA

Como se observa en la tabla 5, el componente más abundante del maíz son los carbohidratos, entre ellos el almidón. En la composición química del grano se distinguen los lípidos, fibra y proteínas siendo este último el segundo componente más abundante en las variedades de maíz blanco y azul (Asriazarán & Martínez, 1999).

El componente amiláceo que es el más abundante en el maíz, es el que hace que se forme una masa adecuada para la elaboración de tortillas y tostadas, el huauzontle al tener un alto contenido amiláceo podría sustituir una parte del maíz y formar una masa apta para la elaboración de tostadas, además que junto con él aumentará el valor nutricional en componentes como proteína y fibra, además de vitamina C y antioxidantes (Asriazarán & Martínez, 1999).





Tabla 5. Composición química del maíz blanco y azul.

Variedad	Blanco	Azul
Componente	Cantidad (%)	
Agua	12.5	8.5
Proteína	9.2	9.04
Lípidos	3.8	5
Minerales	1.3	1.6
Fibra cruda	2.2	3
Carbohidratos	71	73

Fuente: Asriazarán & Martínez (1999); Castañeda (2011).

### 2.3.3. VARIEDADES

El maíz es el cultivo más representativo de México por su importancia económica, social y cultural. En la tabla 6, se muestran las variedades de maíz más importantes en México, en donde la producción de maíz grano se divide principalmente en blanco y amarillo (SAGARPA, 2017). Sin embargo, entre estos no se han encontrado diferencias, desde el punto de vista biológico y genético, el maíz blanco es muy similar al amarillo, en cuanto a sus cualidades nutricionales, las semejanzas persisten. El maíz blanco tiene un poco más calorías que el amarillo, sin embargo, ambas variedades tienen una baja densidad energética (Inforural, 2017).





Tabla 6. Variedades de maíz más importantes en México.

Variedad	Importancia
<p data-bbox="310 296 496 323"><b>Maíz amarillo</b></p> 	<p data-bbox="727 359 1520 548">El maíz amarillo se destina a la industria o a la fabricación de alimentos balanceados para la producción pecuaria. Esa producción satisface solo 24% de los requerimientos nacionales, Estados Unidos es el principal proveedor. (SAGARPA, 2017).</p>
<p data-bbox="321 627 488 655"><b>Maíz blanco</b></p> 	<p data-bbox="727 627 1520 890">Con un consumo promedio per cápita al año de 196.4 kg de maíz blanco especialmente en tortillas, representa 20.9% del gasto total en Alimentos, Bebidas y Tabaco realizado por las familias mexicanas. Representa 86.94% de la producción y se destina principalmente al consumo humano. Esa producción satisface la totalidad del consumo nacional (SAGARPA, 2017).</p>
<p data-bbox="337 938 472 966"><b>Maíz azul</b></p> 	<p data-bbox="727 1001 1520 1346">Los compuestos que le confieren la coloración característica a este tipo de maíces son las antocianinas y diversos estudios presentan evidencia científica que los extractos ricos en antocianinas pueden mejorar la agudeza visual, mostrar actividad antioxidante, atrapar radicales y actuar como agentes quimioprotectores. Las antocianinas también juegan un papel en las propiedades antidiabéticas, como control de lípidos, secreción de insulina y efectos vasoprotectores (Aguilera <i>et al.</i>, 2011).</p>





#### 2.3.4. IMPORTANCIA ECONÓMICA

La Producción de maíz en 2017 fue de 27.8 millones de toneladas, mientras que la superficie Sembrada en el mismo año fue de 7.5 millones de hectáreas, gran parte del territorio nacional es propicio para la producción por lo que en los 32 Estados de la República Mexicana se produce Maíz Grano (ASERCA, 2018).

Los principales Estados productores son Sinaloa, Jalisco, México, Michoacán, Guanajuato, Guerrero, Veracruz, Chiapas, Chihuahua y Puebla cuya producción en porcentaje se muestra en la tabla 7 (ASERCA, 2018).

**Tabla 7. Producción de maíz en México.**

<b>Estado</b>	<b>Producción (%)</b>
<b>Sinaloa</b>	22
<b>Jalisco</b>	14
<b>México</b>	8
<b>Michoacán</b>	7
<b>Guanajuato</b>	6
<b>Guerrero</b>	5
<b>Veracruz</b>	5
<b>Chiapas</b>	5
<b>Chihuahua</b>	4
<b>Puebla</b>	4
<b>Otros</b>	20

**Fuente:** ASERCA (2018).





México ocupa el 8° lugar en producción mundial de maíz, en 2017 exportó a 17 países, en términos de valor principalmente a Venezuela (58%), Kenia (33%) y Estados Unidos (4%), entre otros (6%) (figura 8), lo que nos ubica como el 10° Exportador mundial de maíz grano (ASERCA, 2018).

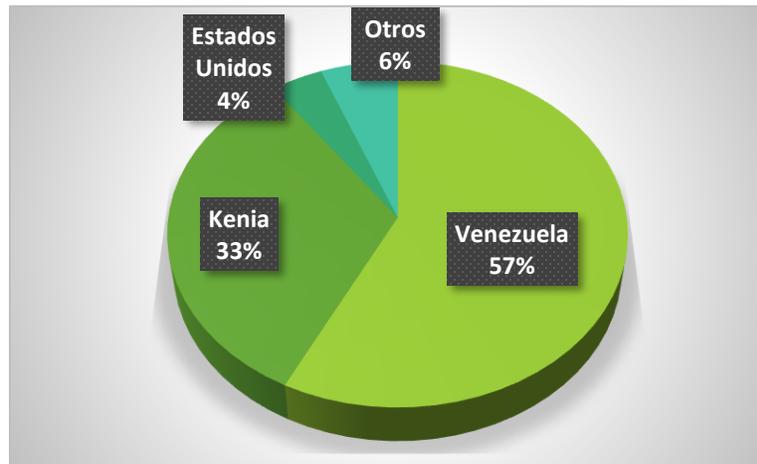


Figura 8. Exportaciones de maíz mexicano.

### 2.3.5. INDUSTRIALIZACIÓN

El maíz entero se consume en la mazorca, es nixtamalizado para la producción de tortilla y productos relacionados o procesado en harinas y grits utilizados en la industria de botanas, cereales para desayuno, además, de que es la base de muchos platillos mexicanos, como por ejemplo el maíz cacahuazintle que es el que se utiliza para la preparación de pozole (Anónimo,2013).



Figura 9. Productos derivados del maíz.

Fuente: Anónimo (2013).





Parte del maíz se consume indirectamente por medio del almidón procedente de la industria de molienda húmeda o de refinación; se emplea en un sin número de productos alimenticios (botanas, estabilizadores, enlatados, etc.) o bien transformado enzimáticamente en edulcorantes, jarabes glucosados y fructosados, con diferentes grados de dulzura que constituyen la materia prima básica para la creciente industria de bebidas refrescantes. Otro producto donde también es utilizado es para la elaboración de aceite comestible, en la figura 9 se pueden observar algunos de estos productos derivados del maíz (Anónimo, 2013).

---

#### **2.4. Métodos de cocción**

La función básica y principal de la cocción de los alimentos es hacerlos digeribles, eliminar posibles bacterias presentes cuando están crudos, conseguir que resulten apetitosos y proporcionarles la temperatura más adecuada en cada caso. Pero además de estos efectos más o menos visibles y evidentes, las técnicas de cocción empleadas producen en cada alimento una “revolución interior” que puede llegar a alterar su textura, su sabor, su aspecto y, sobre todo, su valor nutricional (Nieto, 2014).

Por lo general las tostadas de maíz se cuecen por el método de freído sin embargo existen otros métodos que se pueden utilizar para el mismo fin de manera que se ofrezca un producto más sano bajo en grasas y que pueda conservar en la mayor manera posible los nutrientes. En la tabla 8 se muestran algunos métodos de cocción y su repercusión en los nutrientes de los alimentos.





Tabla 8. Métodos de cocción y su afectación en los alimentos.

Método de cocción	Descripción	¿Cómo afecta a los alimentos?
<p style="text-align: center;"><b>Asado</b></p> 	<p>-Los alimentos se exponen a una fuente de calor con un mínimo de grasa.</p> <p>-La cocción se realiza a fuego lento o a baja temperatura, de forma que el calor se reparte gradualmente por todo el alimento, formándose una costra dorada en el exterior y manteniéndose el interior muy jugoso</p>	<p>-El asado provoca pérdidas nutritivas en vitaminas termolábiles, como la tiamina, y produce la desnaturalización de las proteínas, lo que aumenta la digestibilidad.</p> <p>-La acción del calor favorece la “caramelización” de los azúcares del ingrediente, lo que aumenta el “efecto costra”.</p>
<p style="text-align: center;"><b>Fritura</b></p> 	<p>-Se trata del proceso de cocción total de un alimento en un medio graso (aceite) a una temperatura elevada (160°C-200°C). Es una de las formas más rápidas de cocinar y, también, la más calórica, debido a la cantidad de aceite que necesita.</p> <p>-Siempre hay que introducir los alimentos en aceite bien caliente (sin que humee) para que así se forme una costra exterior e impedir que se impregne el interior del alimento.</p>	<p>-Durante la fritura se dan una serie de reacciones químicas que modifican las características organolépticas del alimento y da lugar a la pérdida de nutrientes, sobre todo las vitaminas, debido a las altas temperaturas a las que se somete a los alimentos.</p> <p>-Además, que el aceite se puede quemar y producir sustancias tóxicas para el organismo. Por otro lado, esta técnica aumenta notablemente la intensidad del sabor.</p>
<p style="text-align: center;"><b>Plancha</b></p> 	<p>-Los alimentos se colocan directamente sobre la plancha una vez que ésta esté ya muy caliente, y de esta forma se cocinan en muy poco tiempo.</p> <p>-Las planchas profesionales suelen incorporar un autorregulador de la temperatura, pero la pauta general es cocinar a temperaturas muy elevadas las piezas pequeñas y preparar las grandes con un calor más moderado. Los alimentos deben hacerse por ambos lados; para darles la vuelta.</p>	<p>-Las altas temperaturas hacen que las proteínas de los alimentos se coagulen, creándose una capa crujiente que permite que estos queden jugosos, pero también pueden provocar la pérdida de nutrientes, como las vitaminas y el agua.</p> <p>-Cuanto más caliente está la plancha antes de incorporar el alimento, menor es esta pérdida.</p>





Tabla 8. Métodos de cocción y su afectación en los alimentos (continuación).

<p><b>Horneado</b></p> 	<p>-El horneado se basa en la preparación del alimento dentro del horno y sometiéndolo al calor que se transmite por radiación y convección y a una temperatura elevada (200°C). Antes de introducir el alimento hay que precalentar el horno a 180-220° C.</p> <p>-El calor pasa al alimento por radiación desde las paredes del horno de forma que se transfiere a la superficie de este.</p>	<p>-Al igual que ocurre en el asado, la costra que se forma en la superficie de los alimentos horneados produce una pérdida de proteínas y de vitaminas, lo que hace más fácil la digestión de estos alimentos.</p>
<p><b>Microondas</b></p> 	<p>-La emisión de ondas electromagnéticas actúan sobre las moléculas de agua que contienen los alimentos, provocando vibraciones y generando calor mediante la fricción de éstas.</p> <p>-Una ventaja del microondas es que en él se pueden preparar prácticamente todos los alimentos de forma sana y ligera, ya que es un método que conserva las vitaminas de los alimentos y, además, requiere poco aceite.</p>	<p>-Tal y como explica el documento elaborado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) sobre el uso de los hornos microondas, los alimentos cocinados en ellos son tan seguros y tienen el mismo valor nutritivo que los que se elaboran en un horno convencional.</p> <p>-La principal diferencia entre estos dos métodos es que la energía del microondas penetra más profundamente dentro del alimento y reduce el tiempo necesario para que el calor sea conducido a todo el volumen de la pieza, de forma que se reduce el tiempo total de cocción.</p>

Fuente: Nieto (2014).





## 3. OBJETIVOS

---

### 3.1. Objetivo general

Desarrollar tostaditas de huauzontle con dos variedades de maíz (blanco y azul) y dos métodos de horneado (estufa y microondas) para obtener un alimento funcional e impulsar el consumo de este producto endémico de México.

---

### 3.2. Objetivos particulares

#### *Objetivo particular 1*

Caracterizar las harinas obtenidas del tallo y de las semillas de huauzontle evaluando sus propiedades funcionales (capacidad de hinchamiento, capacidad de absorción de agua) para elegir aquella que tenga propiedades similares a las de la harina de maíz seleccionando la formulación de masa más apta tecnológicamente para la elaboración de una tostada.

#### *Objetivo particular 2*

Caracterizar las masas elaboradas con harina de maíz y diferentes proporciones de las harinas de tallo-semillas (75-25%, 50-50%, 25-75%) de huauzontle; evaluando sus propiedades (texturales, capacidad de absorción de agua subjetiva, humedad) para seleccionar la mezcla que permita elaborar una tortilla apta para la elaboración de tostadas.

#### *Objetivo particular 3*

Comparar las tostaditas de huauzontle horneadas mediante dos métodos (estufa y microondas) evaluando sus propiedades sensoriales por medio de una prueba de preferencia y la composición química (vitamina C, capacidad antioxidante) para seleccionar el método que sea el preferido por el consumidor y que menos afecte la composición.



***Objetivo particular 4***

Elaborar tostaditas de huauzontle con diferentes proporciones de maíz blanco-huauzontle y maíz azul-huauzontle (85-15%, 80-20%, 75-25%); evaluando sus propiedades sensoriales (color, olor, sabor, textura, aceptabilidad) por medio de una prueba de aceptabilidad para elegir aquella que sea más aceptada por el consumidor.

***Objetivo particular 5***

Evaluar las propiedades químicas (contenido de fibra cruda, fibra dietética, proteína, capacidad antioxidante y vitamina C), las propiedades texturales (dureza, fracturabilidad) y las propiedades sensoriales (color, olor, sabor, textura, aceptabilidad) de las tostaditas de huauzontle con maíz blanco y azul, para elegir aquella que tenga valores altos en su composición química.

***Objetivo particular 6***

Diseñar la etiqueta de la tostadita de maíz con huauzontle de acuerdo con la NOM-051-SCFI/SSA1-2010; así como estimar la vida de anaquel en empaque de celofán mediante pruebas aceleradas a tres temperaturas (25, 35 y 45°C), evaluando la carga microbiológica (coliformes totales, mesófilos aerobios, hongos y levaduras), dureza, humedad, análisis sensorial de aceptabilidad, cantidad de C y capacidad antioxidante como indicadores de la pérdida de calidad para determinar el tiempo de consumo óptimo del producto.



**Objetivo general:** Desarrollar tostaditas de huauzontle con dos variedades de maíz (blanco y azul) y dos métodos de horneado (estufa y microondas) para obtener un alimento funcional e impulsar el consumo de este producto endémico de México.

**Actividades preliminares:**  
 1. Lavado  
 2. Desgranado  
 3. Escaldado  
 4. Secado  
 5. Molienda

**Objetivo particular 1.**  
 Caracterizar las harinas obtenidas del tallo y de las semillas de huauzontle evaluando sus propiedades funcionales (capacidad de hinchamiento, capacidad de absorción de agua) para elegir aquella que tenga propiedades similares a las de la harina de maíz seleccionando la formulación de masa más apta tecnológicamente para la elaboración de una tostada.

**Actividad 1.1**  
 -Determinación de capacidad de hinchamiento (Robertson, 2000; Aguilera, 2009).  
 -Capacidad de absorción en agua. (Valencia, 2006).

**Objetivo particular 2.**  
 Caracterizar las masas elaboradas con harina de maíz y diferentes proporciones de las harinas de tallo-semillas (75-25%, 50-50%, 25-75%) de huauzontle; evaluando sus propiedades (texturales, capacidad de absorción de agua subjetiva, humedad) para seleccionar la mezcla que permita elaborar una tortilla apta para la elaboración de tostadas.

**Actividad 2.1** Mezclar las diferentes concentraciones de partículas granuladas de huauzontle y harina de maíz.  
**Actividad 2.2**  
 -Determinación de capacidad absorción de agua subjetiva (Flores, 2002).  
 -Humedad Estufa. (Rojas, 2002).  
 -Textura. (dureza, adhesividad, elasticidad, cohesividad). (Molina, 2016; López, 2014).

**Objetivo particular 3.**  
 Comparar las tostaditas de huauzontle horneadas mediante dos métodos (estufa y microondas) evaluando sus propiedades sensoriales por medio de una prueba de preferencia y la composición química (vitamina C, capacidad antioxidante) para seleccionar el método que sea el preferido por el consumidor y que menos afecte la composición.

**Actividad 3.1** Moldeado de la masa y precocción  
**Actividad 3.2** Horneado por microondas y estufa.  
**Actividad 3.3** Prueba de preferencia. (Ramírez, 2012).  
**Actividad 3.4** Evaluación del valor nutricional  
 -Vitamina C Método volumétrico (AOAC, 1975)  
 -Capacidad antioxidante (ABTS) (Re *et al.*, 1999).

**Objetivo particular 4.**  
 Elaborar tostaditas de huauzontle con diferentes proporciones de maíz blanco-huauzontle y maíz azul-huauzontle (85-15%, 80-20%, 75-25%); evaluando sus propiedades sensoriales (color, olor, sabor, textura, aceptabilidad) por medio de una prueba de aceptabilidad para elegir aquella que sea más aceptada por el consumidor.

**Actividad 4.1** Elaboración de las tostaditas con diferentes concentraciones de maíz y el método de cocción elegido.  
**Actividad 4.2** Evaluación de propiedades sensoriales  
 -Color, olor, sabor, textura, aceptabilidad

**Objetivo particular 5.**  
 Evaluar las propiedades químicas (contenido de fibra cruda, fibra dietética, proteína, capacidad antioxidante y vitamina C), las propiedades texturales (dureza, fracturabilidad) y las propiedades sensoriales (color, olor, sabor, textura, aceptabilidad) de las tostaditas de huauzontle con maíz blanco y azul, para elegir aquella que tenga valores altos en su composición química.

**Actividad 5.1.** Elaboración de tostaditas con dos tipos de maíz con la concentración elegida.  
**Actividad 5.2** Evaluación de propiedades sensoriales (Ramírez, 2012).  
 -Color, olor, sabor, textura, aceptabilidad  
**Actividad 5.3.** Evaluación de propiedades químicas  
 -Vitamina C Método volumétrico (AOAC, 1975)  
 -Proteína (MicroKjeldhal) (AOAC, 1995)  
 -Fibra dietética (AOAC, 1990).  
 -Fibra cruda (Kennedy-Wendee)  
 -Capacidad antioxidante (ABTS) (Re *et al.*, 1999).  
**Actividad 5.4.** Propiedades texturales (Dureza, Fracturabilidad) (Molina, 2016; López, 2014)

**Objetivo particular 6.**  
 Diseñar la etiqueta de la tostadita de maíz con huauzontle de acuerdo con la NOM-051-SCFI/SSA1-2010; así como estimar la vida de anaquel en empaque de celofán mediante pruebas aceleradas a tres temperaturas (25, 35 y 45°C), evaluando la carga microbiológica (coliformes totales, mesófilos aerobios, hongos y levaduras), dureza, humedad, análisis sensorial de aceptabilidad, cantidad de vitamina C y capacidad antioxidante como indicadores de la pérdida de calidad para determinar el tiempo de consumo óptimo del producto.

**Actividad 6.1.** Diseño de etiqueta  
**Actividad 6.2.** Evaluación de la vida de anaquel a 25, 35 y 45 °C, durante 35 días.  
**Actividad 6.3.**  
 -Análisis carga microbiológica Coliformes (NOM-113-SSA1-1994). Mesófilos (NOM-092-SSA1-1994). Hongos y levaduras. (NOM-111-SSA1-1994).  
 -Dureza (López, 2014).  
 -Humedad (Termobalanza).  
 -Evaluación de propiedades sensoriales -Color, olor, sabor, textura, aceptabilidad.  
 -Vitamina C Método volumétrico (AOAC, 1975).  
 -Capacidad antioxidante (ABTS) (Re *et al.*, 1999).

Resultados

Análisis y discusión

Conclusión





## 5.METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

### 5.1. Obtención de las harinas de huauzontle

El huauzontle obtenido de la Central de Abastos de la Ciudad de México se desgranó, retirando las hojas, separando tallo y semillas. Posteriormente se lavaron las semillas y los tallos del huauzontle con agua potable, se escaldaron las semillas en 1 L de agua por cada 500 g de semilla a 90°C y se agregó 1 g de bicarbonato de sodio para mantener el color. Después se sometieron a secado a 50°C durante 24 horas, para finalmente someterlas a una molienda y así obtener las harinas de huauzontle.

### 5.2. Propiedades funcionales de las harinas de maíz y de huauzontle

#### 5.2.1. CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE AGUA

La capacidad de absorción de agua se fundamenta en la cantidad de agua que permanece unida a la muestra hidratada luego de aplicar una fuerza externa centrifugando a 3000 rpm durante 10 min (Valencia & Román, 2006).

#### 5.2.2. CAPACIDAD DE HINCHAMIENTO

La capacidad de hinchamiento (C.H.) se fundamenta en la propiedad que tiene la muestra para aumentar su volumen al hidratarse durante un tiempo determinado (Robertson *et al.*, 2000; Aguilera, 2009). Para la capacidad de hinchamiento la muestra de harina (2.5 g) se pesó y se agregaron 30 mL de agua, se dejó reposar durante 16 horas y se observó si hubo un cambio en el volumen del agua. Los resultados se expresan como mL de agua absorbida / g de muestra.





### 5.3. Propiedades funcionales de la masa

Las masas se elaboraron con las proporciones de las harinas de maíz blanco y de maíz azul, y las harinas de huauzontle del tallo y las semillas mostradas en la tabla 9. Estas masas fueron utilizadas para evaluar las propiedades funcionales.

Tabla 9. Formulaciones de harinas utilizadas para la elaboración de masas para tostaditas de huauzontle.

Harina	Parte del huauzontle	Cantidad (%)					
Maíz	-	80	80	80	85	85	85
Huauzontle	Semilla	15	10	5	15	10	5
	Tallo	5	10	15	5	10	15

#### 5.3.1. CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE AGUA SUBJETIVA

La capacidad de absorción de agua subjetiva (C.A.A.S) se fundamenta en la cantidad máxima de agua que un gramo de aislado es capaz de absorber espontáneamente, a una temperatura de 30°C hasta lograr la completa incorporación del agua y se forma una pasta o masa homogénea que se define tomando una porción de la masa oprimiéndola con las palmas de las manos y observando si se presentan aberturas. Los resultados se reportan como L de agua por kg de harina (Flores *et al.*, 2002).

#### 5.3.2. HUMEDAD

La determinación de secado en estufa se basa en la pérdida de peso de la muestra por evaporación del agua. Para esto se requiere que la muestra sea térmicamente estable y que no contenga una cantidad significativa de compuestos volátiles (Faculta de Química UNAM, 2007).

Para determinar la humedad, la muestra se pesó y se colocó en una charola de aluminio a peso constante, luego se colocó en una estufa con corriente de aire caliente a 130°C durante 1 hora. El contenido de humedad en la muestra se determina por diferencia de peso y se informa el porcentaje (Rojas, 2002).





### 5.3.3. TEXTURA DE LAS MASAS

Un análisis de perfil de textura (TPA) se realizó con un texturómetro Brookfield CT-3 utilizando como dispositivo un cilindro con una longitud y altura de 200 mm y una anchura de 2 mm, a una velocidad de compresión de 1.66 mm/s y un tiempo de espera entre el primer y segundo ciclo de compresión de 5 s. Midiendo la dureza, cohesividad, adhesividad y elasticidad a las masas con los porcentajes de huauzontle de 75% tallo-25% semilla, 50% tallo-50% semilla y 25% tallo-75% semilla, con las formulaciones de 80% maíz-20% huauzontle y 85% maíz-15% huauzontle que fueron las que mostraron un mejor aspecto y se mejor se manejaron. Los resultados se expresaron en g.

## 5.4. MÉTODOS DE COCCIÓN

Las tostaditas con los ingredientes se elaboraron de acuerdo con las proporciones mostradas en la tabla 10 y con las proporciones de maíz huauzontle que se muestran en la tabla 11. Las tortillas de huauzontle se sometieron a dos métodos de cocción para obtener las tostaditas, secado por estufa a 150°C por 10 minutos y microondas durante 2 minutos a una potencia de 1400 W.

Tabla 10. Formulaciones utilizadas para la elaboración de tostaditas de huauzontle.

Ingredientes	Cantidad (%)
Mezcla de harina maíz-huauzontle	35.5
Agua	64.05
Sal	0.35

Tabla 11. Formulaciones de las harinas de maíz y de huauzontle para la elaboración de tostaditas de huauzontle.

Harina		Cantidad (%)		
Maíz	-	85	80	75
Huauzontle	Semilla	11.25	15	18.75
	Tallo	3.75	5	6.25





En la figura 10 se observa el proceso que se siguió para la elaboración de las tostaditas de huauzontle con las diferentes formulaciones ya mostradas.

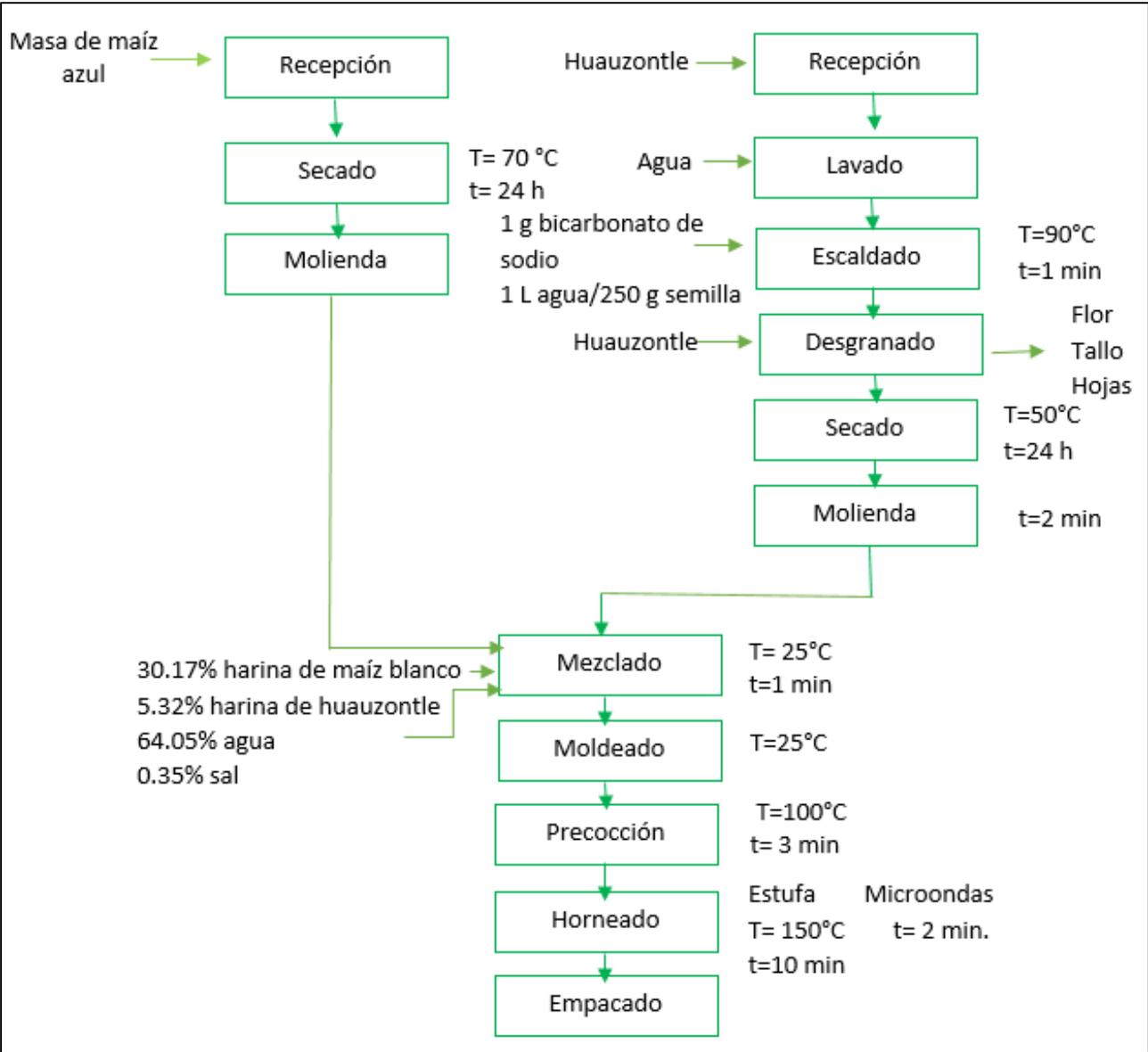


Figura 10. Diagrama del proceso de elaboración de tostaditas de huauzontle.





### 5.4.1. PRUEBA SENSORIAL DE PREFERENCIA

En esta prueba los panelistas responden a la pregunta ¿cuál de las dos muestras codificadas prefieren?, ellos deben seleccionar una, incluso si ambas muestras les parecen idénticas (Ramírez, 2012).

Las dos muestras (A y B) se presentaron en recipientes idénticos. Una prueba sensorial de preferencia se realizó a 44 personas para determinar si había preferencia hacia alguno de los métodos de cocción aplicado principalmente en cuanto a la textura y sabor, ya que en la cocción estos son los parámetros que más se ven afectados; a si mismo se incluyó una sección de comentarios o sugerencias para que los panelistas pudieran describir el aspecto u olor, o lo que no les agradaba del producto, el formato que se observa en la figura 11 donde A era el método de cocción por estufa y B el método de cocción por microondas.

Edad: _____ Género: _____	
Fecha: _____	
Pruebe por favor las siguientes muestras que se encuentran frente a usted y marque la casilla de la muestra que sea de su agrado.	
A	B
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Comentarios o sugerencias: _____	
_____	

Figura 11. Formato de la prueba de preferencia para el método de cocción.

### 5.4.2. VITAMINA C

La vitamina C se determinó por método volumétrico, que se fundamenta en que la vitamina C tiene la propiedad de decolorar el indofenol (2,6-diclorofenolindofenol) colorante azul y la cantidad decolorada es proporcional a la cantidad de vitamina C presente en el alimento. La muestra se homogenizó con 25 mL de ácido acético al 5%, y se filtró. El filtrado de afora con agua destilada a 25 mL y se titula con la solución estándar de indofenol (AOAC,1975).





#### 5.4.3. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

La capacidad antioxidante se fundamenta en la cuantificación de la decoloración del radical ABTS, debido a la interacción con especies donantes de hidrógeno o de electrones. El radical catiónico ABTS es un cromóforo que absorbe a una longitud de onda de 734 nm y se genera por una reacción de oxidación del ABTS (2,2'-azino-bis-(3-etil benzotiazolin-6-sulfonato de amonio) con persulfato de potasio. Las mediciones se realizaron a una longitud de onda de 734 nm (Mesa, 2009).

Los extractos con metanol concentrado y al 80% se realizaron, y se prepararon soluciones del antioxidante Trolox a distintas concentraciones a partir de la solución madre de Trolox 4mM (1 mg/mL), posteriormente se diluyó el radical ABTS en buffer PBS, se agregaron 2 mL de ABTS concentrado a 200 mL de buffer PBS, y se midió la absorbancia a 734 nm. Esta debe ser de 0.7000 +/- 0.02. Las lecturas de cada punto de la curva se realizaron por triplicado y por cada uno se realizó un blanco, el cual solo se le agregó metanol al 80%. Las muestras se sometieron al mismo proceso que la curva, esto a partir de los extractos obtenidos (Re *et al.*, 1999). Para la determinación se utilizó una curva patrón de ABTS. Los resultados se expresaron en  $\mu\text{mol}$  equivalentes a Trolox/ gramo de muestra.

---

#### 5.5. ANÁLISIS SENSORIAL DE LAS TOSTADITAS PARA LA SELECCIÓN DEL PORCENTAJE DE HUAUZONTLE

Una prueba hedónica de 7 puntos se realizó a 50 personas para evaluar atributos de color, olor, sabor, textura y la aceptabilidad de las tostaditas, que se elaboraron utilizando diferentes porcentajes de maíz- huauzontle; los cuales fueron 85% maíz-15% huauzontle, 80% maíz-20% huauzontle y 75% maíz-25% huauzontle. El formato mostrado en la figura 12 se utilizó para la evaluación sensorial. A los panelistas se les pidió evaluar las tres muestras codificadas de las tostaditas con las 3 diferentes formulaciones, indicando cuanto les agrada cada muestra, marcando una de las categorías en la escala, que va desde "me gusta mucho" hasta "me disgusta mucho" (Ramírez, 2012).





Género: \_\_\_\_\_ Edad \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

Pruebe por favor las siguientes muestras que se encuentran frente a usted, e indique su nivel de agrado de acuerdo a la siguiente escala

1=me disgusta mucho	2= me disgusta	3= me disgusta ligeramente	4= indiferente	5= me gusta ligeramente	6= me gusta	7= me gusta mucho
---------------------	----------------	----------------------------	----------------	-------------------------	-------------	-------------------

Muestra	Color	olor	sabor	textura	aceptabilidad
8515					
8020					
7525					

Comentarios o sugerencias \_\_\_\_\_

**Figura 12. Formato de la prueba de aceptación de 7 puntos para evaluar atributos sensoriales de tostaditas de huauzontle con diferentes formulaciones.**

## 5.6. ANÁLISIS SENSORIAL Y PROPIEDADES QUÍMICAS DE LAS TOSTADITAS DE HUAUZONTLE PARA LA SELECCIÓN DE VARIEDAD DE MAÍZ

### 5.6.1. ANÁLISIS SENSORIAL

Un análisis sensorial se realizó a 50 personas para evaluar los atributos sensoriales de las tostaditas de huauzontle elaboradas con dos variedades de maíz (blanco y azul). En la tabla 12 se muestran las formulaciones de las harinas utilizadas y en la figura 13 las tostaditas terminadas para su análisis.

**Tabla 12. Formulación de las harinas de maíz y de huauzontle para la elaboración de tostaditas de huauzontle con dos variedades de maíz.**

Harina	Parte de huauzontle	Cantidad (%)
Maíz blanco/azul	-	85
Huauzontle	Semilla	11.25
	Tallo	3.75



**Figura 13. Tostaditas de huauzontle con maíz azul (A) y maíz blanco (B).**





En la figura 14 se muestra el formato utilizado para la prueba sensorial en donde a los panelistas se les pidió evaluar las tres muestras codificadas de las tostaditas con los dos tipos de maíz, indicando cuanto les agrada cada muestra, marcando una de las categorías en la escala, que va desde "me gusta mucho" hasta "me disgusta mucho" (Ramírez, 2012).

Género: \_\_\_\_\_ Edad \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

Pruebe por favor las siguientes muestras que se encuentran frente a usted, e indique su nivel de agrado de acuerdo a la siguiente escala

1= me disgusta mucho	2= me disgusta	3= me disgusta ligeramente	4= indiferente	5= me gusta ligeramente	6= me gusta	7= me gusta mucho
----------------------	----------------	----------------------------	----------------	-------------------------	-------------	-------------------

Muestra	Color	olor	sabor	textura	aceptabilidad
1108					
2307					

Comentarios o sugerencias \_\_\_\_\_

**Figura 14. Formato de la prueba de aceptación de 7 puntos para evaluar atributos sensoriales de tostaditas de huauzontle con dos variedades de maíz (blanco y azul).**

Las propiedades químicas evaluadas fueron vitamina C y capacidad antioxidante explicadas en el apartado 5.4.2. y 5.4.3. respectivamente.

### 5.6.2. FIBRA CRUDA

La determinación de fibra cruda se fundamenta en la obtención de un residuo después de la hidrólisis en medio ácido y en medio alcalino menos el contenido de cenizas presentes en la muestra. La fibra cruda o bruta es el residuo orgánico lavado y seco que queda después de hervir excesivamente el material desengrasado con ácido sulfúrico e hidróxido sódico diluidos (Pearson, 1993).

### 5.6.3. FIBRA DIETÉTICA

Muestras en duplicado de alimentos secos y desgrasados son gelatinizados con  $\alpha$ -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 la adición de etanol, el residuo total se filtra, se lava, se seca, y





se pesa. En el residuo en duplicado se determina proteína y en el otro cenizas (AOAC, 1990). Los resultados se expresaron en porcentaje.

#### 5.6.4. PROTEÍNA (NITRÓGENO TOTAL)

La sustancia por investigar se somete a un tratamiento oxidativo con ácido sulfúrico concentrado en presencia de una mezcla catalizadora. Del sulfato amónico formado se libera el amoniaco por tratamiento alcalino y este se transporta con ayuda de una destilación en corriente de vapor a un recipiente con ácido bórico y se realiza su titulación con una disolución valorada de ácido clorhídrico (AOAC,1995). Los resultados se presentaron en % multiplicando el factor correspondiente (6.25).

#### 5.6.5. DUREZA Y FRACTURABILIDAD

Las pruebas de textura se realizaron en un texturómetro Brookfield CT-3 utilizando un dispositivo tipo aguja, realizando una prueba de compresión a una longitud del objetivo a 5 mm y una velocidad de 1.7 mm/s, midiendo la dureza y fracturabilidad de las tostaditas de huauzontle. Los resultados se expresaron en g.

---

### **5.7. VIDA DE ANAQUEL**

El estudio de vida de anaquel se realizó mediante pruebas aceleradas empleando la carga microbiológica (coliformes, mesófilos, hongos y levaduras), dureza, humedad, análisis sensorial (color, olor, textura, sabor, aceptabilidad) y disminución de la composición química (vitamina C y capacidad antioxidante) como indicadores de deterioro. El producto se almacenó a 25, 35 y 45°C, en bolsas de celofán realizándose las pruebas cada 7 días.

#### 5.7.1 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

El análisis microbiológico se realizó de acuerdo con la NOM-110-SSA1-1994. Se analizó la cantidad de coliformes totales, mesófilos aerobios y hongos y levaduras. Se realizaron diluciones, homogenizando 10 g de muestra y 90 mL de agua, se tomó 1 mL de la disolución primaria y se agregó a 1 tubo con 9 mL de agua, de la





cual se tomó 1 mL y se agregó a otro tubo para la siguiente dilución, este procedimiento se realizó para obtener las diluciones  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$  y  $10^{-4}$ , este procedimiento se ilustra en la figura 15.

Los agares y condiciones que se utilizaron fueron Agar Bilis Rojo Violeta para coliformes totales y se incubaron a  $35\pm 2$  °C; en aproximadamente 24 horas (NOM-113-SSA1-1994), Agar nutritivo para mesófilos incubándose a  $35\pm 2$  °C durante  $48\pm 2$  horas (NOM-092-SSA1-1994) y papa dextrosa agar para hongos y levaduras incubándose a una temperatura de  $25\pm 1$  °C por un tiempo de 3 a 5 días (NOM-111-SSA1-1994).

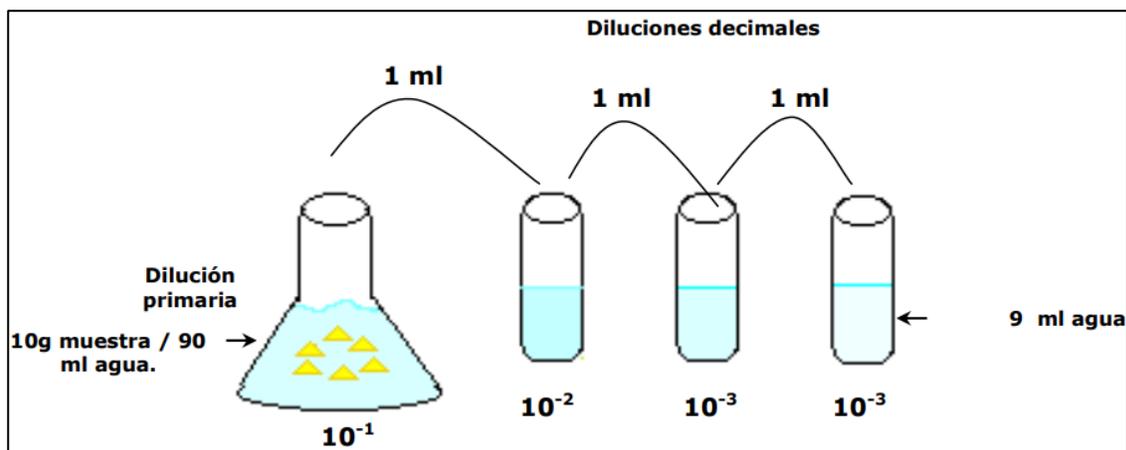


Figura 15. Preparación de diluciones para análisis microbiológico.

### 5.7.2. DUREZA

Este método se basa en la medición del esfuerzo necesario para vencer la resistencia que presenta el producto a la introducción de un émbolo de metal (NMX-FF-014-1982). La dureza de las tostaditas se midió con la ayuda de un penetrómetro digital modelo PCE-FM200, la dureza se registró en gramos.

### 5.7.3. HUMEDAD

Este método se basa en evaporar de manera continua la humedad de la muestra y el registro continuo de la pérdida de peso, hasta que la muestra se sitúe a peso





constante. El error de pesada en este método se minimiza cuando la muestra no se expone constantemente al ambiente (Nollet, 1996).

La humedad se determinó en una termobalanza marca OHAUS, se colocó 1.1 g de muestra a una temperatura de 100°C, el resultado se reportó en porcentaje.

#### 5.7.4. ANÁLISIS SENSORIAL

Un análisis sensorial se realizó para de las tostaditas de huauzontle para evaluar si los panelistas encontraban cambios en los atributos sensoriales de las mismas durante las 5 semanas en que se realizó el estudio de vida de anaquel, y verificar si el producto era agradable al consumidor durante este tiempo. Cada semana a los panelistas se les pidió evaluar las tres muestras codificadas de las tostaditas sometidas a tres temperaturas diferentes, indicando en un formato como el de la figura 16 cuanto les agrada cada muestra, marcando una de las categorías en la escala, que va desde "me gusta mucho" hasta "me disgusta mucho" (Ramírez, 2012). Se tomo como referencia (día 0) a los panelistas de la prueba sensorial del apartado 5.6.1., así como los resultados que se obtuvieron en esa misma prueba para las tostaditas de huauzontle y maíz azul (Figura 16).

Género _____ Edad _____ Fecha _____						
Pruebe por favor las siguientes muestras que se encuentran frente a usted, e indique su nivel de agrado de acuerdo a la siguiente escala						
1=me disgusta mucho	2= me disgusta	3= me disgusta ligeramente	4= indiferente	5= me gusta ligeramente	6= me gusta	7= me gusta mucho
Muestra	Color	olor	sabor	textura	aceptabilidad	
1125						
1135						
1145						

**Figura 16. Formato de la prueba de aceptación de 7 puntos para evaluar atributos sensoriales durante el estudio de vida de anaquel.**

Las propiedades químicas evaluadas fueron vitamina C y capacidad antioxidante explicadas en el apartado 5.4.2. y 5.4.3. respectivamente.





### 5.7.5. MODELO DE LA DEGRADACIÓN CINÉTICA

La cinética de degradación en función del tiempo se realizó mediante una gráfica (parámetro evaluado-tiempo), las cuales se realizaron para cada parámetro estudiado a las diferentes temperaturas establecidas. Una de las particularidades de los cambios en los atributos de los alimentos, como el color, textura, sabor, es que estos responden a modelos cinéticos de orden cero o de primer orden (García et al., 2011).

En la ecuación 1 se muestra el modelo para la reacción de orden cero (velocidad de reacción constante) (García & Molina, 2008) y en la ecuación 2 se muestra el modelo para reacciones de primer orden (velocidad de reacción dependiente de la concentración) (Giraldo, 1999).

$$-\frac{dA}{dT} = k \quad \dots (1) \qquad -\frac{dA}{dT} = -k A \quad \dots (2)$$

Integrando las ecuaciones (1 y 2) y reacomodando, se tiene la ecuación de una línea recta con pendiente k; siendo k la constante específica de reacción y cuyo valor depende de la temperatura con  $A_0$  como la intersección con el eje Y (García & Molina, 2008).

$$A_f = A_0 - kt \quad \dots (1') \qquad A_e = \ln A_0 - kt \quad \dots (2')$$

Una vez obtenidas las gráficas se evaluaron los coeficientes de correlación ( $R^2$ ) para cada parámetro que fueran más cercanos a 1, siendo la pendiente la velocidad de reacción (K) del atributo para cada temperatura como se observa en la ecuación 3.

$$Vector = b - m * t \quad \dots (3)$$

Donde:

Vector= Datos crudos o [A].

b= Ordenada al origen.

m=k o [Ea/R]

t= tiempo de vida útil [1/T]





Puesto que la constante de velocidad de reacción es función de la temperatura, esta dependencia es descrita por la ecuación de Arrhenius. El modelo de Arrhenius describe la relación de la constante de velocidad de reacción con la temperatura según la ecuación 4 (García & Molina, 2008).

$$k = Ae^{(Ea/RT)} \quad \dots (4)$$

Al aplicar logaritmos a ambos lados de la ecuación 4 se obtiene la ecuación de una línea recta con pendiente  $m$  ( $Ea/R$ ),  $x$  ( $1/T$ ) y  $b$  ( $\ln A$ ), tal como se expresa en la ecuación 5; el término  $Ea$  puede evaluarse para conocer el valor de la energía de activación (García & Molina, 2008).

$$\ln k = \ln A - \frac{Ea}{R} * \frac{1}{T} \quad \dots (5)$$

Donde:

$k$ = constante de velocidad de reacción.

$A$ =factor de frecuencia.

$Ea$ =energía de activación.

$R$ =constante de los gases ideales.

$T$ =temperatura absoluta (K).

El término de la ecuación de la pendiente se despejó para obtener el valor de la energía de activación  $Ea$  (J/mol) como se muestra en la ecuación 6 donde  $R$  es la constante de los gases ideales (8.314 J/mol K).

$$Ea = m * R \quad \dots (6)$$

Para obtener la vida útil se despeja  $t$  de la ecuación 3 obteniendo la ecuación 7 donde  $[A]$  es el vector, un valor de referencia (límite máximo) del parámetro evaluado o el valor del dato crudo obtenido en el día máximo de la vida acelerada.

$$t_{vida} = \frac{[A] - b}{-m} \quad \dots (7)$$





Posteriormente se graficó el logaritmo de la vida útil y las temperaturas a las que se sometió el producto en grados centígrados, con la ecuación de la recta obtenida del gráfico se puede estimar la vida útil del producto para diferentes temperaturas de almacenamiento.

$$\log \text{vida útil} = b - m * T \quad \dots (8)$$

Despejando 8 se obtiene la ecuación 9 donde T=°C

$$\text{vida útil} = 10^{(b-m*T)} \quad \dots (9)$$

Posteriormente se realizó el cálculo del factor de aceleración  $Q_{10}$  utilizando la ecuación 10 (Rondón et al.,2004).

$$Q_{10} = \frac{\phi S(T)}{(\phi)(T \pm 10)} \quad \dots (10)$$

Donde:

$Q_{10}$ =factor de aceleración.  
 $\phi S$ = tiempo de vida útil a una temperatura determinada.

## 5.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis estadístico de resultados se realizó un análisis de varianza (ANOVA), utilizando el paquete estadístico SPSS, con un nivel de significancia de 0.05. Para el análisis de los datos de las pruebas sensoriales se utilizaron escalas numéricas del 1 (me disgusta mucho) al 7 (me gusta mucho), los resultados se analizaron con análisis de varianza (ANOVA).





## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1. PROPIEDADES FUNCIONALES DE LAS HARINAS DE MAÍZ Y DE HUAUZONTLE.

#### 6.1.1 CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE AGUA

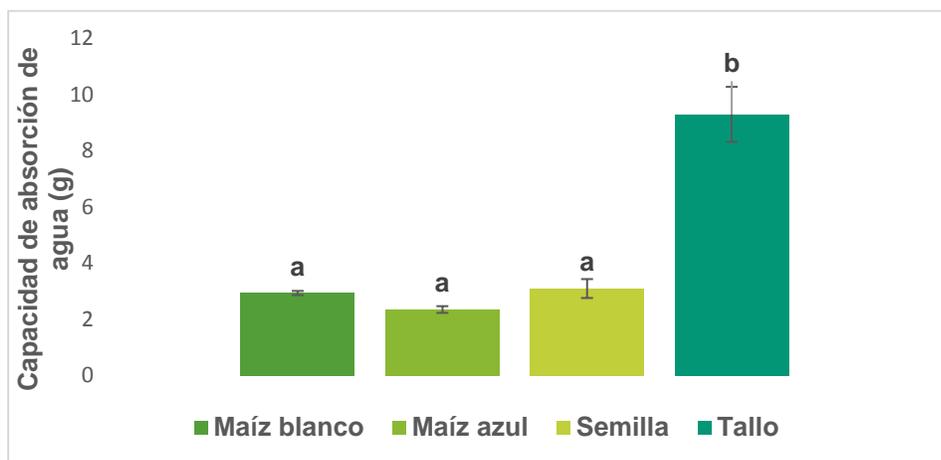
La capacidad de absorción de agua es la cantidad de agua que permanece unida a la muestra hidratada luego de aplicar una fuerza externa (Valencia, 2006). La C.A.A. es considerada una propiedad funcional atribuida a las proteínas, fundamental en alimentos viscosos tales como sopas, salsas, masas y alimentos horneados, productos donde se requiere una buena interacción proteína-agua. Esta propiedad sirve para determinar si la harina es apta para la elaboración del producto en este caso la masa y su afectación a la calidad final de los productos (Rivera, 2006).

En la figura 17 se observa que, en la capacidad de absorción de agua de la harina de maíz blanco, maíz azul y de la harina obtenida de las semillas de huauzontle, no hubo diferencia significativa ( $p \geq 0.05$ ); sin embargo, en la harina obtenida del tallo si hubo diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) ya que ésta tuvo una capacidad de absorción de agua 68.47% mayor que la harina de maíz blanco, 74.82% mayor que la harina de maíz azul y 66.73% que la harina obtenida de las semillas. La harina que obtuvo valores de capacidad de absorción de agua similares a los del maíz blanco (2.93) y maíz azul (2.34) fue la que se obtuvo de la semilla del huauzontle (3.09); por lo cual se decidió utilizar la formulación que tuviera una mayor concentración de semilla. Esto se debe a que como reportaron Assad *et al.* (2014) el rendimiento de almidón de semillas de huauzontle ( $50 \pm 1.4\%$ ) estuvo cerca del de maíz (*Zea mays*), y los gránulos de almidón parcialmente gelatinizados, junto con otros componentes presentes en el maíz forman una malla compleja heterogénea dentro de una fase acuosa continua que es la masa (López, 2013), por lo cual al presentar una cantidad de almidón similar al maíz y por lo tanto propiedades similares a la harina de maíz, la harina obtenida de las semillas





de huauzontle permitieron sustituirla y la formación de una masa con la cual se pudo obtener una tortilla similar a la elaborada solo con maíz.



\*Las barras con diferente letra muestran diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ).

**Figura 17. Capacidad de absorción de agua de las harinas de maíz blanco, azul y de huauzontle del tallo y semilla.**

### 6.1.2. CAPACIDAD DE HINCHAMIENTO

Es la capacidad que tiene la muestra para aumentar su volumen al hidratarse durante un tiempo determinado (Robertson & Aguilera, 2009).

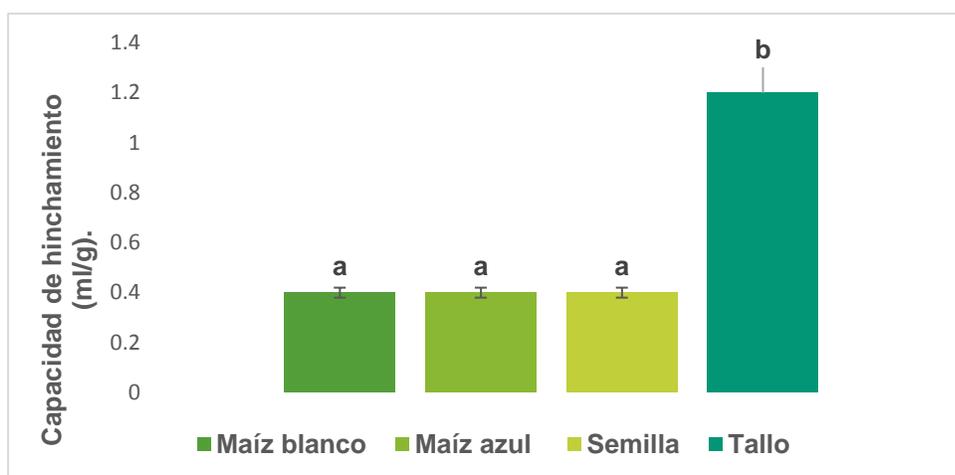
Al igual que la capacidad de absorción de agua es una propiedad funcional capaz de impartir una característica tecnológica específica deseable a un producto dado en este caso sería la formación de una masa con características adecuadas para la elaboración de una tostada. Lo que sirve para determinar si la harina es apta para la elaboración del producto en este caso la masa y su afectación a la calidad final de los productos (Rivera, 2006).

En la figura 18 se observa que entre la capacidad de hinchamiento de la harina de huauzontle obtenida de las semillas y las harinas de maíz no hubo diferencia significativa ( $p \geq 0.05$ ). Resultados similares se reportaron por Assad *et al.*, (2014) donde el hinchamiento y solubilidad fueron similares a los valores reportados para el maíz. La capacidad de hinchamiento de la harina obtenida del tallo fue 66.7% mayor que las obtenidas de la semilla y la harina de maíz. La capacidad baja de





hinchamiento de los almidones como en el almidón de semilla de huauzontle puede atribuirse a la presencia de un gran número de regiones cristalinas formadas a través de la asociación entre las cadenas largas de amilopectina (Jiang *et al.*, 2012). Los almidones que presentan un comportamiento restringido de hinchamiento son relativamente estables frente a la acción de cizallamiento (Gálvez & Resurrección, 1992), por lo que se obtiene una masa mejor formada y más resistente.



\*Las barras con diferente letra muestran diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ).

Figura 18. Capacidad de hinchamiento de agua de las harinas de maíz blanco, azul y de huauzontle del tallo y semilla.

## 6.2. Propiedades funcionales de las masas

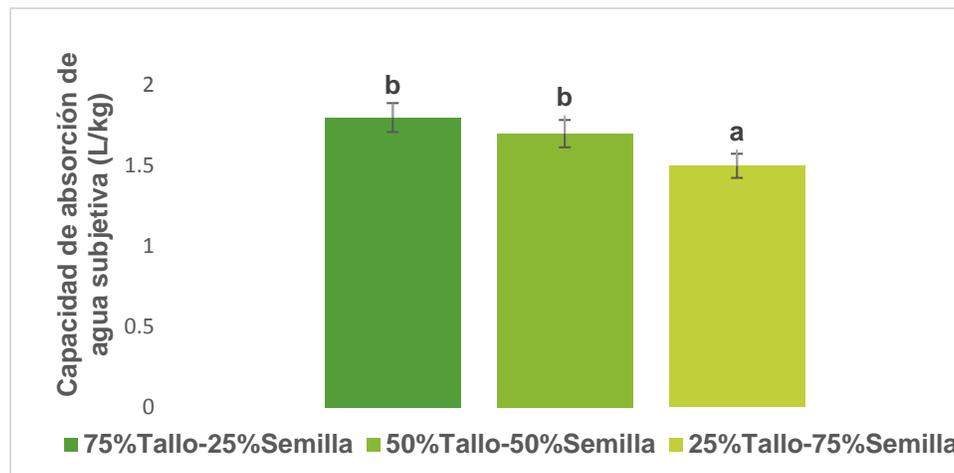
### 6.2.1. CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE AGUA SUBJETIVA

La capacidad de absorción de agua subjetiva (CAAS) es la cantidad de agua que absorbe la harina para obtener una masa de consistencia apropiada para la preparación de las tortillas y es una prueba subjetiva (Flores, 2002). Como se puede observar en la figura 19 la masa con 75% tallo-25% semilla solo fue 5.56% mayor que la de 50% tallo-50% semilla; por lo que no encontró diferencia significativa ( $p \geq 0.05$ ) en la capacidad de absorción de agua subjetiva entre estas dos masas y 16.67% mayor que la de 25% tallo-75% semilla con la cual si hubo diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) debido a que ésta absorbió un mayor contenido





de agua, este comportamiento se puede deber a que el tallo de las plantas suele tener un mayor contenido de fibra que las hojas, y la fibra tiene gran capacidad de absorción y retención de agua, al ser una sustancia osmóticamente activa. Todas las fibras lo hacen en mayor o menor medida. Influyen muchas variables como el tamaño de las partículas, pH, electrolitos del medio. En el caso del tamaño de partícula se ha comprobado que cuanto mayor sea éste, más capacidad de absorción de agua tiene, característica muy importante al tener en cuenta el refinado de algunos alimentos como la harina (Eastwood, 1992).



\*Las barras con diferente letra muestran diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ).

Figura 19. Resultados de capacidad de absorción de agua subjetiva de las masas con diferentes %tallo-semilla.

### 6.2.2. HUMEDAD

La determinación de humedad es una de las técnicas más importantes y de mayor uso en el procesado, control y conservación de los alimentos, puesto que la mayoría de los productos alimenticios poseen un contenido mayoritario de agua. El contenido de humedad en un alimento es, frecuentemente, un índice de estabilidad del producto (Unizar, 2018).

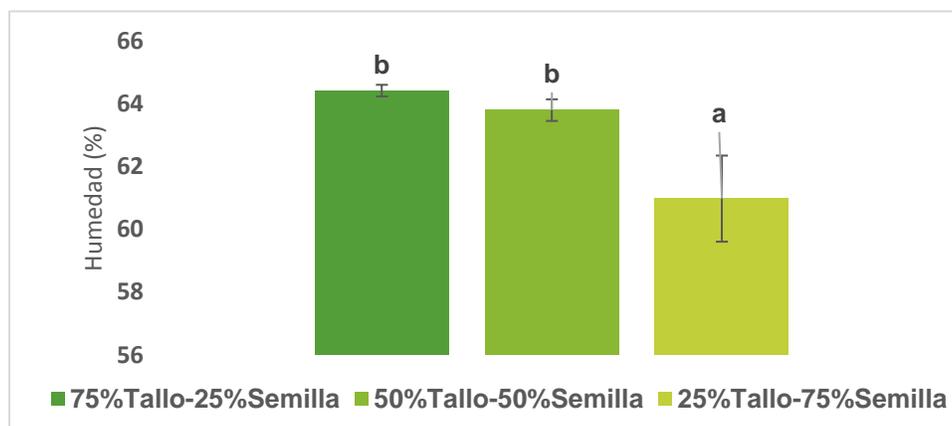
Es importante evaluar la humedad en las masas debido que de esto dependerá la textura y por la tanto la manejabilidad de éstas, los cual permitirá obtener tortillas bien formadas o quebradizas si las masas no tienen la humedad adecuada, la





humedad también depende de la capacidad de absorción de agua debido a que si se tiene una menor absorción de agua la humedad será menor y la masa será más quebradiza ocasionando que no se pueda formar una tortilla (Rojas 2002).

En la figura 20 se observa que no hubo diferencia significativa ( $p \geq 0.05$ ) en la humedad de las masas con 75%tallo-25%semilla y 50%tallo-50%semilla, además que la primera tuvo un valor solo del 0.97% mayor que la de 50%tallo-50%semilla, en cambio con la de 25%tallo-75%semilla si hubo diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) y la masa con 75%tallo-25%semilla tuvo un valor 5.35% mayor que la que tenía una mayor proporción de semilla. En la literatura se encuentra que si la humedad de la masa es baja las tortillas tienden a ser rígidas y quebradizas (Rojas, 2002) y que al aumentar el contenido de humedad en la masa disminuye la dureza de la misma siendo más cohesiva y manejable para la formación de la tortilla (Solano,2002) sin embargo, aunque la masa con la formulación con 25%tallo-75%semilla tuvo el menor valor de humedad fue la que tuvo el valor más cercano al encontrado en la literatura, ya que como menciona Arámbula *et al.* (2000) la humedad de la masa es un factor importante en la elaboración de tortillas y posteriormente tostadas, en una masa comercial de buena calidad para producir tortillas la humedad debe oscilar entre 50 y 58%.



\*Las barras con diferente letra muestran diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ).

**Figura 20. Contenido de humedad de las masas con diferentes %tallo-semilla.**



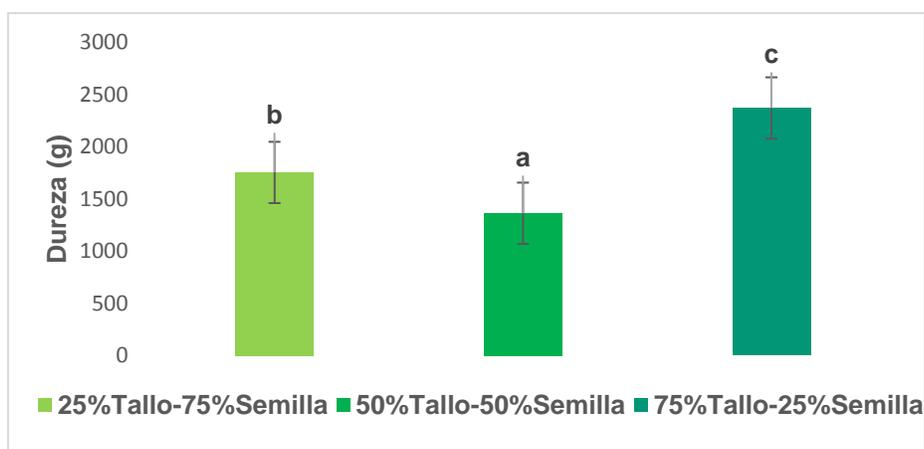


### 6.2.3. TEXTURA

La textura de los alimentos es una experiencia humana que surge de la interacción con el alimento, su estructura y comportamiento cuando es manipulado, la textura nos ayuda a comprender la respuesta a la estructura del alimento desde aspectos de fisiología y psicología de la percepción, además de estudios físicos y químicos de la composición y estructura de los productos alimenticios cuando son deformados o cizallados (Rosenthal, 2001).

La textura de la masa es crítica para la elaboración de la tortilla y tostada. Cuando la masa tiene la textura adecuada, es lo suficientemente adhesiva para pegarse ligeramente a los rodillos de la máquina tortilladora y separarse adecuadamente, si tiene la dureza y elasticidad adecuada será fácil de manejar y moldear, si tiene la cohesividad adecuada la masa no se desmorona (López, 2013).

En la figura 21 se observa que la masa con los valores mayores de dureza fue la que tenía 75% tallo- 25% semilla, en esta formulación la dureza fue 20.33% mayor que la de 25% tallo-75% semilla y 13.85% mayor que la de 50% tallo-50% semilla. Al requerir de una mayor fuerza para deformar la masa, ésta era más difícil de manejar y al elaborar la tortilla ésta se quebraba con mayor facilidad.



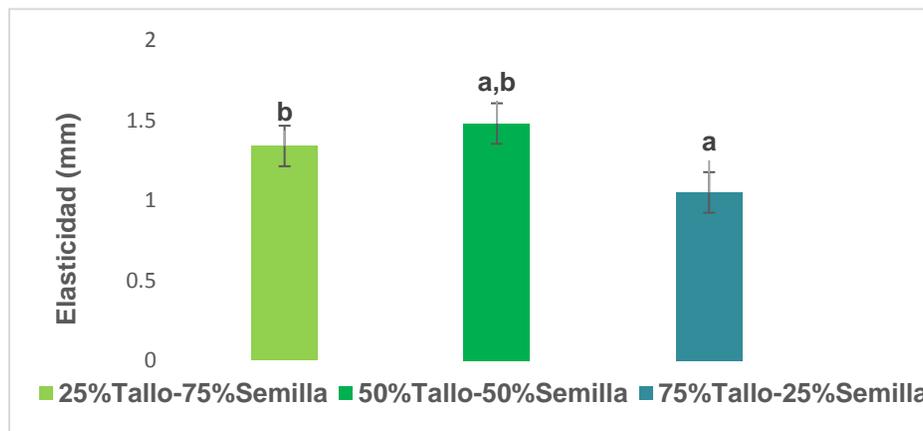
\*Las barras con diferente letra muestran diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ).

**Figura 21. Dureza de las masas con diferentes %tallo-semilla.**





En cuanto a la elasticidad que es la tasa a la cual el material deformado por una fuerza regresa a su condición inicial al retirar dicha fuerza (Rojas,2002), como se observa en la figura 22 la masa que tiene una elasticidad la formulación con 50%tallo-50%semilla tuvo una elasticidad 9.45% mayor que la de 25%tallo-75%semilla y 29.05% mayor que la de 75%tallo-25%semilla, la que presentó una menor elasticidad fue la de 75%tallo-25% semilla, esto fue evidente debido a que esta masa al aplicársele una fuerza se quebraba con mayor facilidad y no volvía a su estado inicial.



\*Las barras con diferente letra muestran diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ).

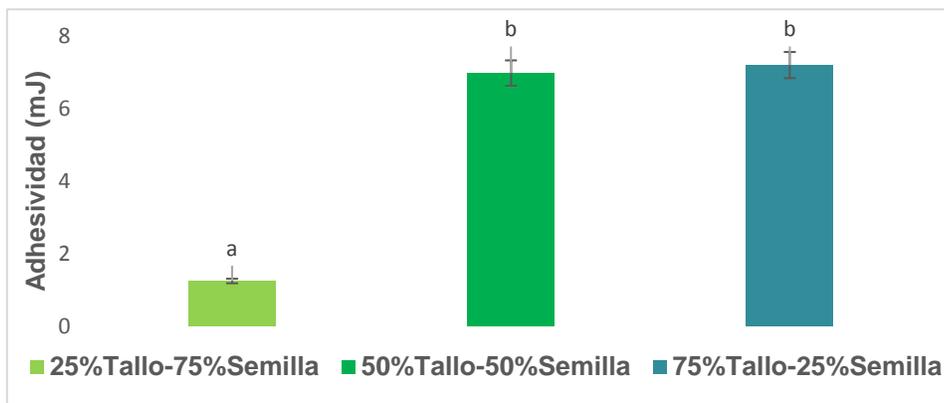
**Figura 22. Elasticidad de las masas con diferentes %tallo-semilla.**

En la figura 23 se muestra la adhesividad que es el trabajo para vencer las fuerzas de atracción entre la superficie del alimento y la superficie de los otros materiales con los que está en contacto dicho alimento (Rojas,2002). Las masas en las que se observó una adhesividad 9.97% mayor que la de 75%tallo-25%semilla y 86.57% mayor que la de 25%tallo-75%semilla fueron las de 50%tallo-50%semilla, por lo que la formulación de 25%tallo-75%semilla tuvo el menor valor de adhesividad, esto fue evidente al momento de la manipulación de las masas ya que las masas de 25%tallo-75%semilla fueron las que mejor se manejaban y que permitían obtener una tortilla mejor formada, con las masas con 50%tallo-50%semilla y 75%tallo-25%semilla en algunas ocasiones al momento de moldearlas se rompían al quedarse adheridas de más a la máquina con la cual se les daba la forma. La fibra se encuentra mayormente en el tallo, y absorbe agua





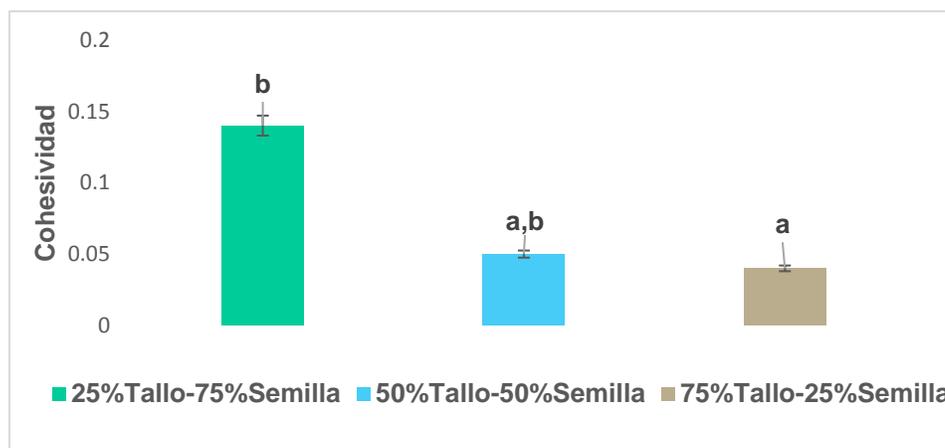
por lo que las masas con mayor contenido de tallo tenían más humedad ocasionando que la adhesividad fuera mayor en las masas con mayor proporción de tallo.



\*Las barras con diferente letra muestran diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ).

**Figura 23. Adhesividad de las masas con diferentes %tallo-semilla.**

En la figura 24 se muestran los resultados obtenidos de cohesividad que es la amplitud de la deformación de un material antes de romperse debido a la fuerza intermolecular del alimento (Rojas, 2002), la formulación de 25%tallo-75%semilla tuvo una cohesividad 64.28% mayor que la de 50%tallo-50%semilla y 71.42% mayor que la de 75%tallo-25%semilla, lo cual fue evidente al manipular estas masas debido que al comprimirlas para darle la forma éstas formaban perfectamente la tortilla mientras que las demás al tener menor cohesividad las partículas están menos unidas, por lo que la desintegración y el desmoronamiento aumenta originando masas que no pueden moldearse (López, 2013).



\*Las barras con diferente letra muestran diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ).

**Figura 24. Cohesividad de las masas con diferentes %tallo-semillas.**





Rodríguez *et al.*, (2005) mencionan que se realizaron investigaciones en las propiedades texturales y reológicas de masas de maíz, en donde las características texturales de la masa de maíz (firmeza y adhesividad) dependieron de la capacidad de retención de agua del material y las masas elaboradas con un nivel de contenido de humedad de 56.8 a 58.8% tuvieron las características texturales más adecuadas para procesarlas en los rodillos laminadores.

Tomando en cuenta esto, como se mencionó anteriormente la capacidad de absorción de agua subjetiva de la formulación con 25%tallo-75%semilla permitió que la humedad de esta masa tuviera el valor de más cercano a este rango encontrado en la literatura, donde la formulación con 25%tallo-75%semilla tuvo menor dureza y menor adhesividad; por lo que fue la masa con mejores propiedades y que tenía una mejor manipulación lo que permitía que se obtuviera una tortilla resistente, que no se quebraba ni se rompía, lo que a su vez permitía obtener una tostada con mejor aspecto.

Esto se puede deber a que el almidón constituye gran parte del volumen de la masa, la capacidad de retención de agua del almidón tiene mayor efecto sobre las propiedades de tensión de la masa que el tamaño de partícula del gránulo de almidón (Rodríguez *et al.*, 2005), el contenido amiláceo del huauzontle se concentra principalmente en las semillas, por lo tanto, al utilizar la formulación con el mayor contenido de semilla va a formar mejor la masa y va a permitir la formación de una tortilla.

Esto es posible debido a que los gránulos de almidón son gelatinizados y la mayor gelatinización se debe al calentamiento continuo con agua, ya que la temperatura de gelatinización del almidón de maíz común es de 62-80°C, esto también resulta en un mayor hinchamiento de los gránulos, lixiviación adicional de componentes solubles, mayormente amilosa y la disrupción de los gránulos si hay cizalla. El hinchamiento de los gránulos y la disrupción da lugar a una masa viscosa que ayuda a mantener unidas las partículas (Fennema, 2010). La semilla del huauzontle fue expuesta a un escaldado en agua a una temperatura de 90°C, que,





aunque no es la finalidad de este proceso, pudo ayudar a la gelatinización del almidón que se da por el calentamiento con agua a temperaturas de 62-80°C.

---

### 6.3. MÉTODOS DE COCCIÓN

#### 6.3.1. PRUEBA SENSORIAL DE PREFERENCIA

En las pruebas de preferencia el consumidor o juez de la prueba realiza una elección entre productos; entre estas pruebas las más utilizadas son las de comparación apareada entre dos productos codificados que se presentan a los jueces quienes tienen que elegir la que prefieren. Estas son pruebas sencillas de realizar ya que son muy intuitivas y necesitan poca explicación para llevarlas a cabo (González *et al.*, 2014). Es por esto por lo que se decidió hacer una prueba de preferencia debido a que se tenían dos métodos de cocción y se quería saber si los consumidores encontraban diferencia entre los dos métodos y elegir el que fuera preferido por los panelistas para continuar con la experimentación.

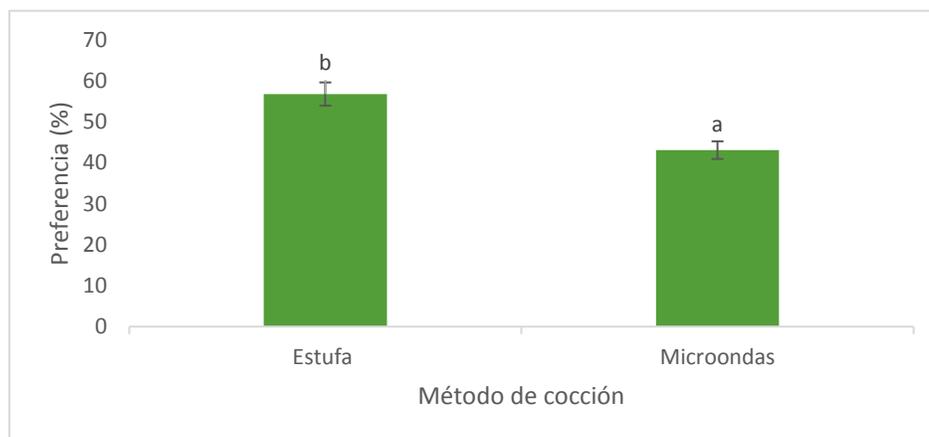
En la prueba sensorial de preferencia el método de cocción por estufa tuvo una preferencia del 56.8% por los panelistas, ya que de 44 personas 25 de ellas lo prefirieron en comparación con el método de cocción por microondas que tuvo un 43.1% de preferencia, debido a que los panelistas comentaron que algunas tostadas tenían un aspecto y sabor a quemado, debido a que algunas desventajas de este método es que la cocción no es uniforme debido a que hay puntos concretos en los que, debido al rebote, las microondas se intensifican provocando que en el alimento queden zonas “frías” o que exista una sobrecocción en partes del alimento llegando incluso a quemarse (Benavente, 2014).

A una potencia alta, los alimentos se someten a altas cantidades de energía de microondas porque el magnetrón produce microondas a su mayor capacidad por lo que el horno de microondas tiene una mayor intensidad que uno convencional (USDA, 2013). Por esta razón y por lo explicado anteriormente de la cocción desuniforme en estos electrodomésticos, que al momento de la cocción de las tostaditas de huauzontle en el horno de microondas algunas de ellas se quemaban





o se doraban más que otras. Se encontró diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) en la preferencia de las tostadas evaluadas como se observa en la figura 25.



\*Las barras con diferente letra muestran diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ).

**Figura 25. Prueba de preferencia para el método de cocción.**

### 6.3.2. VITAMINA C

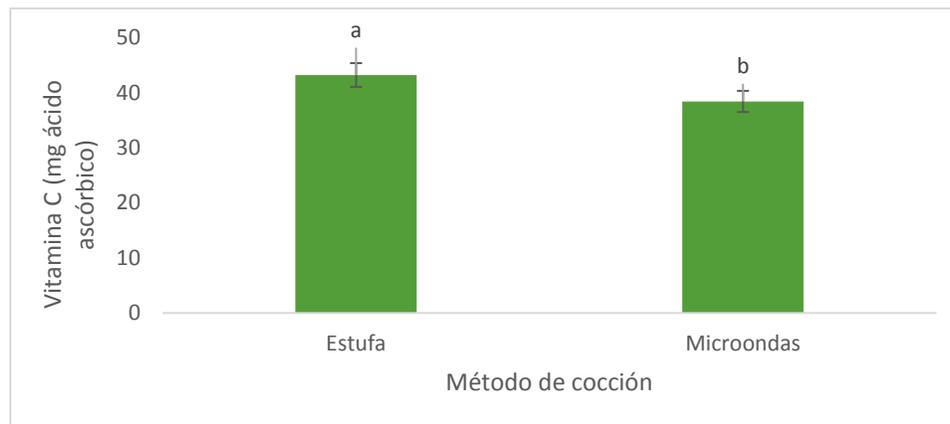
La vitamina C, conocida como ácido ascórbico, es un nutriente hidrosoluble que se encuentra en ciertos alimentos. En el cuerpo, actúa como antioxidante, el cuerpo necesita vitamina C para producir colágeno, una proteína necesaria para la cicatrización de las heridas. La vitamina C también mejora la absorción del hierro presente en los alimentos de origen vegetal y contribuye al buen funcionamiento del sistema inmunitario para proteger al cuerpo contra las enfermedades (Office of Dietary Supplements, 2016).

En la figura 26 se observa que se obtuvo una menor pérdida de la vitamina (11.2% mayor contenido de vitamina C) se obtuvo en el método de cocción por estufa, lo que se puede deber a que en la estufa la cocción se realiza por medio de aire caliente para la eliminación del agua del alimento y en el horno de microondas aunque es corto es más intenso porque se utiliza radiación electromagnética de alta frecuencia, presentándose un rápido aumento de la temperatura en las muestras y puede ocasionar incineración del material eliminándose almidón, grasas, proteínas además de agua (García *et al.*, 2012) y la vitamina C se degrada fácilmente. Al realizar el análisis estadístico se encontró





diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) en la vitamina C de las tostadas realizadas por los métodos evaluados. Según lo reportado por Muñoz (2010) el huauzontle fresco contiene 45 mg de ácido ascórbico mientras que en maíz se reporta 8 mg de ácido ascórbico (INCAP, 2012). Por lo tanto, en el método de cocción por estufa se perdió aproximadamente el 18% de la vitamina C conservándose el 81% mientras que en las tostadas por el método por microondas se perdió aproximadamente el 27% de vitamina C conservándose el 72% de la vitamina C.



\*Las barras con diferente letra muestran diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ).

**Figura 26. Contenido de vitamina C de las tostaditas sometidas a diferentes métodos de cocción.**

### 6.3.3. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

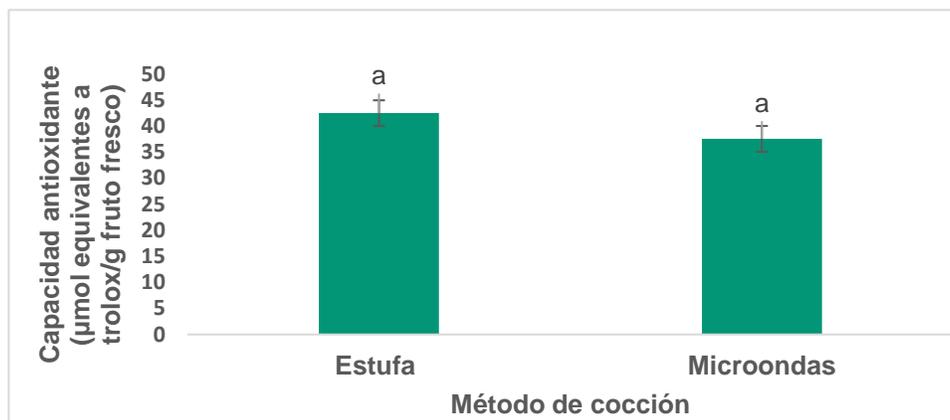
Uno de los componentes principales de los alimentos son los antioxidantes, sustancias existentes en determinados alimentos que actúan protegiendo al organismo de la acción de los radicales libres, causantes de los procesos de envejecimiento y de algunas otras enfermedades. Los radicales libres son moléculas "desequilibradas", con átomos que tienen un electrón en capacidad de aparearse, por lo que son muy reactivos. Estos radicales recorren el organismo intentando captar un electrón de las moléculas estables, con el fin de lograr su estabilidad electroquímica y con potenciales reacciones en cadenas destructoras de las células del cuerpo (Gutiérrez *et al.*, 2007).





Los antioxidantes retrasan el proceso de envejecimiento combatiendo la degeneración y muerte de las células que provocan los radicales libres. La incapacidad del cuerpo humano para neutralizar a los radicales libres a los que está expuesto diariamente, obliga al hombre a recurrir a alimentos con las propiedades antioxidantes con capacidad de neutralizarlos es por esto que los consumidores buscan alimentos que les puedan proporcionar estos compuestos por los beneficios que puede brindar a la salud, razón por la cual se estudió la capacidad antioxidante de las tostaditas de huauzontle con maíz debido a que el huauzontle tiene un alto contenido de antioxidantes (Gutiérrez *et al.*, 2007).

En la figura 27 se observa que el método por estufa preservó más la capacidad antioxidante (en un 11.61%) de la tostada, sin embargo, al realizar el análisis estadístico no se encontró diferencia significativa ( $p \geq 0.05$ ) entre métodos de cocción en cuanto la capacidad antioxidante.



\*Las barras con la misma letra muestran que no hay diferencia significativa ( $p \geq 0.05$ ).

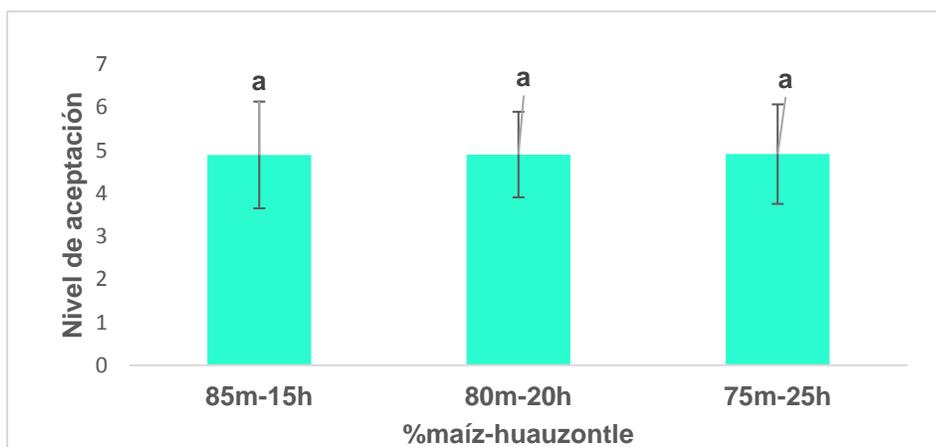
Figura 27. Capacidad antioxidante de las tostaditas sometidas a diferentes métodos de cocción.





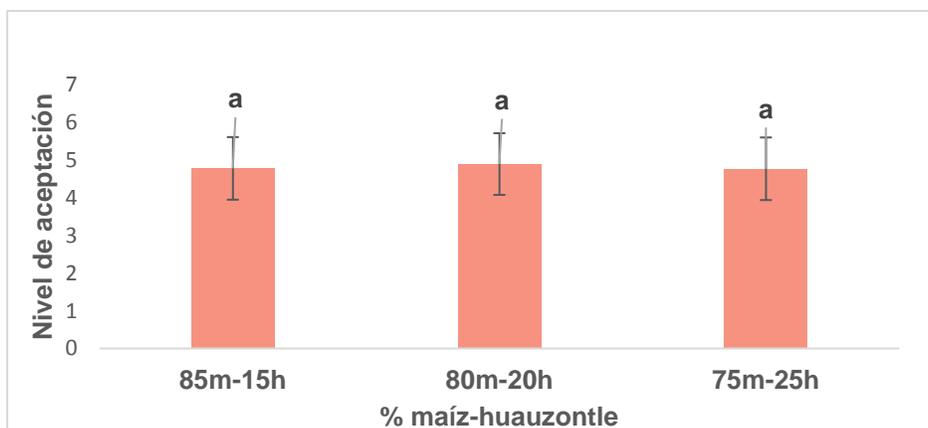
### 6.4. ANÁLISIS SENSORIAL DE LAS TOSTADITAS PARA LA SELECCIÓN DEL PORCENTAJE DE HUAUZONTLE

En las figuras 28, 29 y 30, se observa en color, olor y textura un comportamiento muy similar, ya que con los diferentes porcentajes de maíz no hubo diferencia significativa ( $p \geq 0.05$ ) y en los tres se obtuvo un promedio de aproximadamente de 5 (me gusta ligeramente) en color y olor y 6 (me gusta) en textura en la escala utilizada en el análisis sensorial.



\*Las barras con la misma letra muestran que no hay diferencia significativa ( $p \geq 0.05$ ).

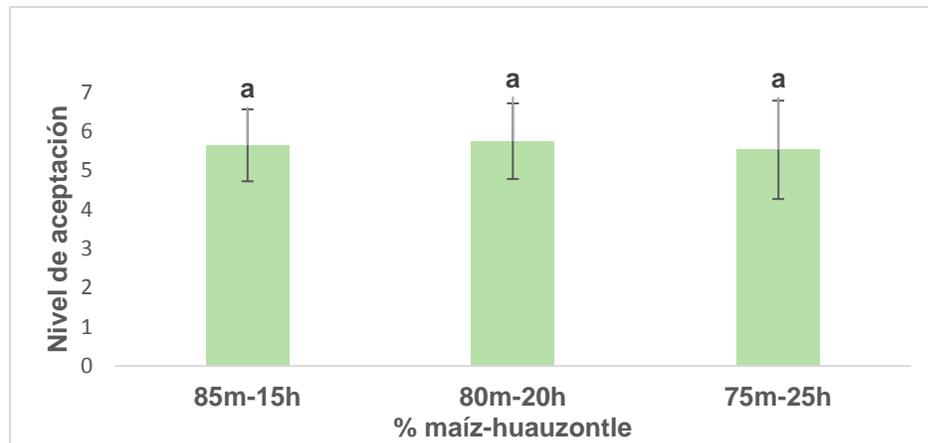
Figura 28. Aceptación del color de tostaditas elaboradas con diferentes %maíz-huauzontle.



\*Las barras con la misma letra muestran que no hay diferencia significativa ( $p \geq 0.05$ ).

Figura 29. Aceptación del olor de tostaditas elaboradas con diferentes %maíz-huauzontle.

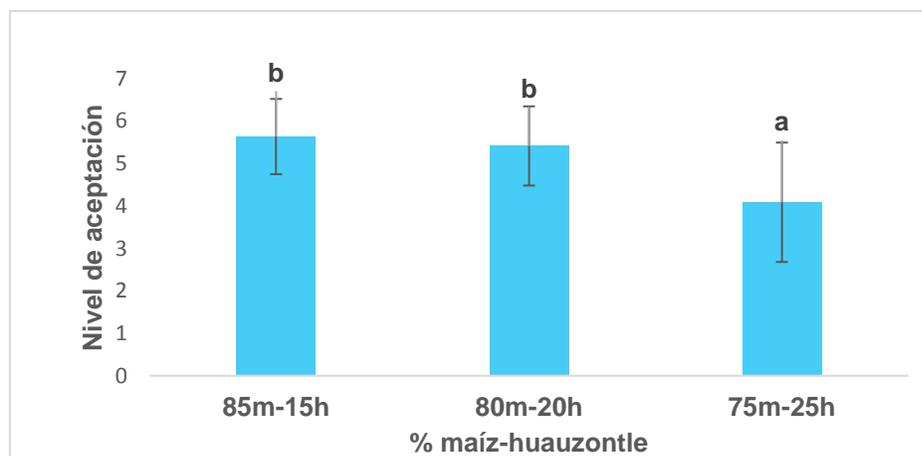




\*Las barras con la misma letra muestran que no hay diferencia significativa ( $p \geq 0.05$ ).

**Figura 30. Aceptación de tostaditas elaboradas con diferentes %maíz-huauzontle.**

En cuanto a sabor (figura 31) se observar que la formulación de 85% maíz-15%huauzontle y 80% maíz-20%huauzontle fueron las más aceptadas por los panelistas y no hay diferencia significativa en la aceptabilidad de éstas ( $p \geq 0.05$ ), sin embargo, si hubo diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) con la formulación de 75% maíz-25%huauzontle que fue la menos aceptada (en un 27.53% con respecto a la de 85% maíz-15%huauzontle) debido a que los panelistas comentaban que tenía un sabor amargo.



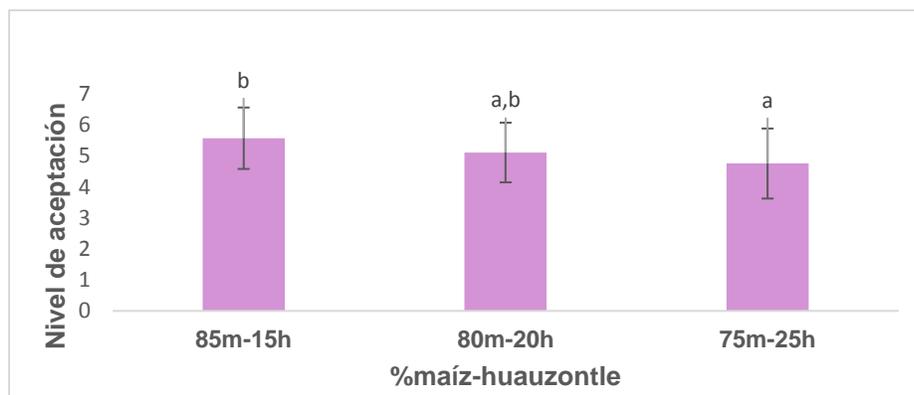
\*Las barras con diferente letra muestran diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ).

**Figura 31. Aceptación del sabor de tostaditas elaboradas con diferentes %maíz-huauzontle.**





En aceptabilidad (figura 32) se observa que la formulación de 85%maíz-15% huauzontle fue 8.25% más aceptada en comparación con la de 80%maíz-20%huauzontle y 14.72% más aceptada en comparación con la de 25%maíz-75%huauzontle por los panelistas y se tuvo una diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) en aceptación con la formulación con mayor porcentaje de huauzontle (75%maíz-25% huauzontle) que fue la menos aceptada, la formulación de 80%maíz-20% huauzontle no tuvo una diferencia significativa ( $p \geq 0.05$ ) con las otras dos formulaciones.



\*Las barras con diferente letra muestran diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ).

**Figura 32. Aceptación general de tostaditas elaboradas con diferentes %maíz-huauzontle.**

De acuerdo con la prueba de sensorial realizada la formulación que fue más aceptada en sabor y aceptabilidad por los panelistas fue la de 85%maíz-15%huauzontle y los panelistas comentaron que la tostadita con la formulación de 75%maíz-25%huauzontle les dejaba un sabor amargo lo que ocasionó una menor aceptación a esta tostada, debido a que entre mayor cantidad de huauzontle hay más desagrado porque el huauzontle tiene compuestos que producen ese sabor, estos compuestos son llamados saponinas, el huauzontle también ha demostrado tener alto contenido en saponinas, sin embargo, Barrón *et al.* (2009) encontraron que el contenido de saponinas en huauzontle no representa un riesgo para la salud humana, mejoran el sistema inmunológico, son antioxidantes y ayudan a reducir el colesterol y aunque tienen efectos adversos, las saponinas casi no son absorbidas por el sistema digestivo (Valadés, 2017).





## 6.5. ANÁLISIS SENSORIAL Y PROPIEDADES QUÍMICAS DE LAS TOSTADITAS DE HUAUZONTLE PARA LA SELECCIÓN DE VARIEDAD DE MAÍZ.

### 6.5.1. ANÁLISIS SENSORIAL

En ninguno de los parámetros evaluados hubo diferencia significativa ( $p \geq 0.05$ ) en las tostaditas de huauzontle variando el tipo de maíz; por lo cual se procedió a continuar con el valor nutrimental para verificar si hay alguna diferencia y elegir aquella con mayor contenido de nutrientes para la continuación del proyecto.

En la figura 33 se muestran los resultados obtenidos donde en cuanto a color se obtuvo una aceptabilidad en referencia a la mediana, por parte de los panelistas de 5 (me gusta ligeramente) en las tostaditas de huauzontle elaboradas con maíz azul y maíz blanco, no hubo diferencia significativa ( $p \geq 0.05$ ) en este parámetro evaluado.

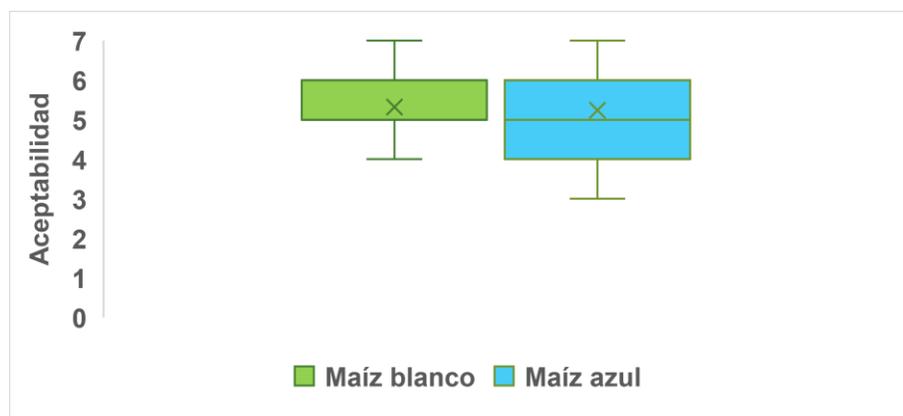


Figura 33. Aceptación del color de tostaditas elaboradas con diferentes variedades de maíz.

En el olor (figura 34) se tuvo una aceptabilidad en referencia a la mediana de 4 (me es indiferente) por parte de los panelistas; a los cuales se les realizó la prueba no habiendo diferencia significativa ( $p \geq 0.05$ ) en el olor de las tostaditas de huauzontle con maíz blanco y maíz azul.



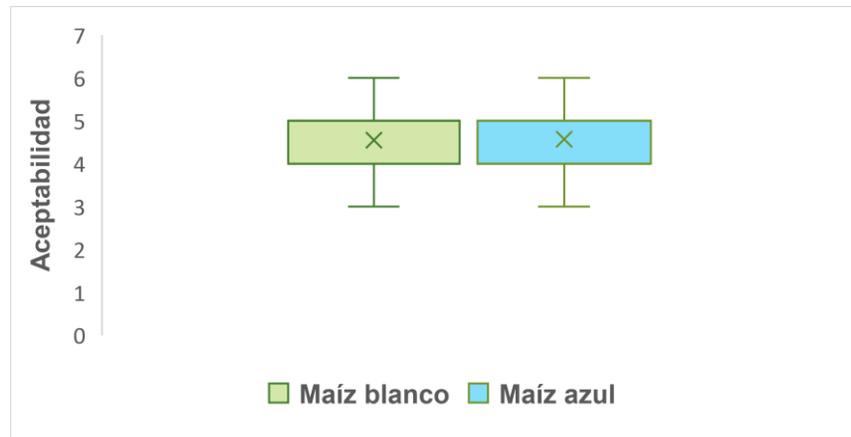


Figura 34. Aceptación del olor de tostaditas elaboradas con diferentes variedades de maíz.

En cuanto a la textura (figura 35) tampoco se encontró diferencia significativa ( $p \geq 0.05$ ) entre este parámetro en las tostaditas de maíz blanco y maíz azul. Se obtuvo una aceptabilidad en referencia a la mediana por parte de los panelistas de 5 (me gusta ligeramente).

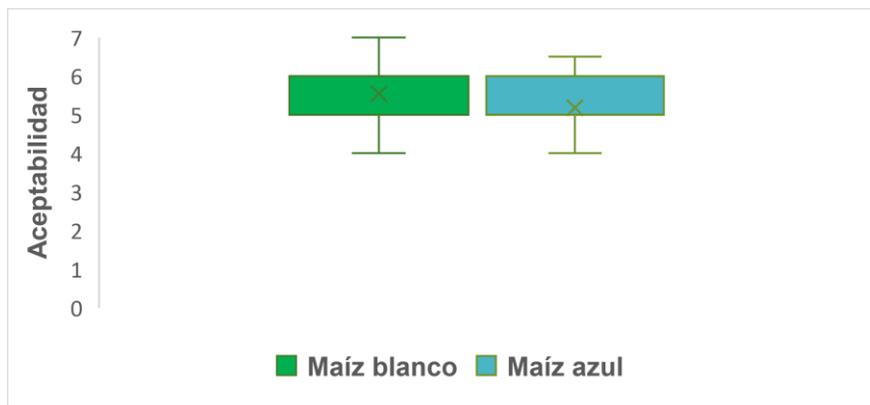


Figura 35. Aceptación de textura de tostaditas elaboradas con diferentes variedades de maíz.

En el sabor (figura 36) no se encontró diferencia significativa ( $p \geq 0.05$ ) en la aceptabilidad por parte de los panelistas de las tostaditas de huauzontle elaboradas con maíz blanco y maíz azul, en donde la aceptación en referencia a la mediana fue de 5 (me gusta ligeramente).



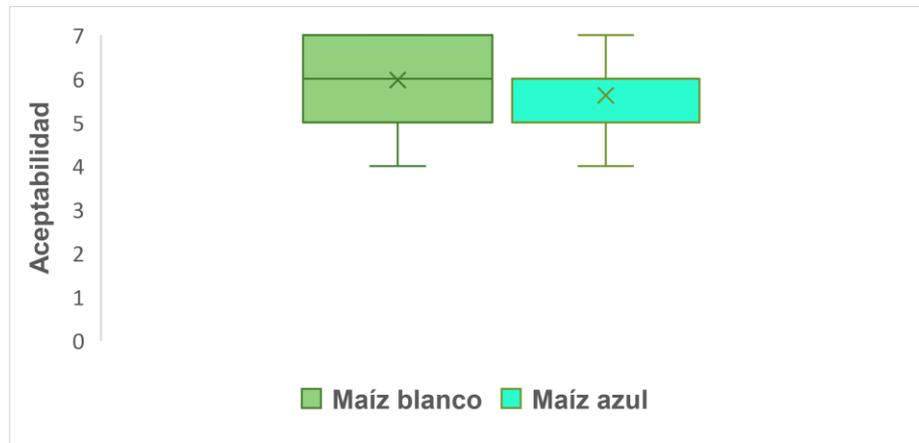


Figura 36. Aceptación del sabor de tostaditas elaboradas con diferentes variedades de maíz.

En la aceptabilidad (figura 37) tampoco se encontró diferencia significativa ( $p \geq 0.05$ ), la aceptabilidad general por parte de los panelistas en referencia a la mediana fue de entre 5 (me gusta ligeramente) para las tostaditas con maíz blanco y para las tostaditas de maíz azul.

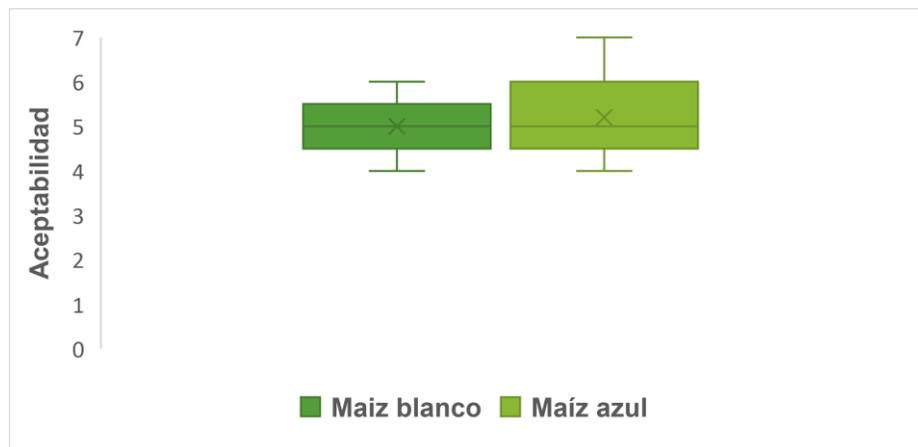


Figura 37. Aceptación general de tostaditas elaboradas con diferentes variedades de maíz.





### 6.5.2. PROPIEDADES QUÍMICAS

En la tabla 13 se muestran los resultados obtenidos en los parámetros químicos evaluados en las tostaditas de huauzontle elaboradas con diferente tipo de maíz. Los componentes químicos que se evaluaron fueron vitamina C, capacidad antioxidante, fibra cruda, fibra dietética y proteína.

Tabla 13. Parámetros químicos de las tostaditas de huauzontle.

Componente	Tostaditas de huauzontle con maíz blanco	Tostaditas de huauzontle con maíz azul
Vitamina C (mg)	43.73 <sup>a</sup> ± 2.26	50 <sup>b</sup> ± 1.6
Capacidad antioxidante (μmol equivalentes a Trolox/g fruto fresco)	42.46 <sup>a</sup> ± 2.51	65.92 <sup>b</sup> ± 4.34
Fibra cruda (%)	5.22 <sup>a</sup> ± 4.34	8.69 <sup>b</sup> ± 1.43
Fibra dietética (%)	3.00 <sup>a</sup> ± 0.41	6.10 <sup>b</sup> ± 0.99
Proteína (%)	5.92 <sup>a</sup> ± 2.46	7.17 <sup>a</sup> ± 0.94

\*<sup>a,b</sup> indica si hay diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) en las medias de acuerdo con el análisis estadístico.

En la vitamina C hubo diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) en el contenido de vitamina C de las tostaditas de huauzontle elaboradas con maíz blanco y maíz azul. Las tostaditas de huauzontle elaboradas con maíz azul tuvieron un valor 12.54% mayor que las que fueron elaboradas con maíz blanco. Esto se debe a que como lo muestran diferentes estudios la variedad de maíz azul (*Zea mays L.*) posee una calidad nutricional mayor que el maíz típico; blanco o amarillo (Castañeda, 2011), y aunque tiene poca cantidad vitamina C junto con la vitamina C contenida en el huauzontle se obtiene un producto rico en esta vitamina en comparación con la otra variedad de maíz.





En las tostadas comerciales (Milpa Real, Charras, Mission tradicionales y horneadas, Salmas) no se reporta contenido de vitamina C, por lo cual la adición de huauzontle y otra variedad de maíz permitió obtener una tostada que aporte esta vitamina. Incluso las tostaditas de huauzontle con maíz azul han resultado tener un contenido de vitamina C cercano al de otros alimentos conocidos por ser ricos en esta vitamina como lo son algunos cítricos como el limón (53 mg), naranja (53.2 mg), toronja (34.4 mg), brócoli (53.3 mg) (USDA, 2019).

Como se observar en la tabla 13, si hubo diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) en la capacidad antioxidante de las tostaditas de huauzontle elaboradas con maíz blanco y maíz azul, éstas últimas tuvieron una capacidad antioxidante 35.59% mayor que las elaboradas con el maíz blanco, esto se debe a que como se ha estudiado anteriormente la variedad de maíz azul posee una gran cantidad de pigmentos antioxidantes en comparación con otras variedades de maíz como el amarillo y el blanco (Castañeda, 2011).

Del Pozo Insfran *et al.* (2006) reportaron una capacidad antioxidante de 29  $\mu\text{mol}$  equivalentes a Trolox/g para el maíz azul y para el maíz blanco reportaron una capacidad antioxidante de 17.5  $\mu\text{mol}$  equivalentes a Trolox/g, mientras que para el huauzontle se ha reportado una capacidad antioxidante de 24.55  $\mu\text{mol}$  equivalentes a Trolox/g. En este caso para las tostaditas de huauzontle con maíz blanco, coincide con los estudios realizados por Del Pozo Insfran *et al.* (2006) ya que la suma de la capacidad antioxidante del maíz blanco y el huauzontle da un total de 42.05  $\mu\text{mol}$  equivalentes a Trolox/g, y en las tostaditas de huauzontle dio una capacidad antioxidante de 42.46  $\mu\text{mol}$  equivalentes a Trolox/g, esto quiere decir este valor fue solamente 0.97% mayor que el reportado anteriormente, mientras que para las tostaditas de huauzontle con maíz azul, el resultado obtenido superó el reportado ya que estos datos nos darían una suma total de 53.55  $\mu\text{mol}$  equivalentes a Trolox/g mientras que en las tostaditas el resultado de capacidad antioxidante fue de 65.92  $\mu\text{mol}$  equivalentes a Trolox/g o sea que este valor es 18.77% mayor que el reportado anteriormente.





El maíz azul es una fuente importante de antocianinas con potenciales aplicaciones antioxidantes. El interés de los pigmentos antociánicos se ha intensificado recientemente debido a sus propiedades farmacológicas y terapéuticas. Los efectos terapéuticos de las antocianinas están relacionados con su actividad antioxidante (Timberlake, 2009). Wang y Mazza (2002) han demostrado que vegetales ricos en antocianinas evidencian una alta actividad antioxidante contra el peróxido de hidrógeno y contra radicales peróxidos, superóxido, hidroxilo y oxígeno singulete.

También se encontró diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) en la cantidad de fibra cruda entre las tostaditas de huauzontle elaboradas con maíz blanco y maíz azul. La elaboradas con maíz azul tuvieron una cantidad de fibra cruda 39.94% mayor que las elaboradas con maíz blanco. Esto puede ser explicado a que como menciona Castañeda *et al.* (2011), el nivel de fibra de esta variedad de maíz es uno de los más elevados comparado con el resto de los cereales y junto con la fibra presente en el tallo del huauzontle al unirlos en la tostadita aumenta de forma considerable el contenido de fibra de la tostadita.

La fibra dietética es la parte comestible de las plantas o hidratos de carbono análogos que son resistentes a la digestión y absorción en el intestino delgado, con fermentación completa o parcial en el intestino grueso. La fibra engloba polisacáridos, oligosacáridos, lignina y sustancias asociadas a la planta. Las fibras dietéticas promueven efectos beneficiosos fisiológicos como el laxante, y/o atenúan los niveles de colesterol en sangre y/o atenúan la glucosa en sangre". En base a su solubilidad en agua, se clasifica en fibra soluble e insoluble (American Association of Cereal Chemist, 2001).

Entre las principales acciones fisiológicas atribuidas a la fibra dietética se encuentra el mantenimiento de una funcionalidad intestinal adecuada. Otras acciones en las que participa de forma activa son el control de la obesidad, la reducción de las concentraciones plasmáticas de colesterol sanguíneo y/o la modulación de los niveles de glucosa plasmática. Todas estas acciones se van a





derivar fundamentalmente de las propiedades que caracterizan a la fibra (Barberá & Marcos, 2007).

Como se observó en la tabla 13 hubo diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) entre el contenido de fibra dietética total de las tostaditas de huauzontle con maíz blanco y maíz azul. Las tostaditas de huauzontle con maíz azul tuvieron una cantidad de fibra dietética 50.82% mayor que las tostaditas con maíz blanco. Esto se puede deber a que el nivel de fibra de esta variedad es uno de los más elevados comparado con el resto de los cereales. La fibra dietética está presente en el maíz azul y se encuentra mayoritariamente en el pericarpio y en las paredes celulares del endospermo (Castañeda, 2011). Muñoz (2010) ha reportado valores de fibra dietética en maíz blanco de 3.20% y maíz azul 3%, mientras que para huauzontle de 2.80%. En las tostaditas de maíz blanco se obtuvo un valor de fibra dietética de 3%, un valor más bajo que lo reportado teóricamente para maíz blanco y huauzontle como materia prima, mientras que para las tostaditas de huauzontle con maíz azul se obtuvo un 6.1% de fibra dietética mientras, que es cercano a los valores reportados para la materia prima que sería un total de 5.80%. Además, el contenido de fibra dietética fue 9.01% mayor que en las tostadas fritas comerciales, mientras que las tostadas de maíz horneadas comerciales no se reporta contenido de fibra dietética.

Además en las tostaditas de huauzontle se tuvieron valores mayores de fibra dietética que en algunos alimentos ricos en este componente como por ejemplo la, lechuga (1.2%), pan blanco (2.7%), manzana (2.4%), zanahoria (2.8%), quinoa (3.6%) y pasta (3.6%), (USDA, 2019), teniendo en las tostaditas de huauzontle con maíz azul un contenido de fibra dietética 80.32, 55.73, 60.65, 54% mayor que cada alimento mencionado respectivamente y 40.98% mayor que la quinoa y la pasta, mientras que en las tostaditas de huauzontle con maíz blanco la fibra dietética se tuvo un contenido de fibra dietética 60, 10, 20, 6.6% mayor respectivamente excepto en la quinoa y la pasta en donde éstos tuvieron un valor 16.66% mayor en este producto.





Desde el punto de vista nutricional la proteína es un macronutriente presente en los alimentos. La importancia de la proteína presente en la dieta se debe a su capacidad de aportar aminoácidos para atender al mantenimiento de la proteína corporal y al incremento de esta durante el crecimiento. La limitación en el aporte de energía y de proteína conduce a un retraso en el crecimiento. En el adulto, la pérdida de proteína corporal se asocia con numerosas alteraciones patológicas y aun aumento en la mortalidad (Martínez & Martínez, 2006).

En la tabla 13 se observa que no hay diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) en la cantidad de proteína entre las tostaditas de huauzontle elaboradas con maíz blanco y maíz azul, sin embargo se puede observar que en las tostaditas con maíz azul hubo una cantidad 17.44% mayor de proteína que en las tostaditas con maíz blanco, a pesar de que en la literatura se ha encontrado que en el maíz azul hay una carga proteica superior en un 20% del maíz blanco (Méndez *et al.*, 2005). Esta pérdida proteínica se puede deber a que, durante el proceso de horneado, especialmente en la corteza de los productos se producen pérdidas de proteínas por reacciones de Maillard, aunque la desnaturalización de estas aumenta su digestibilidad (Gil, 2010).

A pesar de esto el contenido de proteína en las tostaditas de maíz azul fue 7.12% mayor que en las tostadas fritas comerciales (tabla 3). Además, al comparar el contenido de proteína de las tostaditas de huauzontle con otros alimentos con alto contenido de proteína, como la leche (3.4%) (USDA, 2019), fue 52.58% mayor en las tostaditas con maíz azul y 42.56% mayor en las tostaditas de huauzontle con maíz blanco, el amaranto (3.8%) (USDA, 2019) donde las tostaditas de huauzontle con maíz azul tuvieron un contenido de proteína 47% mayor y en las tostaditas con maíz blanco el contenido de proteína fue 35.81% mayor, el yogurt griego (3.33%) (USDA, 2019) y la quinoa (5.71%) (USDA, 2019) en donde las tostaditas de donde las tostaditas de huauzontle con maíz azul tuvieron un contenido de proteína 53.55% y 20.36% mayor respectivamente y en las tostaditas con maíz blanco el contenido de proteína fue 43.75% y 3.54% mayor respectivamente.





### 6.5.3. PROPIEDADES TEXTURALES

La determinación de parámetros texturales en tostadas es particularmente difícil debido a su composición heterogénea y a su estructura poco uniforme, usualmente no fluyen frente a esfuerzos de presión, pero dada las características de la tostada en conjunto con los componentes del huauzontle, este alimento se caracteriza por ser crocante (Porrás *et al.*, 2016).

En la figura 38 se observa que no hubo diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) entre la dureza (A) de la tostadita de maíz blanco y maíz azul; sin embargo, la de maíz blanco tuvo una dureza 18.83% mayor que las tostaditas de maíz azul, por lo que se puede deducir que el tipo de maíz no afecta de manera significativa la dureza de la tostada. Sin embargo, la incorporación de huauzontle puede afectar la textura debido a que según lo reportado por Porrás *et al.* (2016), una tostada hecha solo de maíz tiene una dureza de 1000 g; mientras que la tostadita de huauzontle con maíz blanco tuvo una dureza de 309 g y las elaboradas con maíz azul tuvo una dureza de 250 g.

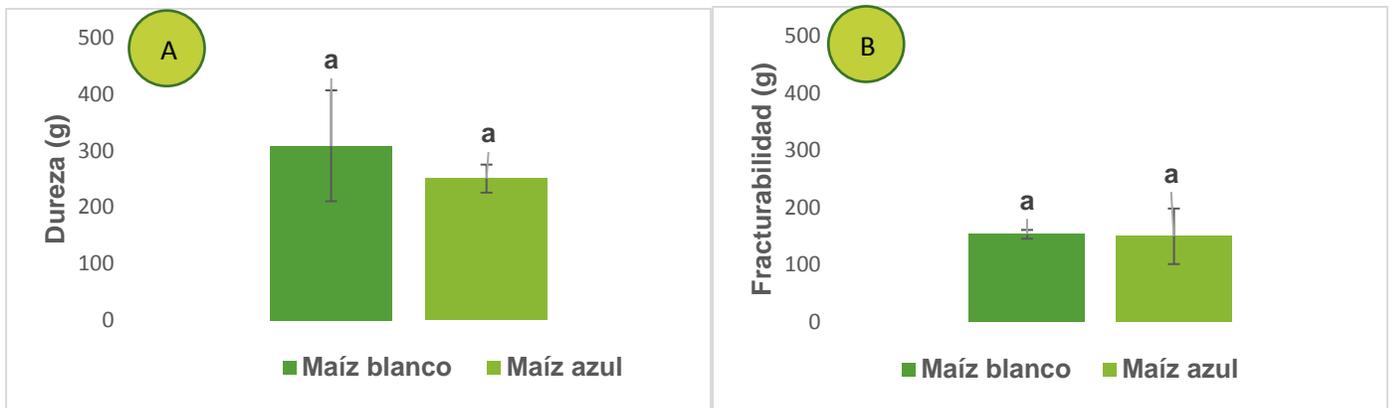
No hubo diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) entre la fracturabilidad (B) de tostaditas de huauzontle elaboradas con maíz azul y blanco, pues las tostaditas con maíz blanco tuvieron un valor tan solo 2.28% mayor que las tostaditas con maíz azul, por lo que se puede deducir que el tipo de maíz no afecta de manera significativa este parámetro de la tostada. Sin embargo, se puede observar que al igual que la dureza, Porrás *et al.*, (2016) reporta una fracturabilidad de 1000 g en tostadas solamente hechas de maíz mientras que las tostaditas elaboradas de huauzontle con maíz blanco tuvieron valores de 153.5 g y la de maíz azul de 150 g.

De acuerdo con lo reportado por García *et al.* (2016) la textura de la tostada podría afectar a la aceptabilidad del producto, por lo tanto, en este caso podría ser menos aceptada la tostada por tener menor dureza y fracturabilidad que una tostada solamente hecha de maíz. Sin embargo, en el análisis sensorial en cuanto a este parámetro se tuvo una aceptabilidad de entre 5 (me gusta ligeramente) y 6 (me gusta), por lo que se puede deducir que a los panelistas les agradó la textura de la





tostada con huauzontle horneada, aunque los valores del análisis textural no sean iguales a los de las tostadas fritas hechas de maíz.



\*Las barras con la misma letra muestran que no hay diferencia significativa ( $p \geq 0.05$ ).

Figura 38. Dureza (A) y fracturabilidad (B) de tostaditas de huauzontle con dos variedades de maíz.

## 6.6. ELABORACIÓN DE ETIQUETA

El etiquetado de los alimentos es la información presentada en los productos alimentarios y resulta uno de los medios más importantes y directos para transmitir información al consumidor sobre los ingredientes, la calidad o el valor nutricional, además sobre la identidad y contenido del producto, cómo manipularlo, prepararlo y consumirlo de manera inocua. La definición internacionalmente aceptada de etiqueta alimentaria es cualquier marbete, rótulo, marca, imagen u otra materia descriptiva o gráfica, que se haya escrito, impreso, estarcido, marcado, marcado en relieve o en huecograbado o adherido al envase de un alimento o a un producto alimentario. Esta información también puede acompañar al alimento o mostrarse cerca de éste para promocionar su venta. Con el aumento del comercio mundial y la desaparición del modelo tradicional de relación cara a cara entre productores de alimentos y los consumidores, existe una mayor necesidad de crear etiquetas alimentarias que puedan ser confiables y que no resulten engañosas (FAO, 2019).





La etiqueta de las tostaditas de huauzontle con maíz se elaboró con las especificaciones de la NOM-051-SCFI/SSA1-2010. En la figura 39 se muestra el etiquetado frontal que como lo especifica la norma debe tener el nombre o denominación del alimento, el contenido neto. Cada envase debe llevar grabada o marcada de cualquier modo la identificación del lote al que pertenece, con una indicación en clave que permita su rastreabilidad, debe de estar presente en la etiqueta de cada producto ya que indica cuando es la fecha de fabricación de este, así como donde se hizo y por quien. En caso de algún problema de calidad se utiliza el código de lote para encontrar la causa principal del problema y de ser necesario poder detener la venta de estos productos. La norma también indica que se debe colocar la fecha de caducidad o la fecha de consumo preferente, al declarar la fecha de caducidad o de consumo preferente se debe indicar en la etiqueta cualquiera de las condiciones especiales que se requieran para la conservación del alimento o bebida no alcohólica preenvasado, si de su cumplimiento depende la validez de la fecha. La fecha de caducidad es importante debido a que le proporciona a los consumidores información sobre el período de tiempo estimado en el cual el producto será de mejor calidad y ayuda a la tienda a determinar cuánto tiempo se debe ofrecer el producto para la venta. Si la fecha se cumple cuando el producto está almacenado en el hogar, este debe ser seguro y sano si se maneja adecuadamente hasta que sea evidente el deterioro temporal. Los alimentos deteriorados tendrán un olor, sabor o textura raro debido a bacterias de descomposición que aparecen naturalmente. Si un alimento desarrolla dichas características de deterioro, no debe comerse (USDA, 2019). Al declarar la fecha de caducidad o de consumo preferente se debe indicar en la etiqueta cualquiera de las condiciones especiales que se requieran para la conservación del alimento o bebida no alcohólica preenvasado, de su cumplimiento depende la validez de la fecha.





La declaración nutrimental frontal será obligatoria para el caso de las grasas saturadas, otras grasas, azúcares totales, sodio y energía. El etiquetado frontal nutrimental es un sistema prometedor para influir en las opciones de alimentos industrializados hacia alternativas más sanas para mejorar la dieta de una población con creciente sobrepeso y obesidad. El etiquetado frontal es la única fuente de información con la que cuenta el consumidor en el punto de venta, por lo que es importante que éste sea capaz de localizar, leer, interpretar y comprender la información que se le presenta para así tomar una serie de decisiones respecto a los alimentos y bebidas que consume, como:

- Evaluar si la cantidad de un nutriente es alta o baja.
- Comparar el contenido de un nutriente entre productos similares o entre diferentes tipos de producto.
- Decidir si consumir un producto es saludable o no. (Sánchez *et al.*, 2018).



Figura 39. Etiquetado frontal de las tostaditas de huauzontle.





Así mismo en la etiqueta se menciona el contenido de antioxidantes, en las tostaditas se obtuvo un valor de 65.9  $\mu\text{mol}$  /g fruto fresco, y se aclara que por su naturaleza el huauzontle y el maíz azul tienen un alto contenido de estos nutrientes. En las tostadas comerciales no se declara algún contenido de antioxidantes a excepción de las tostadas horneadas Salmas de maíz azul se encuentra la leyenda “El maíz azul tiene propiedades antioxidantes”.

La parte posterior de la etiqueta se muestra en la figura 40, en donde se encuentra la declaración nutrimental en la etiqueta de los productos preenvasados que es obligatoria, e independiente de las especificaciones del etiquetado frontal nutrimental. Es obligatorio declarar el contenido energético, la cantidad de proteínas, la cantidad de hidratos de carbono o carbohidratos disponibles, indicando la cantidad correspondiente a azúcares, la cantidad de grasas o lípidos, especificando la cantidad que corresponda a grasa saturada, la cantidad de fibra dietética, la cantidad de sodio, la cantidad de cualquier otro nutrimento acerca del cual se haga una declaración de propiedades, la cantidad de cualquier otro nutrimento que se considere importante.

Información Nutrimental	
Tamaño por porción: 1 pieza (2 g)	
Porciones por envase: 15 aprox.	
Contenido energético: 411 kcal (1719.6 kJ)	
Cantidad por porción	
Proteínas:	0.14 g
Carbohidratos totales:	1.6 g
De los cuales	
Azúcares	0 g
Fibra Dietética:	0.12 g
Grasas (Lípidos):	0.08 g
De los cuales	
Grasa saturada	0 g
Grasa monoinsaturada	0 g
Grasa Poliinsaturada	0 g
Ácidos grasos trans	0 g
Colesterol	0 mg
Sodio	0.01 mg
Vitamina C	50 mg

Hecho en México por: DMR Company S.A. de C.V. Av. Jorge Jiménez Cantú S/N, Cuautitlán Izcalli, Estado de México. CP. 54740

Dudas o comentarios:  
01 800 987 956

atencioncons@dmrcompany.com.mx

Síguenos en nuestras redes sociales

DMR Company @DMR\_company @DMR.company

Ingredientes: Agua, harina de maíz azul, harina de huauzontle, sal.

1 234567 890128

Figura 40. Etiquetado posterior de las tostaditas de huauzontle.





La lista de ingredientes debe ir encabezada o precedida por el término “Ingredientes” y deben enumerarse por orden cuantitativo decreciente. A su vez debe indicarse en la etiqueta el nombre, denominación o razón social y domicilio fiscal del responsable del producto de manera enunciativa mas no limitativa: calle, número, código postal y entidad federativa en que se encuentre. Además se anexan los diferentes medios por los cuales el consumidor puede contactar a la empresa fabricante, por si se llegara a tener alguna inquietud o sugerencia acerca del producto y así, la empresa pueda mejorar la calidad del mismo.

Comparando la información nutrimental de las tostaditas de huauzontle con la que se presenta en las etiquetas de las tostadas comerciales, en cuanto a proteína las tostaditas de huauzontle tuvieron un 7.17% mientras que la tostadas fritas de maíz Mission tienen un 6.66%, las tostadas Mission horneadas 8.3% y las tostadas horneadas Salmas de maíz, Salmas de maíz azul y Salmas con nopal tuvieron un 16.6%.

En cuanto a carbohidratos totales se obtuvo un 80% en las tostaditas de huauzontle mientras que la tostadas fritas de maíz Mission reportan un 55.5%, las tostadas Mission horneadas un 66.6% y las tostadas horneadas Salmas de maíz, Salmas de maíz azul y Salmas con nopal tuvieron un 83.3% valor similar al obtenido en las tostaditas de huauzontle.

El porcentaje obtenido de fibra dietética fue de 6.1% para las tostaditas de huauzontle, mientras que la información nutrimental de las tostadas fritas de maíz Mission reporta un 5.5%, en las tostadas Mission horneadas un 4.16% y las tostadas horneadas Salmas de maíz, Salmas de maíz azul y Salmas con nopal 16.6%.

En las tostaditas de huauzontle se reportó aproximadamente 4% de grasa, mientras que en las tostadas comerciales fritas de maíz Mission se reporta un 22.2%, en las tostadas Mission horneadas un 4.16% muy similar obtenido en las tostaditas de huauzontle, mientras que en las tostadas horneadas Salmas de maíz, Salmas de maíz azul y Salmas con nopal se reporta 0% de grasa. En las





tostaditas de huauzontle no se determinó la cantidad de sodio, sin embargo se tomó un intervalo de 0.5 a 0.4% que es lo que se reporta en la información nutrimental de la mayoría de las tostadas comerciales, fritas y horneadas.

Y finalmente en cuanto a vitamina C, en ninguna de las tostadas comerciales se reporta contenido de vitamina C mientras que en las tostaditas de huauzontle se obtuvo un valor de 50 mg de esta vitamina.

---

### **6.7. VIDA DE ANAQUEL**

Un aspecto importante en la industria de alimentos es la vida de anaquel o vida útil del alimento. La vida útil de un producto alimenticio se define como el periodo que corresponde, bajo circunstancias definidas, a una tolerable disminución de su calidad; donde la calidad se define por el grado de concordancia del alimento con las normas establecidas y por la satisfacción del público consumidor. Estudios de vida útil permiten establecer los puntos débiles de un producto al someterlo a determinadas condiciones de almacenamiento, información indispensable para la mejora del producto a través de su reformulación o modificación de su empaque. Indica también que todo producto alimenticio posee un tiempo de vida útil durante su almacenamiento, que se inicia al final de su procesamiento, continua durante la distribución y comercialización de este (Labuza, 1980).

Las pruebas aceleradas consisten en experimentos de almacenamiento a temperaturas relativamente altas, con el fin de predecir, con un cierto margen de certidumbre la vida en anaquel de un alimento procesado en condiciones de transporte, distribución y comercialización (Núñez & Chumbiray, 1990).

Espinoza (1995), reporta que las pruebas aceleradas de vida en anaquel tratan de predecir la vida en anaquel de un alimento bajo condiciones dadas, en un menor tiempo.

Durante su almacenamiento y distribución, los alimentos son expuestos a una gran variedad de condiciones ambientales. Factores tales como la temperatura, la humedad, el oxígeno y la luz pueden desencadenar varios mecanismos de reacción que pueden conducir a la degradación del alimento. Como consecuencia





de estas reacciones los alimentos pueden alterarse causando problemas que los hacen no aptos para el consumo (Giraldo,1999).

Para evaluar la vida de anaquel de un producto es necesario identificar y/o seleccionar las variables cuyos cambios son los que primeros que identifica el consumidor (Brody, 2003), por ejemplo, la rancidez, cambios en el sabor o textura, pérdida de vitamina C y la presencia de microorganismos patógenos.

La vida de anaquel de las tostaditas se estimó evaluando la dureza, humedad, los parámetros sensoriales (color, olor, sabor, textura, aceptabilidad), el contenido de vitamina C y la capacidad antioxidante, los datos obtenidos se graficaron (Anexo 1).

En la tabla 14 se muestran las regresiones lineales en donde se obtuvo el coeficiente de correlación  $R^2$  y se pudo observar que en el parámetro de sabor se obtuvieron los valores de este coeficiente más cercanos a 1, lo que indica que en ese parámetro si hubo un efecto más notorio por la temperatura y por lo tanto ese parámetro se utilizó para evaluar la vida útil.

Como se observa los coeficientes de correlación ( $R^2$ ) tuvieron valores menores a 1 por lo cual se podría decir que el producto conservó sus parámetros de calidad durante los 35 días, sin embargo, en el parámetro de sabor se obtuvieron los valores más cercanos a 1 indicando que los consumidores encontraron diferencias en los parámetros sensoriales lo cual pudiera repercutir en la aceptación del consumidor hacia el producto.



Tabla 14. Coeficientes de correlación ( $R^2$ ) obtenidos durante el estudio de vida de anaquel a tres temperaturas.

Parámetro	Coeficiente de correlación ( $R^2$ )		
	25°C	35°C	45°C
Temperatura			
Dureza	0.2666	0.4015	0.5673
Humedad	0.7305	0.8101	0.8196
Color	0.4713	0.031	0.3307
Olor	0.7191	0.8875	0.9501
Sabor	<b>0.9883</b>	<b>0.9925</b>	<b>0.9877</b>
Textura	0.3564	0.7588	0.5181
Aceptabilidad	0.3084	0.6944	0.852
Vitamina C	0.887	0.7525	0.6476
Capacidad antioxidante	0.5455	0.7195	0.7812

En la figura 41 se muestra la evolución de la aceptabilidad en cuanto a sabor de las tostaditas de huauzontle durante los 35 días que se realizó el estudio de vida de anaquel, así como las ecuaciones que se obtuvieron en la regresión lineal de cada temperatura.

Como se puede observar en el día cero la aceptabilidad del sabor fue de 6 (me gusta) en la escala que se utilizó, conforme fueron pasando los días la aceptabilidad fue disminuyendo conforme pasaban los días llegando hasta valores cercanos 3 (me disgusta ligeramente) en el caso de 25°C, hasta valores cercanos a 1 (me disgusta mucho) en el caso de 35°C y 45°C, los panelistas comentaron que conforme pasaban los días se acentuaba mayormente un sabor amargo, lo cual no era agradable ocasionando que la aceptabilidad en este parámetro fuera menor.





Estadísticamente no se encontró diferencia significativa ( $p > 0.05$ ) en la aceptación del sabor a las temperaturas de 35 y 45°C, pero si hubo diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) con la de 25°C. Se recomendaría estudiar una temperatura mayor para realmente encontrar diferencia y para que así también en parámetro evaluado tenga mayor cambio.

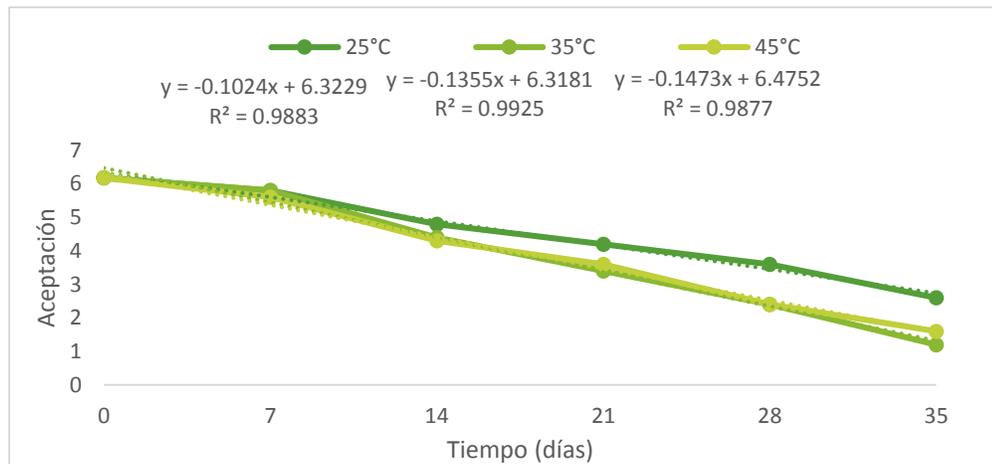


Figura 41. Aceptación del sabor de las tostaditas de huauzontle durante el estudio de vida de anaquel a tres temperaturas.

El sabor amargo de las tostaditas de huauzontle se debió a que en la naturaleza existen diversos alimentos que contienen determinados compuestos que les confieren sabores amargos, lo cual los hace poco atractivos para el consumo en algunos casos, sin embargo, a pesar de no ser grato se compensa con los aportes en términos de salud que dan estos compuestos de sabor desagradable. Los cambios de sabor amargo presentes en los alimentos dependen mucho de las condiciones de almacenamiento (Villegas *et al.*, 2010).

Aunque los productos alimenticios tengan una buena estabilidad física, química o microbiológica, si estos no se tratan en las condiciones que indica el fabricante, es posible que disminuya la vida útil de los productos. Una vez en el hogar, pueden no almacenarse inmediatamente en las condiciones adecuadas (Carrillo & Reyes, 2013).

En el caso de las tostadas según la NOM-187-SSA1/SCFI-2002 el empaque o etiqueta de las tostadas deben tener la leyenda "Consérvese en un lugar fresco y





seco", o una equivalente, debido a que las actividades químicas y enzimáticas doblan su velocidad cada 10°C, y por lo tanto aceleran los procesos de descomposición. Asimismo, encontramos nutrientes especialmente sensibles al calor (algunas vitaminas). La humedad afecta a la textura y facilita el desarrollo de microorganismos, esto puede acortar su vida útil derivado de la producción de metabolitos por parte de los microorganismos que pueden crecer en estas condiciones, ocasionando que el alimento adquiera sabores y aromas desagradables (Carrillo & Reyes, 2013).

La ecuación lineal de cada temperatura se muestra en la tabla 15, de estas ecuaciones se utilizó la pendiente para calcular el logaritmo natural (ln) y posteriormente obtener la figura 42 y así determinar la energía de activación. La energía de activación se refiere a la menor cantidad posible de energía requerida para comenzar una reacción química (Muhye, 2019).

La energía de activación de una reacción química se relaciona estrechamente con su velocidad. Específicamente, mientras mayor sea la energía de activación, más lenta será la reacción química. Esto se debe a que las moléculas solo pueden completar la reacción una vez que han alcanzado la cima de la barrera de la energía de activación (Khan Academy, 2019).

**Tabla 15. Ecuaciones obtenidas de las regresiones lineales para cada temperatura en la evaluación de sabor durante la vida de anaquel.**

Temperatura (°C)	Ecuación
25	Vector = -0.1024 * t + 6.3229
35	Vector = -0.1355* t + 6.3181
45	Vector = -0.1473* t + 6.4752



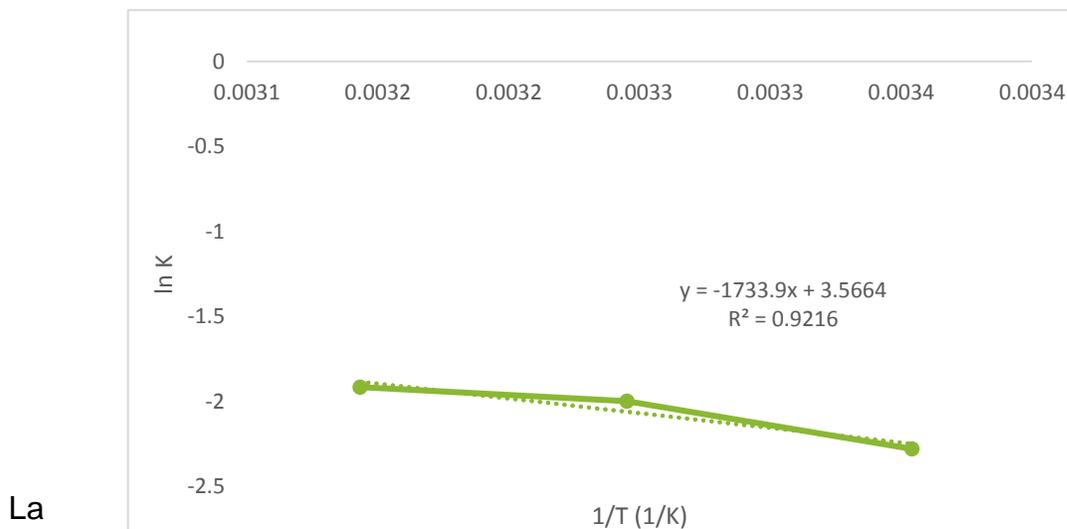


Figura 42. Comportamiento de la aceptabilidad de sabor de tostaditas de huauzontle durante su almacenamiento a tres temperaturas.

energía de activación se calculó como se muestra

$$E_a = m \cdot R = 1733.9 \cdot 8.314 \longrightarrow E_a = 14\,415.64 \text{ J/mol}$$

Posteriormente se determinó el tiempo de vida útil de las tostaditas para cada temperatura obteniendo los resultados mostrados en la tabla 16 y se les calculó su logaritmo.

Tabla 16. Tiempo de vida experimental de las tostaditas de huauzontle almacenadas a tres temperaturas.

Temperatura (°C)	Tiempo de vida útil (días)	Log vida útil
25	52	1.71
35	39	1.59
45	37	1.56

Como se puede observar la vida útil del producto es 13 y 15 días mayor a la temperatura de 25°C, con respecto a las temperaturas de 35 y 45°C, por lo cual se recomendaría mantener el producto a esta temperatura.





Finalmente se determinó la ecuación de la vida útil que podría predecir el tiempo de anaquel a diferentes temperaturas, para ello se utilizaron los logaritmos de vida útil mostrados en la tabla 16 y se graficaron con las temperaturas de estudio (figura 43).

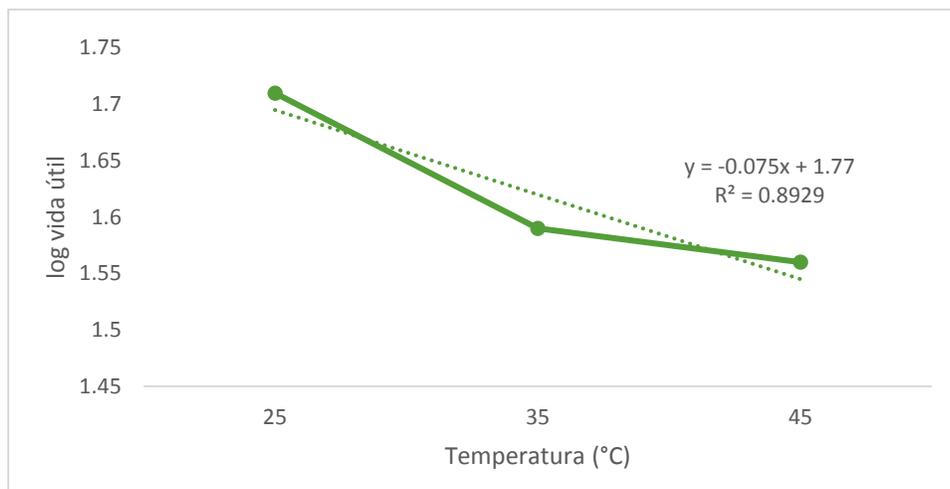


Figura 43. Logaritmo de la vida útil de tostaditas de huauzontle a las diferentes temperaturas de estudio.

De la ecuación lineal de esta figura se pudo presentar la ecuación de predicción de vida útil:

$$Vida\ útil = 10^{(1.77 - 0.075 * T)}$$

Se calculó el valor del factor de aceleración  $Q_{10}$ , es una manera práctica y confiable de predecir el efecto de las variaciones de temperaturas de almacenamiento en un alimento, el cual indica el número de veces que se modifica la velocidad de una reacción de deterioro cuando la temperatura es variada en 10°C. Los investigadores establecen que el modelo  $Q_{10}$  puede ser usado para describir que tan rápida puede ir una reacción, incluyendo las altas temperaturas (Rondón *et al.*, 2004). Se obtuvieron los resultados que se muestran en la tabla 17.



Tabla 17. Factores de aceleración  $Q_{10}$  para cada rango de temperaturas.

Temperaturas (°C)	$Q_{10}$
25-35	1.05
35-45	1

Los resultados anteriores indican que la reacción de deterioro se acelera de 1-1.05 veces por cada 10°C de aumento en la temperatura, o lo que es igual, la vida útil de este producto decrece 1-1.05 veces por cada 10°C de aumento en la temperatura (Guzmán *et al.*, 2016).

En la mayoría de los casos, los microorganismos utilizan nuestros alimentos como fuente de nutrientes para su propio crecimiento, hecho que, naturalmente, puede ocasionar su alteración. Los microorganismos pueden “echar a perder” un alimento porque se multiplican en él, porque utilizan nutrientes, porque producen modificaciones enzimáticas, y porque le comunican sabores desagradables mediante el desdoblamiento de determinadas sustancias o mediante la síntesis de nuevos compuestos (Frazier & Westhoff, 2000).

La aceptabilidad o no de un alimento está definida por la calidad microbiológica que este posee, lo cual depende del cumplimiento de la normatividad sanitaria vigente, de las condiciones y medidas que se tengan durante la producción, almacenamiento, distribución y preparación de los alimentos (CONTROLAB, 2009).

Es necesario reconocer que la cantidad de microorganismos indicadores de calidad no superen los límites establecidos por marco legal para cada tipo de alimento, algunos de los microorganismos indicadores más usados son:

- Coliformes Totales: Indicadores de condiciones de aseo deficientes, o fallas en los procesos de limpieza y desinfección.
- Aerobios mesófilos: Indicadores de contaminación ambiental.





- Mohos y Levaduras: Indicadores de contaminación ambiental. (Roblero & Morales, 2018).

En la tabla 18 se muestran los resultados obtenidos en el análisis microbiológico durante los 35 días de estudio de la vida de anaquel, donde se puede observar que durante todo el estudio no se hubo crecimiento de coliformes, en cuanto a mesófilos aerobios y hongos y levaduras, el conteo no excedió el límite máximo de microorganismos establecido por la NOM-247-SSA1-2008 los cuales se muestran en la tabla 19.

Tabla 18. Análisis microbiológico de tostaditas de huauzontle durante el estudio de vida de anaquel.

Temperatura de vida de anaquel (°C)	25			35			45		
	Coliformes totales (UFC/g)	Mesófilos aerobios (UFC/g)	Hongos y levaduras (UFC/g)	Coliformes totales (UFC/g)	Mesófilos aerobios (UFC/g)	Hongos y levaduras (UFC/g)	Coliformes totales (UFC/g)	Mesófilos aerobios (UFC/g)	Hongos y levaduras (UFC/g)
Tiempo (Días)									
0	<10	11x10 <sup>2</sup>	17x10 <sup>1</sup>	<10	11x10 <sup>2</sup>	17x10 <sup>1</sup>	<10	11x10 <sup>2</sup>	17x10 <sup>1</sup>
7	<10	3x10 <sup>3</sup>	24x10 <sup>1</sup>	<10	9x10 <sup>2</sup>	14x10 <sup>1</sup>	<10	2x10 <sup>3</sup>	27x10 <sup>1</sup>
14	<10	3x10 <sup>3</sup>	28x10 <sup>1</sup>	<10	23x10 <sup>2</sup>	16x10 <sup>1</sup>	<10	24x10 <sup>2</sup>	2x10 <sup>1</sup>
21	<10	4x10 <sup>3</sup>	25x10 <sup>1</sup>	<10	11x10 <sup>2</sup>	29x10 <sup>1</sup>	<10	32x10 <sup>2</sup>	13x10 <sup>1</sup>
28	<10	19x10 <sup>2</sup>	16x10 <sup>1</sup>	<10	3x10 <sup>3</sup>	28x10 <sup>1</sup>	<10	56x10 <sup>2</sup>	24x10 <sup>1</sup>
35	<10	16x10 <sup>2</sup>	13x10 <sup>1</sup>	<10	4x10 <sup>3</sup>	28x10 <sup>1</sup>	<10	65x10 <sup>2</sup>	25x10 <sup>1</sup>

Tabla 19. Límite máximo permitido de microorganismos en productos hechos a base de cereales.

Especificación	Límite máximo permitido (UFC/g)
Mesófilos aerobios	10 000
Hongos	300
Coliformes totales	<30

Fuente: NOM-247-SSA1-2008





La mayoría de los coliformes pueden encontrarse en la flora normal del tracto digestivo del hombre o animales, por lo cual son expulsados especialmente en las heces, por ejemplo, *Escherichia coli*. Por esta razón, su presencia constante en la materia fecal, los coliformes son el grupo más ampliamente utilizado en la microbiología de alimentos como indicador de prácticas higiénicas inadecuadas. Como los coliformes también pueden vivir en otros ambientes, se distingue entre coliformes totales y coliformes fecales. El uso de los coliformes como indicador sanitario puede aplicarse para la detección de prácticas sanitarias deficientes en el manejo y en la fabricación de los alimentos, la evaluación de la calidad microbiológica de un producto, aunque su presencia no necesariamente implica un riesgo sanitario, cuando los coliformes son de origen no fecal, evaluación de la eficiencia de prácticas sanitarias e higiénicas en el equipo y la calidad sanitaria del hielo y los distintos tipos de agua utilizados en las diferentes áreas del procesamiento de alimentos (Camacho *et al.*, 2009).

Como se mencionó anteriormente en el estudio de vida de anaquel de las tostaditas de huauzontle no se excedieron los límites permitidos, ya que no hubo presencia de coliformes totales y la norma permite <30 UFC/g, por lo que se puede decir que durante el procesamiento de las tostaditas de huauzontle se realizaron prácticas higiénicas adecuadas lo que permite que el producto sea apto para su consumo.

En cuanto a mesófilos aerobios el mayor número de UFC de mesófilos se obtuvo en el día 35 a 45°C que fue de 6500 UFC/g, aun así, sin exceder el límite permitido por la norma. En este grupo se incluyen todos los microorganismos, capaces de desarrollar en presencia de oxígeno a una temperatura comprendida entre 20°C y 45°C con una óptima entre 30°C y 40°C. En este recuento se estima la microflora total sin especificar tipos de microorganismos, refleja la calidad sanitaria de un alimento, las condiciones de manipulación y las condiciones higiénicas de la materia prima (Campuzano *et al.*, 2015). A pesar de que hubo presencia de mesófilos aerobios durante el estudio de vida de anaquel no se





excedió el número de UFC que permite la norma por lo cual se puede deducir que el producto es apto para su consumo.

Los hongos y las levaduras se encuentran ampliamente distribuidos en el ambiente, pueden encontrarse como flora normal de un alimento, o como contaminantes en equipos mal sanitizados. Debido a su crecimiento lento y a su baja competitividad, los hongos y levaduras se manifiestan en los alimentos donde el crecimiento bacteriano es menos favorable. Estas condiciones pueden ser bajos niveles de pH, baja humedad, alto contenido en sales o carbohidratos, baja temperatura de almacenamiento, la presencia de antibióticos, o la exposición del alimento a la irradiación. Pueden también causar malos olores y sabores y la decoloración de las superficies de alimentos. La mayoría de los mohos necesitan menor cantidad de humedad disponible. Un porcentaje total de humedad por debajo del 14 al 15 por ciento en la harina o en algunos frutos secos impedirá o retardará mucho el crecimiento de los mohos. Son capaces de crecer bien a temperaturas normales. La temperatura óptima de la mayoría se encuentra alrededor de los 25 a 30°C (Camacho *et al.*,2009). En cuanto a hongos y levaduras la mayor cantidad de UFC se obtuvo en el día 21 a 35°C que fue de 290 UFC/g sin exceder el límite permitido por la norma.

Como se pudo observar en la tabla 18 y con lo explicado anteriormente, aunque si hubo presencia de mesófilos y hongos y levaduras, estos no excedieron el límite permitido por la norma y no hubo presencia de coliformes totales por lo que se puede deducir que las tostaditas de huauzontle son microbiológicamente aptas para su consumo durante 35 días a las tres diferentes temperaturas del estudio, sin embargo se recomendaría mantenerlas a temperatura ambiente (25°C), debido a que los mayores valores de mesófilos y hongos y levaduras se obtuvieron a las temperaturas de 35° y 45°C, las cuales son las más aptas para el crecimiento de estos microorganismos.





## 7. CONCLUSIONES

Con base en los resultados anteriores, se concluye lo siguiente:

- \* Las harinas de huauzontle obtenidas de las semillas y no las de tallo tuvieron propiedades funcionales (capacidad de absorción de agua, capacidad de hinchamiento) similares a las de las harinas de maíz, por lo cual fueron más aptas para sustituir parcialmente esta harina.
- \* Las masas que tuvieron capacidad de absorción de agua subjetiva, humedad, textura y permitieron obtener una tortilla mejor formada y menos quebradiza fueron las que presentaron un mayor contenido de flor (25%tallo-75%semilla).
- \* El método de horneado que tuvo una mayor aceptabilidad por parte de los panelistas y que afectó menos la composición química (Vitamina C, Capacidad Antioxidante) de las tostaditas fue por estufa a 150°C por 10 minutos en comparación con el microondas.
- \* En la prueba sensorial de aceptación con diferentes concentraciones de maíz-huauzontle, en cuanto a aspectos importantes como sabor y aceptabilidad la formulación que fue mejor calificada por los panelistas fue la de 85%maíz-15% huauzontle.
- \* Las tostaditas de huauzontle que tuvieron valores más altos en su composición química fueron las elaboradas con maíz azul y no las de maíz blanco, sin embargo, la variedad de maíz no influyó en las propiedades texturales ni en la aceptabilidad de los atributos sensoriales (color, olor, sabor, textura, aceptabilidad) de las tostaditas de huauzontle.





- \* El diseño de la etiqueta del producto se realizó con base en la NOM-051-SCFI/SSA1-2010. Durante el estudio de vida de anaquel el parámetro que resultó más afectado por las condiciones de almacenamiento fue la aceptabilidad del sabor de las tostaditas de huauzontle, la vida útil que se obtuvo fue de 52 días a 25°C, 39 días a 35°C y 37 días a 45°C. De acuerdo a los parámetros microbiológicos el producto terminado no excedió el límite máximo permitido por la NOM- 247-SSA1-2008.





## 8. RECOMENDACIONES

- \* Agregar algún enmascarador de sabor, para poder adicionar un mayor porcentaje de huauzontle y así tener un aumento de los componentes químicos.
- \* Agregar algún mejorador de textura a la masa para poder adicionar un mayor porcentaje de huauzontle que de maíz y se forme bien la tostada.
- \* Evaluar otras propiedades funcionales (capacidad de absorción de aceite, solubilidad proteica, capacidad emulsificante y espumante) de las partículas granuladas de huauzontle para encontrar posibles usos en otros alimentos.
- \* Utilizar otras hortalizas poco consumidas para la elaboración de este producto.
- \* Utilizar otros cereales en combinación con el huauzontle, para el desarrollo de otros posibles productos.





## 9.REFERENCIAS

- ✓ Aguilera G. (2009). Harinas Leguminosas deshidratadas: Caracterización Nutricional y valoración de sus propiedades tecno-funcionales. Universidad Autónoma de Madrid. Facultad de Ciencias Departamento de Química Agrícola. 213-281.
- ✓ Aguilera, M., Reza, M., Chew, R. & Meza, J. (2011). Propiedades funcionales de las antocianinas. Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad de Sonora. XIII (2): 16-22.
- ✓ Allende, L. (2014). Estudio de radiosensibilidad de pseudocereales mediante marcadores moleculares y microscopía electrónica., de Universidad Autónoma del Estado de México.
- ✓ Alvarado, M. (2016). Estudio del proceso de secado de fresa usando horno microondas. Prospectiva, 15 (1), 29-34.
- ✓ Alvírez, A., Gonzáles, B., & Jiménez, Z. (2002). Tendencias en la producción de alimentos: alimentos funcionales. Facultad de Salud Pública y Nutrición. Universidad Autónoma de Nuevo León, México. 3(3):1-6.
- ✓ American Association of Cereal Chemist. (2001). The Definition of Dietary Fiber. 46 (3), AACC Report.
- ✓ Angulo, M. (2017). Tortas de huauzontle que respetan el buen gusto en la mesa. Disponible en [:http://www.2000agro.com.mx/recetas/tortas-de-huauzontle-que-respetan-el-buen-gusto-en-la-mesa-recetas2000agro/](http://www.2000agro.com.mx/recetas/tortas-de-huauzontle-que-respetan-el-buen-gusto-en-la-mesa-recetas2000agro/)
- ✓ Anónimo. (2013). Usos generales de los Cereales. Procesos Tecnológicos de Cereales. Universidad Nacional Autónoma de México. Disponible en: [http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/semillas/index.php?option=com\\_content&view=article&id=42&Itemid=48&limitstart=2](http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/semillas/index.php?option=com_content&view=article&id=42&Itemid=48&limitstart=2)
- ✓ Anónimo. (2017). Las tortillas en El Salvador. Disponible en: <https://elsalvadoreshermoso.com/las-tortillas-en-el-salvador/>
- ✓ Arámbula, G., Yañez, J., Vorobieb, Y., & Gonzalez, J. (2000). Coeficiente efectivo de difusión de agua en masas de maíz nixtamalizado por extrusión. Agrociencia, 34 (6):717-727.
- ✓ Arellano, V., Rojas, M. & Gutiérrez, H. (2013). Híbridos y variedades sintéticas de maíz azul para el Altiplano Central de México: potencial agronómico y estabilidad del rendimiento. Rev. Mex. Cienc. Agríc. 4(7): 999-1011.
- ✓ ASERCA. (2018). Maíz grano cultivo representativo de México. Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios. Disponible en: <https://www.gob.mx/aserca/es/articulos/maiz-grano-cultivo-representativo-de-mexico?idiom=es>





- ✓ Asriazarán, I., Martínez, A. (1999). Alimentos, composición y propiedades. Madrid, España: Mc Graw-Hill.
- ✓ Assad, M., Ramírez, M., Tecante, A. & Chaires, L. (2014). Caracterización reológica, térmica, funcional y fisicoquímica del almidón de semillas de huazontle (*Chenopodium berlandieri* spp. *nuttalliae*). *Agrociencia*. 48(8):789-803.
- ✓ -Association of Official Analytical Chemists. (1975). *Methods of Analysis of Official Analytical Chemist*, Ed. 12 Washington.
- ✓ -Association of Official Analytical Chemists. (1990). *Methods of Analysis of Official Analytical Chemist*, Ed. 15, Washington.
- ✓ -Association of Official Analytical Chemists. (1995). *Methods of Analysis of Official Analytical Chemist*, Ed. 16, Washington.
- ✓ Axiomacero. (2014). Diseño gráfico. Disponible en: <http://www.axiomacero.com/blog/category/disenio-grafico/page/2/>
- ✓ Barberá, J. & Marcos, A. (2007). Alimentos funcionales. Aproximación a una nueva alimentación. Instituto de Nutrición y Trastornos Alimentarios. Madrid, España.
- ✓ Barrón, M., Colinas, M., García, M. & Villanueva, C. (2009). Valor nutricional y contenido de saponinas en germinados de huazontle (*Chenopodium nuttalliae* Saff.), calabacita (*Cucurbita pepo* L.), canola (*Brassica napus* L.) y amaranto (*Amaranthus leucocarpus* S. Watson syn. *hypoch*). *Revista Chapingo. Serie horticultura*. 15(3):319-328
- ✓ Bazile, D. (2014). Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013. FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia), 724 páginas.
- ✓ Bello, L., Osorio, P., Agama, E., Núñez, C. & Paredes, O. (2002). Propiedades químicas, fisicoquímicas y reológicas de masas y harinas de maíz nixtamalizado. *Agrociencia*. 36(3):319-328.
- ✓ Benavente, R. (2014). Así es como funciona un microondas. *El Confidencial*. Tecnología. Disponible en: [https://www.elconfidencial.com/tecnologia/2014-04-14/asi-es-como-funciona-un-microondas\\_114875/](https://www.elconfidencial.com/tecnologia/2014-04-14/asi-es-como-funciona-un-microondas_114875/)
- ✓ Brody, A. (2003). Predicting Packaged Food Shelf Life. *Food Technology*. C.V.
- ✓ Camacho, A., Giles, M., Ortegón, A., Palao, M., Serrano, B., & Velázquez, O. (2009). Técnicas para el Análisis Microbiológico de Alimentos. 2ª ed. Facultad de Química, UNAM. México.
- ✓ Campuzano, S., Mejía, D., Madero, C. & Pabón, P. (2015). Determinación de la calidad microbiológica y sanitaria de alimentos preparados vendidos en la vía pública de la Ciudad de Bogotá D.C.
- ✓ Carrillo, M. & Reyes, A. (2013). Vida útil de los alimentos. *Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias*. 2,(3).





- ✓ Castañeda, A. (2011). Propiedades nutricionales y antioxidantes de del maíz azul (*Zea Mays L.*). Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos 5-2(2011); 75-83.
- ✓ Cheeke, P. (2000). Glycosides. Toxicants of Plant Origin. Ed. CRC Press pp. 98-140. Boca Raton, Florida. USA.
- ✓ CIBIOGEM. (2014). Maíz. Disponible en <https://www.conacyt.gob.mx/cibiogem/index.php/maiz>
- ✓ Cocina casera. (2019). Tostadas mexicanas fritas. Receta mexicana clásica. Disponible en: <https://cocina-casera.com/mx/tostadas-mexicanas-fritas-receta-mexicana-clasica/>
- ✓ CONABIO (2009). Zea mays. Sistema de Información de Organismos Vivos Modificados (SIOVM) Proyecto GEF CIBIOGEM de Bioseguridad.
- ✓ CONTROLAB. (2009). Calidad Microbiológica. Disponible en: <http://www.calidadmicrobiologica.com.co/analisis-microbiologico/analisis-microbiologicode-alimentos>.
- ✓ Coronado, M., Vega, S., Rey, L., Vázquez, M. & Radilla, C. (2015). Antioxidantes: perspectiva actual para la salud humana. Rev. Chilena de Nutrición. 42(2): 206-212.
- ✓ Del Pozo-Insfran D., Brenes, C., Serna, S. & Talcott, S. (2006). Polyphenolic and antioxidant content of white and blue corn (*Zea mays L.*) products. Food Res. Int. 39:696-703.
- ✓ Doebley, J. & Iltis, H. (1980). Taxonomy of Zea (Gramineae). I. A subgeneric classification with key to taxa. Amer. J. Bot. 67(6): 982-993.
- ✓ Eastwood, M. (1992). The physiological effect of dietary fiber: An update. Annual Review of Nutrition 12: 19-35.
- ✓ Espinoza, E. (1995) —Determinación de la vida en anaquel de wafers. Mediante pruebas aceleradas. Universidad Agraria la Molina. Lima-Perú.
- ✓ Facultad de Química UNAM. (2007). Fundamentos y técnicas de análisis de alimentos. Laboratorio de Alimentos. Universidad Nacional Autónoma de México.
- ✓ FAO. (2019). Etiquetado de alimentos. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Disponible en: <http://www.fao.org/food-labelling/es/>
- ✓ FAO-PRODAR. (2014). Ficha técnica. Procesados de cereales. Food and Agriculture Organization. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-au166s.pdf>
- ✓ Fennema, O. (2010). Química de los alimentos. Tercera edición. Editorial Acribia.
- ✓ Flores, R., Martínez, F., Salinas, & Rios, E. (2002). Caracterización de harinas comerciales de maíz nixtamalizado. Agrociencia 36: 557-567.
- ✓ Frazier W. & Westhoff D. (2000). Microbiología de los alimentos. Zaragoza, España: Acribia, S.A, 2000. ISBN 50080.





- ✓ Galvez, F., & Resurreccion, A. (1992) Reliability of the focus group technique in determining the quality characteristics of navy bean noodles. *J. Sensory Study* 4(7), 316-326.
- ✓ García, C. & Molina, M. (2008). Estimación de la vida útil de una mayonesa mediante pruebas aceleradas. *Ingeniería* 18 (1, 2): 57-64.
- ✓ García, C., Dussán, S. y Gutierrez, N. (2012). Uso de horno microondas en la determinación de contenido de humedad: yuca, ñame y plátano. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. 10 (1):60 - 66.
- ✓ García, E., Tellez, D., Sánchez, L., Alamilla, L., Hernández, H., & Gutiérrez, G. (2016). Multifractal breakage pattern of tortilla chips as related to moisture content. *Journal of Food Engineering*, 168, 96-104.
- ✓ Gil, A. (2010). *Tratado de nutrición. Composición y calidad nutritiva de los alimentos*. Segunda edición. Editorial Médica Panamericana. Madrid, España.
- ✓ Giraldo, G. (1999). *Métodos de estudio de vida de anaquel de los alimentos*. Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales. Facultad de Ciencias y Administración.
- ✓ González, V., Rodeiro, C., Sanmartín, C. & Vila, S. (2014). Introducción al análisis sensorial. Estudio hedónico del pan en el IES Mugaros. IV Concurso Incubadora de Sondaxes e Experimentos.
- ✓ Gutiérrez, A., Ledesma, L., García, I. & Grajales, O. (2007). Capacidad antioxidante total en alimentos convencionales y regionales de Chiapas, México. *Rev Cubana Salud Pública*. 33(1):1-7.
- ✓ Guzmán, L., Martínez, D., Martínez, D., Acevedo, D., & Montero, P. (2016). Estudio de la vida útil de jamón de cerdo mediante pruebas aceleradas. *Interciencia*, 41,7):488-491.
- ✓ INCAP. (2012). *Tabla de Composición de los alimentos de Centroamérica*. Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá. Segunda edición.
- ✓ Inforural. (2017). ¿Qué es mejor: el maíz blanco o el amarillo? Disponible en: <https://www.inforural.com.mx/que-es-mejor-el-maiz-blanco-o-el-amarillo/>
- ✓ Iris, (2014). De dónde saco proteína extra. Disponible en: <http://recetasveggie.com/de-donde-saco-proteina-extra/>
- ✓ Jiang, Q., W. Gao, X. Li, Y. Xia, H. Wang, S. Wu, L. Huang, C. Liu, & P. Xiao. 2012. Characterizations of starches isolated from five different *Dioscorea L.* species. *Food Hydrocolloids* 29: 35-41.
- ✓ Khan Academy. (2019). Energía de activación. Energía de activación, estado de transición y velocidad de reacción. Disponible en: <https://es.khanacademy.org/science/biology/energy-and-enzymes/introduction-to-enzymes/a/activation-energy>
- ✓ Labuza, T. (1980). *Sorption phenomena in food*. Food Technology. USA
- ✓ López, Y. (2013). Evaluación de las propiedades fisicoquímicas, texturales y reológicas de masas de maíz nixtamalizado con agua y sólidos





- suspendidos de nejayote. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México.
- ✓ López. (2014). Manual de textura. Universidad Nacional Autónoma de México.
  - ✓ Martínez, D. & Nieves, C. (2016). Tostaditas funcionales horneadas (tipo nacho) de harina compuesta de maíz y huauzontle. Universidad Nacional Autónoma de México.
  - ✓ Martínez, O. & Martínez, E. (2006). Proteínas y péptidos en nutrición enteral. Nutr. Hosp. 21 (Supl. 2) 1-14. Departamento de Bioquímica y Biología Molecular. Facultad de Farmacia. Universidad de Granada. Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos. Universidad de Granada.
  - ✓ Mesa, A. (2009). Actividad antioxidante y contenido de fenoles totales de algunas especies del género *Calophyllum*. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín.
  - ✓ Mission. (2019). Mission® Tostadas de Maíz Tradicionales. Disponible en: <http://www.missionfoods.com.mx/es/productos/tostadas/tostadas-fritas/mission%C2%AE-tostadas-de-ma%C3%ADz-tradicionales-180g.aspx>
  - ✓ Molina, M. (2016). Texturometría Instrumental: Puesta a punto y aplicación a la tecnología de alimentos. Instituto tecnológico Superior de Apatzingán.
  - ✓ Muhye, A., (2019). Energía de Activación Química: En Qué Consiste, Cálculo. Lifeder. Disponible en: <https://www.lifeder.com/energia-activacion-quimica/>.
  - ✓ Muñoz, M. (2010). Composición de alimentos. Valor nutritivo de los alimentos de mayor consumo. Segunda edición. México: Mc Graw Hill.
  - ✓ Nieto, C. (2014). Técnicas de cocción: sabor, color, textura y nutrientes a buen recaudo. Farmacia profesional.28,(4):15-19.
  - ✓ NMX-FF-014-1982.Dirección General de Normas. Productos alimenticios no industrializados para uso humano. fruta fresca. determinación de la resistencia a la penetración.
  - ✓ Nollet, L. (1996). Handbook of food analysis. M. Dekker, New York.
  - ✓ NOM-051-SCFI/SSA1-2010. Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados- Información comercial y sanitaria.
  - ✓ NOM-092-SSA1-1994, bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa.
  - ✓ NOM-110-SSA1-1994. Bienes y servicios. Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico.
  - ✓ NOM-111-SSA1-1994, bienes y servicios. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos.
  - ✓ NOM-113-SSA1-1994. Bienes y servicios. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa.





- ✓ NOM-187-SSA1/SCFI-2002, Productos y servicios. Masa, tortillas, tostadas y harinas preparadas para su elaboración y establecimientos donde se procesan. Especificaciones sanitarias. Información comercial. Métodos de prueba.
- ✓ 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.
- ✓ Notimex. (2018). Huauzontle, planta nutritiva y poco valorada. Capital. Disponible en: <http://www.capitalhidalgo.com.mx/especial/huauzontle-planta-nutritiva-y-poco-valorada/>
- ✓ Núñez, C. Y Chumbiray, M. (1990). Determinación de vida en anaquel de productos alimenticios procesados mediante pruebas aceleradas (ASLT). Universidad de Lima. Lima-Perú.
- ✓ Obregón, M. (2014). Formulación de una tostada de maíz fortificada con hierro y zinc dirigida a la población escolar del departamento de Suchitepéquez, Guatemala. Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad Rafael Landívar.
- ✓ Office of Dietary Supplements. (2016). Datos sobre la vitamina C. National Institutes of Health.
- ✓ ON24 / SIN MORDAZA. (2018). Eventos tecnológicos para el desarrollo del maíz. Disponible en: <https://www.sinmordaza.com/noticia/487462-eventos-tecnologicos-para-el-desarrollo-del-maiz.html#>
- ✓ Oriflame. (2019). Información del lote del producto. Oriflame Cosmetics Global S.A. Disponible en: <https://mx.oriflame.com/customer-service/claims-returns/about-batch-codes>
- ✓ Pearson. D. (1993). Técnicas de laboratorio para el análisis de alimentos; Acribia, S.A. Zaragoza (España).
- ✓ Porras, J., Díaz, D. & Pérez, N. (2016). influencia de incorporación de brócoli (*Brassica oleracea l.*) en la textura y absorción de agua de tostadas de maíz azul (*Zea mays L.*).
- ✓ Ramírez, J. (2012). Análisis sensorial: pruebas orientadas al consumidor. Universidad del Valle. Cali – Colombia.
- ✓ Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pan-Nala, A., Yang, M & Rice-Evans, C. (1996). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free Radic. Biol. Med., 26, 9/10, 1231-1237.
- ✓ Rioja, I. (2018). Informe anual de México 2018. Industria Alimentaria. Disponible en: <https://www.industriaalimenticia.com/articles/89355-informe-anual-de-m%C3%A9xico-2018>
- ✓ Rivera, C. (2016). Influencia del tipo de harinas o masa de maíz, en las propiedades físicas y texturales de masa para tamal y tamal. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México.





- ✓ Rivera, M. (2006). Obtención, caracterización estructural y determinación de las propiedades funcionales de un aislado proteico de quinua orgánica (*Chenopodium quinoa*). Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. Universidad de Chile.
- ✓ Robertson, G., Monredon, P. Dysseler, F. Guillon, Amado, R & Thibault, F. (2000). Hydration properties of dietary fiber and resistant starch: a European collaborative study. *Lebensmittel Wissenschaft and Technologie* 33: 72-79.
- ✓ Roblero, A. & Morales, D. (2018). Vida de anaquel de tostadas artesanales elaboradas en los altos de Chiapas. Tesis de licenciatura. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Facultad de Ciencias de la Nutrición y Alimentos.
- ✓ Rodríguez, E., Fernández, A. y Ayala, A. (2005). Reología y textura de masas: aplicaciones en trigo y maíz. *Revista ingeniería e investigación*. 57; 72 – 78.
- ✓ Rojas, J. (2002). Parámetros fisicoquímicos y sensoriales que el molinero debe considerar para obtener masas de maíz adecuadas para la elaboración de tortillas. Universidad Nacional Autónoma de México.
- ✓ Rondon, E., Pacheco, E. & Ortega, F. (2004). Estimación de la vida útil de un análogo comercial de mayonesa utilizando el factor de aceleración Q10. *Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela*, 4(21), 68-83.
- ✓ Rosenthal, A. (2001). *Textura de los alimentos: Medida y percepción*. Ed. Acribia, S.A., Zaragoza, España.
- ✓ SADER Puebla. (2016). Huauzontle, de hortaliza a pseudo cereal. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Disponible en: <https://www.gob.mx/sader%7Cpuebla/articulos/huauzontle-de-hortaliza-a-seudo-cereal>
- ✓ SAGARPA (2017). *Planeación Agrícola Nacional 2017-2030. Maíz grano blanco y amarillo mexicano*, Ciudad de México.
- ✓ Sánchez, K., Balderas, N., Munguía, A. & Barqueria, S. (2018). *El etiquetado de alimentos y bebidas: la experiencia en México*. Instituto Nacional de Salud Pública.
- ✓ SIAP. (2018). El huauzontle, de Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Disponible en: <https://www.gob.mx/siap/articulos/el-huauzontleplanta-prehispanica-de-importancia-religiosa-y-alimenticia?idiom=es>
- ✓ Solano, R. (2002). Propiedades texturales de la masa y la tortilla elaboradas con harina de maíz nixtamalizado, efecto de la humedad de la masa. Universidad Nacional Autónoma de México.
- ✓ Suaterna, A. (2009). La fritura de los alimentos: el aceite de fritura. *Perspectivas en nutrición humana*. ISSN 0124-4108.11(1):39-53
- ✓ Timberlake, F. (2009). Anthocyanins occurrence, extraction and chemistry. *Food Chemistry*. 120:69-80.





- ✓ Torres, E. (2009). En el mundo de los snacks. Industria Alimenticia. Disponible en: <https://www.industriaalimenticia.com/articulos/83159-en-el-mundo-de-los-snacks>
- ✓ Torres, I. (2016). Comprueban efectos benéficos del maíz azul sobre los del blanco. La Crónica Diaria S.A. de C.V.
- ✓ Unizar. (2018). Determinación de humedad en alimentos. Planta Piloto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Universidad Zaragoza.
- ✓ USDA. (2013). Los Hornos de Microondas y la Inocuidad Alimentaria. United States Department of Agriculture. Food Safety and Inspection Service.
- ✓ USDA. (2019). Fechado de Productos Alimenticios. United States Department of Agriculture. Food Safety and Inspection Service. Disponible en: <https://www.fsis.usda.gov/wps/portal/informational/enespanol/hojasinformativas/etiquetado-de-alimentos/fechas-en-productos/fechas-productos-alimentos>
- ✓ USDA. (2019). Food Data Central. Agriculture Research Service. United States Department of Agriculture. Disponible en: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/>
- ✓ Valadés, J. (2017). El huauzontle, un gran alimento olvidado. About Español. Disponible en: <https://www.aboutespanol.com/el-huauzontle-un-gran-alimento-olvidado-3881261>
- ✓ Valencia, E. & Román, M. (2006). Caracterización fisicoquímica y funcional de tres concentrados comerciales de fibra dietaria. Vitae, Revista de la Facultad de Química Farmacéutica.13(2):54-60.
- ✓ Villegas, X., Ruíz, H. & Bárcenas, M. (2010). Tecnologías de enmascaramiento de sabor amargo en alimentos. Temas Selectos de Alimentos 4(1): 27-36.
- ✓ Wang, J. y Mazza, G. (2002). Inhibitory effect of anthocyanins and other phenolic compounds on nitric oxide production. Journal of Agricultural and Food Chemistry. (59):5922-5931.
- ✓ Webmaster, E. (2016). Proponen consumo de huauzontle en panquecitos. Disponible en: <http://impulsoinformativo.net/2016/08/17/proponen-consumo-de-huauzontle-en-panquecitos/>





## 10. ANEXOS

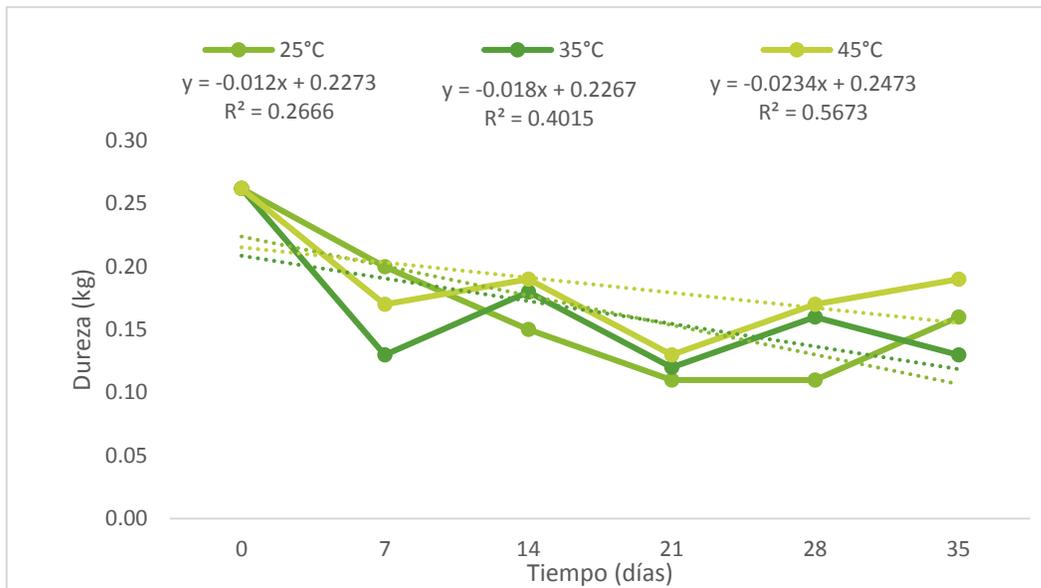


Figura 44. Dureza de las tostaditas de huazontle durante el estudio de vida de anaquel a tres temperaturas.

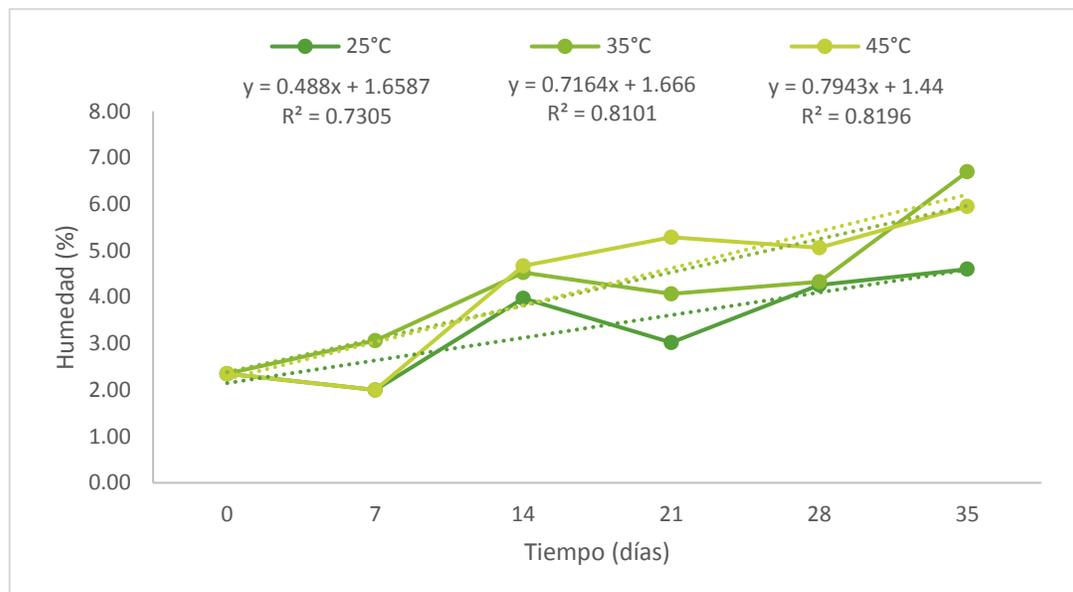


Figura 45. Humedad de las tostaditas de huazontle durante el estudio de vida de anaquel a tres temperaturas.



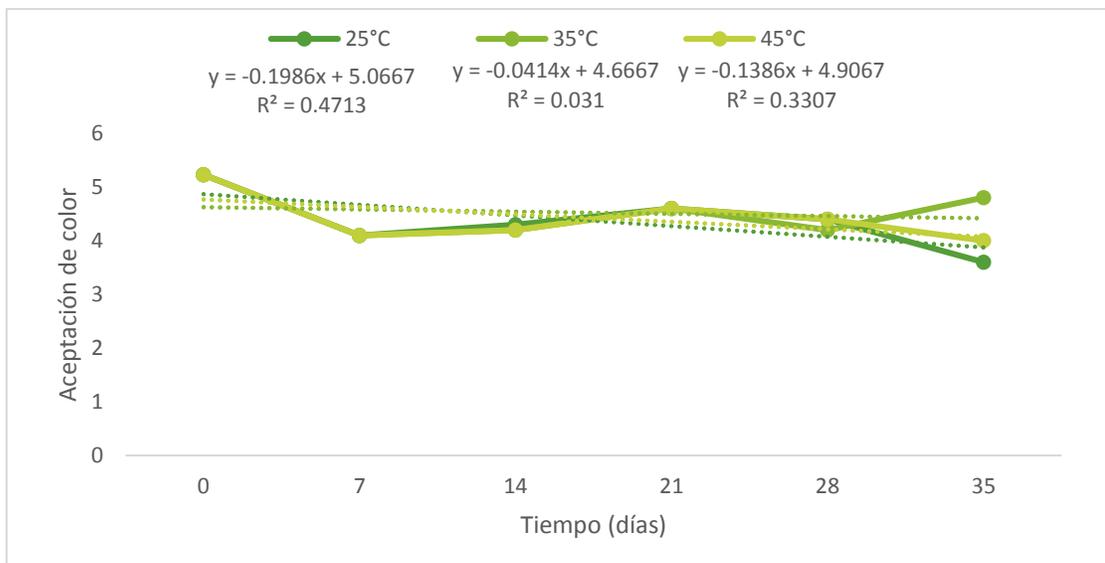


Figura 46. Aceptación del color de las tostaditas de huauzontle durante el estudio de vida de anaquel a tres temperaturas.

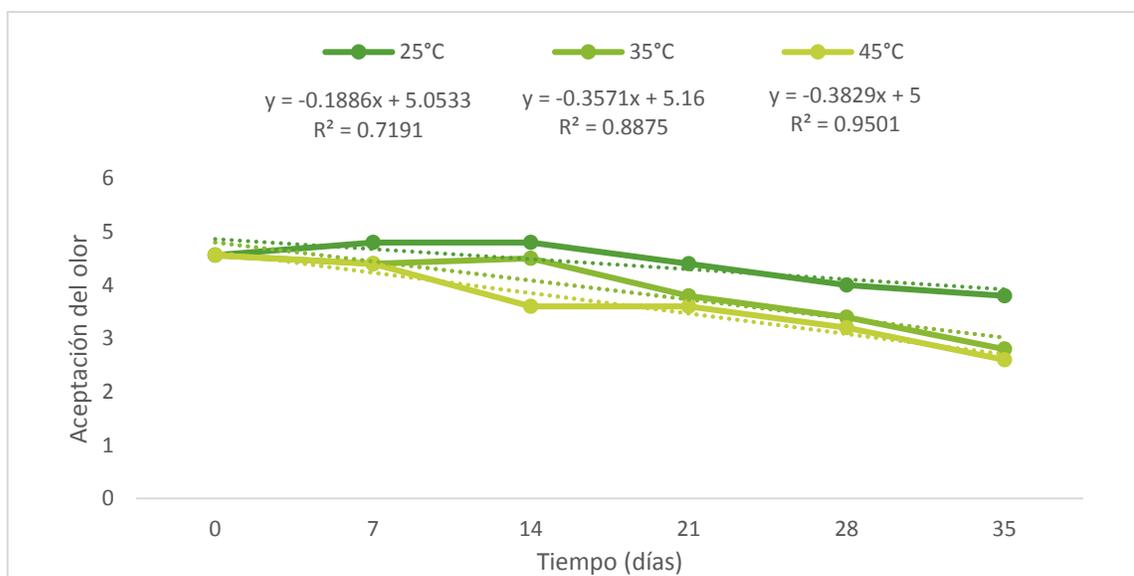


Figura 47. Aceptación del olor de las tostaditas de huauzontle durante el estudio de vida de anaquel a tres temperaturas.



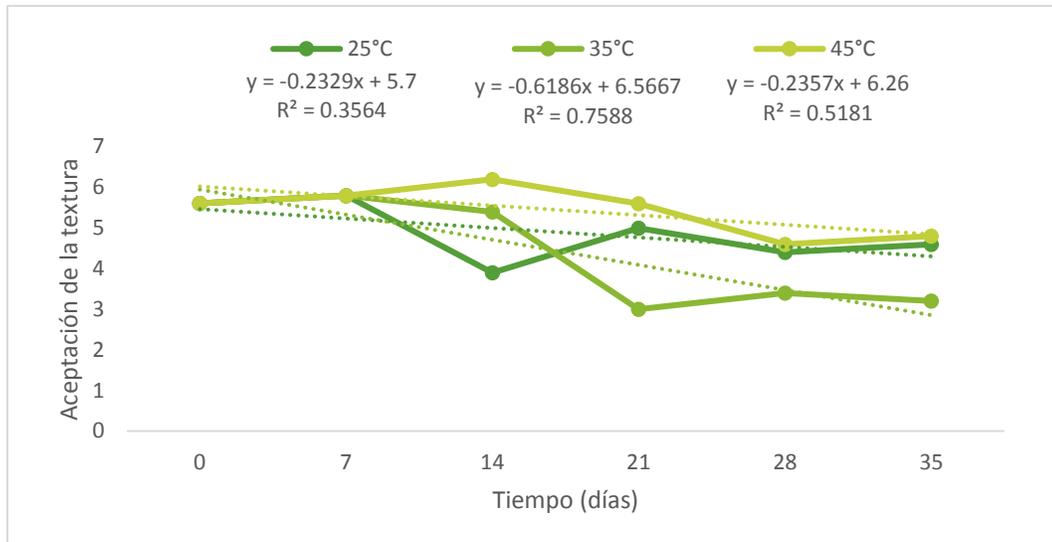


Figura 48. Aceptación de la textura de las tostaditas de huauzontle durante el estudio de vida de anaquel a tres temperaturas.

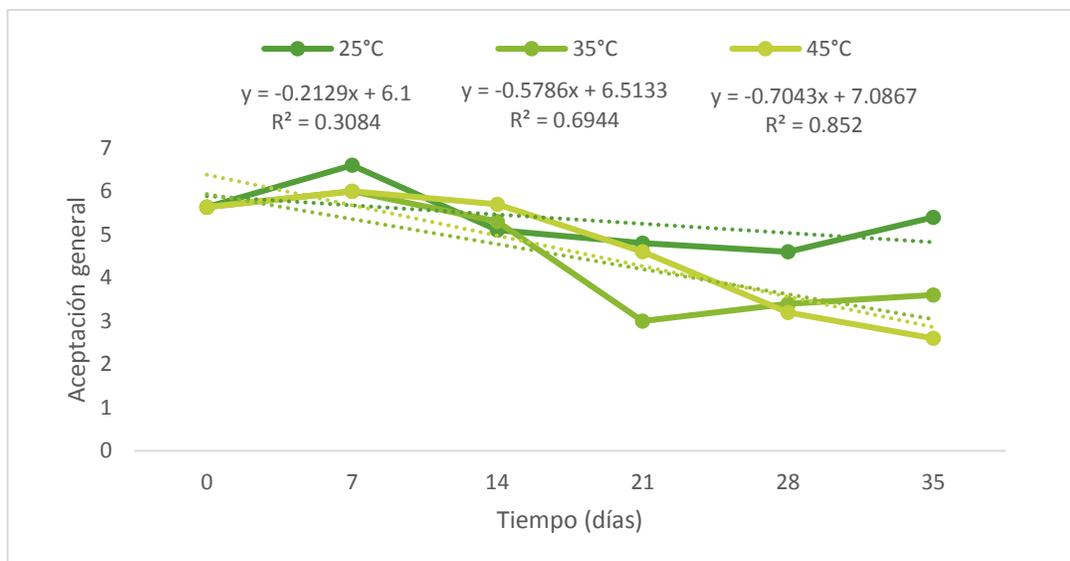


Figura 49. Aceptabilidad general de las tostaditas de huauzontle durante el estudio de vida de anaquel a tres temperaturas.



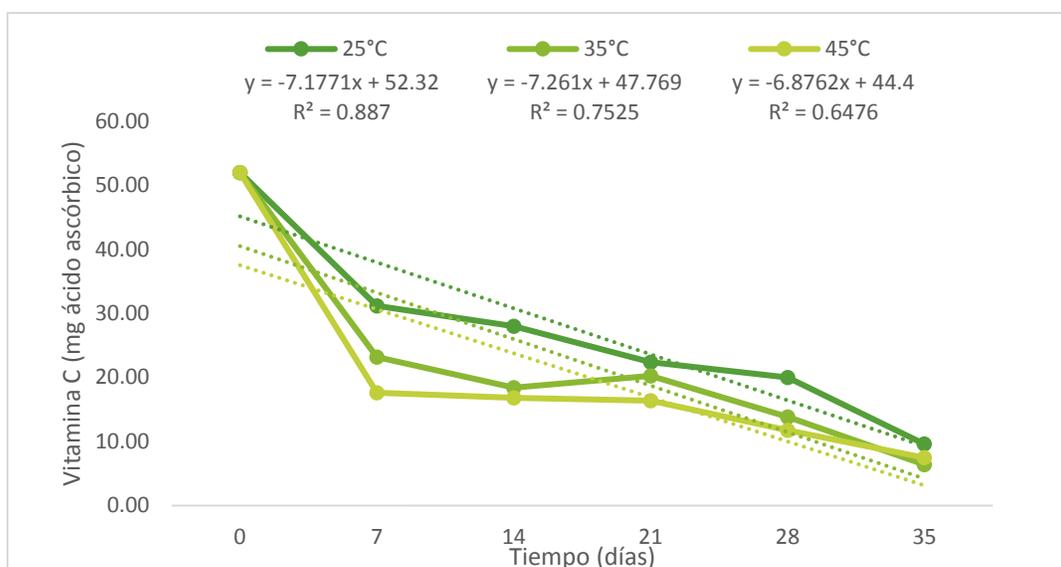


Figura 50. Contenido de vitamina C en las tostaditas de huauzontle durante el estudio de vida de anaquel a tres temperaturas.

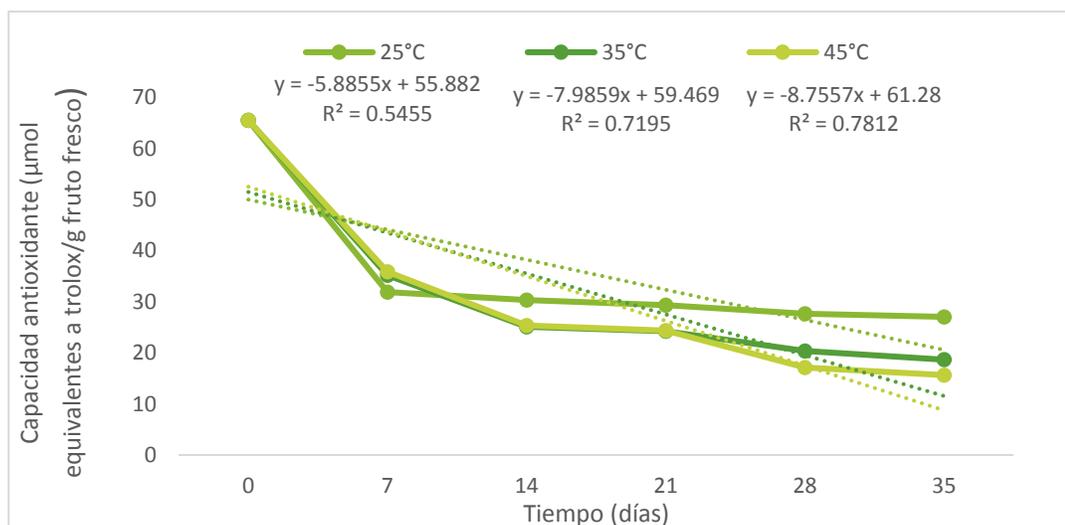


Figura 51. Capacidad antioxidante en las tostaditas de huauzontle durante el estudio de vida de anaquel a tres temperaturas.

