



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLÁN

**Elaboración de un dulce tradicional “muégano”
con harinas de trigo y amaranto (*Amaranthus
hypochondriacus*).**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERA EN ALIMENTOS

PRESENTA:

DIANA MONTSERRAT LÓPEZ SÁNCHEZ

ASESOR: Dr. Enrique Martínez Manrique

CO-ASESORA: I.A Verónica Jiménez Vera

Cuautitlán Izcalli, Estado de México, 2021.



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 TITULACIÓN

ASUNTO: VOTO APROBATORIO

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

ATN: LA. LAURA MARGARITA CORTAZAR FIGUEROA
Jefa del Departamento de Titulación
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.

Elaboración de un dulce tradicional muégano con harina de trigo y amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*).

Que presenta la pasante: Diana Montserrat López Sánchez

Con número de cuenta: 415113483 para obtener el título de: Ingeniera 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 18 de Enero de 2021.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	<u>L.B.Q. Saturnino Maya Ramírez</u>	
VOCAL	<u>LA. Miriam Alvarez Velasco</u>	_____
SECRETARIO	<u>Dr. Enrique Martínez Marrique</u>	_____
1er. SUPLENTE	<u>LA. Alberto Solís Díaz</u>	_____
2da. SUPLENTE	<u>L.Q. Daniel Mauricio Vicuña Gómez</u>	_____

NOTA: los miembros suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional.

LARCJ/jag



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
SECRETARÍA GENERAL
DEPARTAMENTO DE TITULACIÓN**

ASUNTO: VOTO APROBATORIO

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

**ATN: LA. LAURA MARGARITA CORTAZAR FIGUEROA
Jefa del Departamento de Titulación
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.**

Elaboración de un dulce tradicional muégano con harina de trigo y amaranto (Amaranthus hypochondriacus).

Que presenta la pasante: **Diana Montserrat López Sánchez**

Con número de cuenta: **415113483** para obtener el título de: **Ingeniera 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 18 de Enero de 2021.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	<u>LB.Q. Saturnino Maya Ramírez</u>	_____
VOCAL	<u>LA. Miriam Alvarez Velasco</u>	
SECRETARIO	<u>Dr. Enrique Martínez Matrique</u>	_____
1er. SUPLENTE	<u>LA. Alberto Solís Díaz</u>	_____
2do. SUPLENTE	<u>LQ. Daniel Mauricio Vicuña Gómez</u>	_____

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
SECRETARÍA GENERAL
DEPARTAMENTO DE TITULACIÓN

ASUNTO: VOTO APROBATORIO

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

ATN: LA. LAURA MARGARITA CORTAZAR FIGUEROA
Jefa del Departamento de Titulación
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.**

Elaboración de un dulce tradicional muégano con harina de trigo y amaranto (Amaranthus hypochondriacus).

Que presenta la pasante: **Diana Montserrat López Sánchez**

Con número de cuenta: **415113483** para obtener el título de: **Ingeniera en Alimentos**

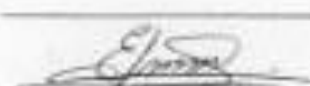
Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el **EXAMEN PROFESIONAL** correspondiente, otorgamos nuestro **VOTO APROBATORIO.**

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 18 de Enero de 2021.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	<u>I.B.Q. Saturnino Maya Ramírez</u>	_____
VOCAL	<u>I.A. Miriam Alvarez Velasco</u>	_____
SECRETARIO	<u>Dr. Enrique Martínez Manrique</u>	
1er. SUPLENTE	<u>I.A. Alberto Solís Díaz</u>	_____
2do. SUPLENTE	<u>I.Q. Daniel Mauricio Vicuña Gómez</u>	_____

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
SECRETARÍA GENERAL
DEPARTAMENTO DE TITULACIÓN**

ASUNTO: VOTO APROBATORIO

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

**ATN: LA. LAURA MARGARITA CORTAZAR FIGUEROA
Jefa del Departamento de Titulación
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.**


Elaboración de un dulce tradicional muégano con harina de trigo y amaranto (Amaranthus hypochondriacus).

Que presenta la pasante: **Diana Montserrat López Sánchez**
Con número de cuenta: **415113483** para obtener el título de: **Ingeniera 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 16 de Enero de 2021.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	<u>LB.Q. Saturnino Maya Ramírez</u>	_____
VOCAL	<u>LA. Miriam Alvarez Velasco</u>	_____
SECRETARIO	<u>Dr. Enrique Martínez Manrique</u>	_____
1er. SUPLENTE	<u>LA. Alberto Solís Díaz</u>	
2do. SUPLENTE	<u>LQ. Daniel Mauricio Vicuña Gómez</u>	_____

NOTA: los síndicos suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
SECRETARÍA GENERAL
DEPARTAMENTO DE TITULACIÓN

ASUNTO: VOTO APROBATORIO

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

ATN: LA. LAURA MARGARITA CORTAZAR FIGUEROA
Jefa del Departamento de Titulación
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.**

Elaboración de un dulce tradicional muégano con harina de trigo y amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*).

Que presenta la pasante: Diana Montserrat López Sánchez
Con número de cuenta: 415113483 para obtener el título de: Ingeniera en Alimentos

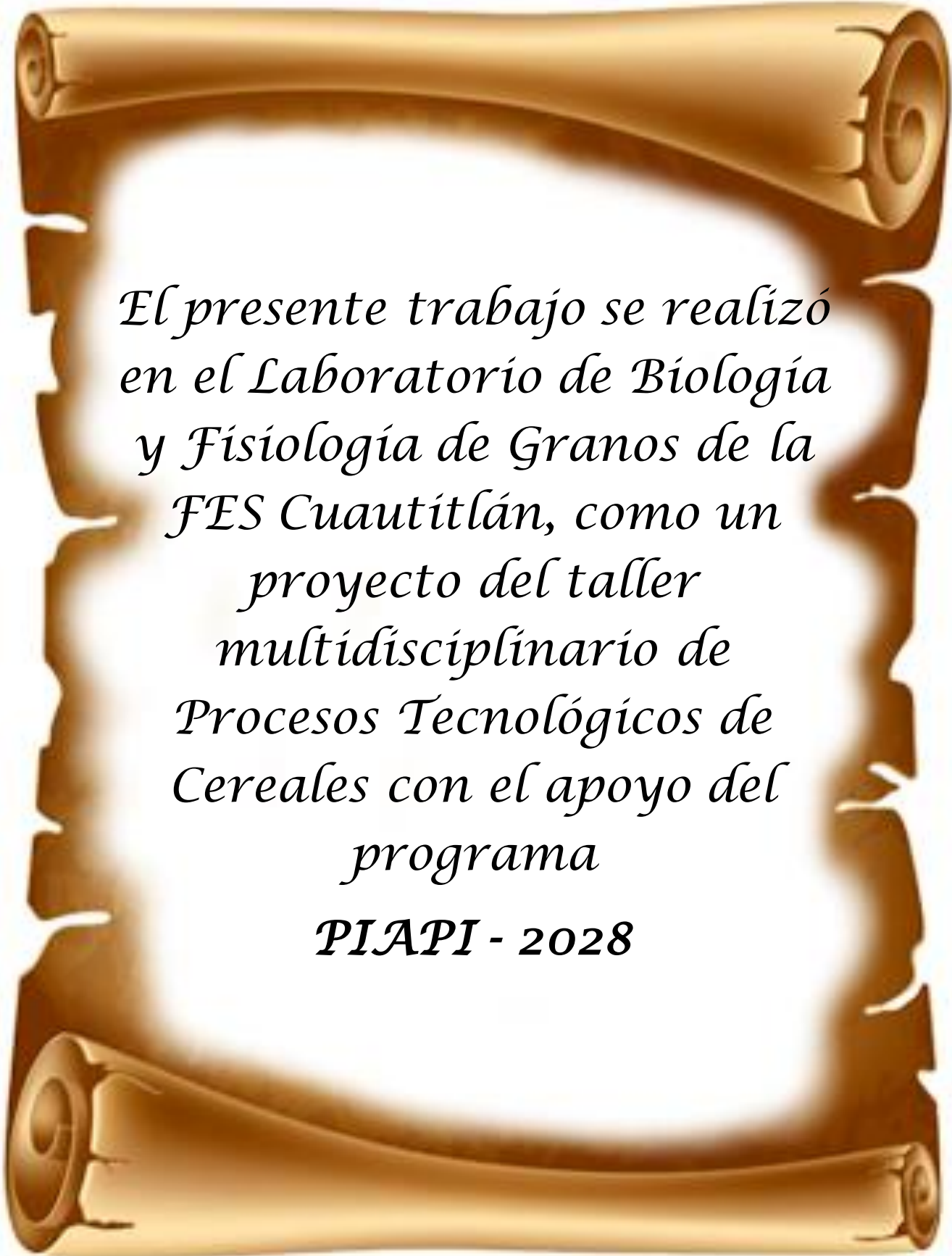
Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro **VOTO APROBATORIO**.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 18 de Enero de 2021.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	<u>LB.Q. Saturnino Maya Ramírez</u>	_____
VOCAL	<u>LA. Miriam Alvarez Velasco</u>	_____
SECRETARIO	<u>Dr. Enrique Martínez Manrique</u>	_____
1er. SUPLENTE	<u>LA. Alberto Solís Díaz</u>	_____
2do. SUPLENTE	<u>LQ. Daniel Mauricio Vicuña Gómez</u>	<u>MJ=hz</u>

NOTA: Los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional.

A scroll with a golden-brown, aged appearance, featuring a central white rectangular area where the text is written. The scroll is partially unrolled at the top and bottom, showing the texture of the paper and the binding. The text is written in a black, elegant serif font.

*El presente trabajo se realizó
en el Laboratorio de Biología
y Fisiología de Granos de la
FES Cuautitlán, como un
proyecto del taller
multidisciplinario de
Procesos Tecnológicos de
Cereales con el apoyo del
programa*

PIAPI - 2028

AGRADECIMIENTOS.

Sin **DIOS** no hubiera podido lograr este sueño, gracias por ayudarme en esta bonita etapa de mi vida, nunca abandonarme y siempre darme tu mano para no darme por vencida, todo esto es por ti hágase tu voluntad

A la **UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**, por abrirme las puertas en la máxima casa de estudios y poder prepararme para ser un buen profesionista.

A mi asesor **Dr. Enrique Martínez Manrique**, por compartir sus conocimientos, brindarme ayuda siempre que lo requerí, por la confianza que tuvo en mi para poder concluir con esta etapa, así también por tomarse el tiempo de revisar mi trabajo, me quedo con las risas, los buenos momentos y la grata convivencia que me regalo.

A mi Co-asesora **I.A Verónica Jiménez Vera**, por siempre tener mucha paciencia para explicar detenidamente, por la ayuda que me brindo durante todo este tiempo, me alegra haberla conocido, gracias por los buenos momentos que me regalo, la extrañare mucho, la quiero.

A mis **Sinodales**, infinitas gracias por tomarse el tiempo para revisar mi proyecto, por la asesoría, y los comentarios para mejorar el aprendizaje.

A mi mamá **Olivia Sánchez Garay**, no tengo palabras para agradecerte todo lo que has hecho por mí, gracias por guiarme siempre en el camino de Dios, por regañarme cuando lo necesite, todo esto va por ti porque eres y serás mi motor para no rendirme en lograr mis sueños, sin ti no lo hubiera logrado, eres una mujer ejemplar que nunca se cae, a pesar de las adversidades, gracias por enseñarme a ser un buen ser humano, a ser fuerte, agradecida, con valores nunca se me olvidara todo lo que más inculcado **TE AMO**.

A mi papá **German López Velázquez**, gracias por creer en mí, y apoyarme siempre en las decisiones que tome, por regalarme la mejor herencia que fue estudiar, me quedo con las cosas buenas que tome de ti, porque nunca me hizo falta nada, por cuidarme y también regañarme, por enseñarme a ser inteligente, amable y por sentirme orgullosa de dónde vengo **TE AMO**.

A mi abuelito **Amos Sánchez contreras**, esto te lo dedico, tu primera ingeniera, gracias por enseñarme a no ser una persona conformista, por ver cosas buenas en mí y enseñarme que el aprendizaje nunca tiene fin, siempre te llevo en mi corazón poniendo en práctica tus consejos, un beso hasta el cielo.

A mi hermano **Juan Carlos**, por ayudarme a lo largo de mi vida, en todos mis estudios, por apoyarme siempre que lo requerí, por siempre preocuparte por mí y cuidarme. Eres mi inspiración para siempre esforzarme en cumplir mis metas, trabajar y ayudar a mis seres queridos con cariño.

A mi hermano **Luis Miguel**, gracias por cuidarme y darme cariño como tu sabes jaja, inclusive regañarme por ser un buen hermano y apoyarme en todo, te quiero.

A mi hermana **Ana Daysi**, por todo tu cariño, gracias por ser una mujer ejemplar para mí, no dejarme sola nunca, por tu confianza, por escucharme y querer siempre lo mejor para mí no tengo palabras para agradecer todo, sin duda eres la mejor hermana que Dios pudo regalarme te quiero.

A mis hermanos **German y Vicente**, porque sé que me quieren tanto como yo a ustedes, por ver cosas buenas en mí, gracias por darme confianza, apoyo y cariño, ustedes son mis guerreros, porque nunca se dieron por vencidos, son un gran ejemplo por luchar día a día, gracias por regalarme experiencias de vida únicas, doy gracias a Dios que sigan presentes, los quiero.

A mis segundos hermanos, **Amin, Marlem, Bere, Jenny y Fran**, agradezco a Dios por hacerlos parte de mi familia, por su apoyo incondicional, su cariño, por estar presentes en cada momento buenos y malo, por todas las risas, no los cambiaría por nada, los quiero mucho.

A mis tías **Amelia y María de los Angeles**, por su cariño, porque siempre me han dado el ejemplo de ser un buen ser humano, gracias por su apoyo incondicional, por impulsarme a seguir estudiando, por estar al pendiente de mí y de mis estudios, así como de toda mi familia, las quiero mucho.

A mis amigas y rommies **Aranxa y Fabi**, las quiero mucho bien nos dijeron tus amigas de primer semestre serán para toda la carrera y así paso, gracias por todas las bonitas experiencias que vivimos por su apoyo, por su cariño, risas, locuras y más, sé que nuestra amistad durara para toda la vida.

A **Ruben, Kenya y Laura**, amigos gracias por siempre ayudarme cuando lo necesite, sin duda fue un regalo a verlos conocido, los llevo en mi corazón, gracias por muchos bonitos momentos, son los mejores.

A **Fernanda, Randa, Fabiola**, mis compañeras que se volvieron mis amigas, fue una aventura conocerlas, sin duda no las cambio por nada, siempre estarán en mi corazón, espero seguir con nuestra bonita amistad y seguir creando muchos bonitos momentos, las quiero.

A todas las personas que han llegado a mi vida, para alegrar mis días y dejar una huella en mi corazón. GRACIAS.

“El título más valioso que se puede conseguir en la vida es el de ser reconocido por dejar rastro y ser un buen ser humano”

INDICE

INDICE	10
CAPITULO 1. ANTECEDENTES	16
1.1 Historia de los dulces en México.....	16
1.1.1 Dulces típicos.....	17
1.1.2 Muéganos.....	19
1.2 Trigo.....	20
1.2.1 Origen.....	21
1.2.2 Clasificación del trigo.....	21
1.2.3 Estructura del trigo.....	22
1.2.4 Composición química.....	23
1.3 Harina de trigo.....	24
1.3.2 Proceso de elaboración de la harina de trigo.....	26
1.3.3 Productos elaborados con harina de trigo y sus daños en la salud.....	26
.....	27
1.3 Alimentos funcionales.....	27
1.4.1 Definición de alimentos funcionales.....	27
1.4.2 Tipos de alimentos funcionales.....	28
1.5 Amaranto.....	28
1.5.1 Origen.....	28
1.5.2 Morfología y características botánicas.....	29
1.5.3. Composición química.....	31
1.5.4 Valor nutricional del Amaranto.....	31
1.5.5 Amaranto como alimento funcional.....	33
1.6 Harina de amaranto.....	34
CAPITULO II. DESARROLLO EXPERIMENTAL	35
2.1 Objetivos.....	35
2.1.1 Objetivo General.....	35
2.2 Cuadro metodológico.....	36
2.3 Metodología.....	38
2.3.1 Preparación de la muestra.....	38
2.3.2 Análisis químico proximal.....	38

2.3.2.1 Determinación de humedad.	38
2.3.2.3 Determinación de Proteínas.....	39
2.3.2.2 Determinación de extracto etéreo	40
2.3.2.5 Determinación de cenizas.....	41
2.3.2.4 Determinación de fibra cruda.	42
2.3.2.6 Determinación de carbohidratos.	43
2.3.3 Elaboración de muérganos.....	44
2.3.4 Diagrama de proceso.....	46
2.3.4.1 Descripción del diagrama de proceso.....	47
2.3.5 Evaluación sensorial.....	51
2.3.5.1 Prueba de preferencia.	51
2.3.6 Análisis de la calidad nutrimental.....	52
2.3.6.1 Determinación de almidón total.....	52
.....	53
2.3.6.2 Determinación de almidón digerible.....	53
2.3.6.3 Cuantificación de triptófano.....	53
2.3.6.4 Digestibilidad <i>in vitro</i>	54
2.3.6.5 Relación de Eficiencia Proteica (PER).....	55
2.3.6.6 Digestibilidad <i>in vivo</i>	55
2.3.7 Análisis de factores funcionales.....	56
2.3.7.1 Determinación de fenoles.....	56
2.3.7.2 Capacidad antioxidante	57
2.3.7.3 Fibra dietética.....	58
2.3.7.4 Almidón resistente	59
2.3.5.2 Prueba nivel de agrado.....	60
2.3.8 Análisis estadístico.....	60
CAPITULO III ANALISIS Y DICUSION DE RESULTADOS.....	62
3.1 Análisis químico proximal de la materia prima.....	62
3.2 Análisis nutrimental de la materia prima.....	64
3.4 Elaboración de Muérganos.....	66
3.5 Resultados de la prueba sensorial de preferencia.....	67
3.6 Análisis químico proximal de muérgano comercial, control y seleccionado.....	68

3.7 Análisis de la calidad nutrimental de muégano comercial, control y la formulación seleccionada.....	70
Relación de Eficiencia Proteica y Digestibilidad <i>in vivo</i>	72
3.8 Evaluación de muégano comercial, control y seleccionado como alimento funcional. .	73
3.9 Resultados de prueba sensorial nivel de agrado.....	75
CONCLUSIONES	76
RECOMENDACIONES	77
ANEXOS	78
BIBLIOGRAFIA	79

RESUMEN

En México existe una gran variedad de dulces típicos los cuales varían de una región a otra y son emblemáticos de la cultura mexicana, sin embargo, en la actualidad se ha observado que la tradición de realizar este tipo de dulces ha venido decayendo, además ha disminuido su consumo haciéndolos desconocidos para algunas personas sobre todo para las nuevas generaciones. Dentro de estos dulces se encuentran los “muéganos” que son elaborados principalmente con harina de trigo, además contienen altos niveles de azúcar, por lo que, al ser consumidos en exceso pueden provocar enfermedades como: diabetes, obesidad, daños cardiovasculares, entre otros. Por lo que hoy en día se busca reemplazar las harinas refinadas por alimentos que beneficien a la salud, como es el amaranto el cual es considerado un alimento con alto valor nutrimental y funcional por ser una gran fuente de proteína, minerales, altos contenidos de antioxidantes, fibra dietética, grasas poliinsaturadas como el omega 3 y 6. Es por eso que en el presente trabajo se propuso elaborar un dulce típico como el muégano, adicionando harina integral de amaranto y harina de trigo para mejorar su calidad nutrimental y funcional. Se evaluaron 3 diferentes formulaciones variando el porcentaje de harina de amaranto y harina de trigo, para después seleccionar la mejor formulación mediante una prueba sensorial de preferencia, a la formulación seleccionada se le realizó su análisis químico proximal, su evaluación nutrimentales (triptófano, digestibilidad *in vitro*, relación de eficiencia proteica, almidón digerible), y funcional (almidón resistente, fibra dietética, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante) por último se realizó una prueba de sensorial nivel de agrado. Los resultados obtenidos mostraron que la formulación seleccionada fue 50% harina de amaranto, 50% harina de trigo, la cual presentó mayor contenido de proteínas, cenizas y fibra que el muégano control; también una mejor digestibilidad *in vitro* y relación de eficiencia proteica, y menor contenido de almidón digerible; además tuvo mayor capacidad antioxidante, y contenido de fenoles y fibra dietética. Finalmente, el dulce típico

muégano obtuvo un 83% de aceptación y una calificación de 8.1 en la prueba sensorial de nivel de agrado.

INTRODUCCIÓN.

Al hablar de la historia del hombre, se debe de hablar de la cultura, costumbres, tradiciones y del arte culinario incluidos los dulces, los cuales se elaboran con mezclas de ingredientes autóctonos por lo que son considerados emblemáticos en el desarrollo de la cultura. Por eso es importante resaltar la aparición del dulce en México, para consolidar la identidad nacional y regional que le dan un toque especial a nuestra cultura (Reséndiz, 2005).

En la actualidad se observa que la tradición de elaborar dulces típicos ha venido decayendo, pues el desarrollo de nuevas tecnologías y la apertura indiscriminada a la importación de productos, entre ellos de dulces más atractivos por su diversidad de formas, colores, ingredientes y sabores, ha disminuido el gusto por nuestros dulces tradicionales, poniendo en riesgo su producción y en consecuencia su existencia (Dulcerías tradicionales,2016) Además, es importante señalar que, la mayoría de los dulces industrializados no aportan un beneficio nutricional a la dieta diaria, pues se añaden aditivos, altos niveles de azúcar y harinas refinadas que perjudican gravemente a la población teniendo como resultado problemas de salud entre ellas: obesidad, diabetes, hipertensión, etcétera. Pero desafortunadamente, el acelerado estilo de vida ha generado importantes cambios en los hábitos alimenticios, pues solo se opta por alimentos rápido, accesibles y baratos sin tomar conciencia del daño provocado al consumirlos en exceso (Guesry,2005). Existen una gran variedad de dulces típicos como palanquetas, borrachitos, obleas, palanquetas entre otros, también existe el muégano que es originario del estado de Puebla, y con el paso del tiempo este dulce ha adquirido nuevas presentaciones como su forma, pero sobre todo en su elaboración ya que anteriormente se consumía con una porción de helado de limón, además de que solo se bañaba en piloncillo, actualmente este dulce se considera de mala calidad por la adición de

harina refinada, aditivos y edulcorantes, siendo un producto con bajo valor nutrimental.

Por otra parte, hoy en día cada vez son más las personas que cuidan su alimentación y prefieren alimentos que les proporcionen múltiples beneficios al organismo, ya que el acelerado ritmo de vida y los malos hábitos alimenticios a provocado daños a la salud. Es por esto que se han buscado alimentos que nutran y sean benéficos a la salud, como son los alimentos funcionales que ayudan a prevenir o disminuir algunas enfermedades(Roberfroid,2002)

El amaranto es considerado un alimento con alto valor nutrimental funcional por ser una gran fuente de proteína, calcio, zinc, hierro, aminoácidos esenciales como triptófano, lisina, etc. Además, aporta grasas insaturadas como omega 3 y 6, vitaminas y alto contenido en fibra dietética (Jiménez *et al.*, 2013). Además de antioxidantes que son compuestos que previenen la degeneración de las células por los efectos de los radicales libres (Silva, 2007)

Es por eso que, esta investigación de trabajo tiene como objetivo desarrollar una formulación para elaborar un dulce tradicional “muégano” a base de harinas de trigo y amaranto para aumentar su calidad nutrimental y funcional. Para lograrlo se realizarán tres formulaciones diferentes y se seleccionará la mejor mediante un prueba sensorial de preferencia, posteriormente se hará un análisis químico proximal,(AQP) pruebas nutrimentales (Digestibilidad *in vitro*, triptófano, almidón total, almidón digerible) y funcionales (Capacidad antioxidante, fenoles, fibra dietética, almidón resistente), comparándolo con un muégano comercial y uno control (100% trigo) para verificar si se elevó su calidad nutrimental y funcional. Por último, se realizará una prueba sensorial nivel de agrado para saber si sería agradable al consumidor.

CAPITULO 1. ANTECEDENTES

1.1 Historia de los dulces en México.

Al hablar de la historia del hombre, se debe de hablar de la cultura, de lugares, costumbres y tradiciones, así como también del arte culinario. El gusto por el dulce surgió desde los indígenas de la época prehispánica quienes generaron un amor por la naturaleza la cual se vio reflejada de una manera importante en el desarrollo cultural en todos los ámbitos de su vida, logrando inclusive organizar un calendario de fiestas y costumbres (Figura 1) que regían sus vidas y he incluso su alimentación ya que para ellos los dioses regulaban sus hábitos culinarios (Reyes, 1990).

Por eso es importante resaltar que la aparición de la cultura del dulce en México es históricamente trascendental, para consolidar la identidad nacional y regional, ya que se definen sus rasgos más característicos que le dan un toque especial, y se tiene un gusto privilegiado por el supuesto de que sabemos que a través del dulce se estimula el sabor y el colorido de los dulces tradicionales. Los indígenas sin lugar a duda obtuvieron dulces de fuentes naturales entre ellos la miel silvestre, la caña del maíz, el tallo o quiole del maguey, el mezquite y la tuna siendo éstos los más importantes para ellos (Ávila *et al.*, 1998).

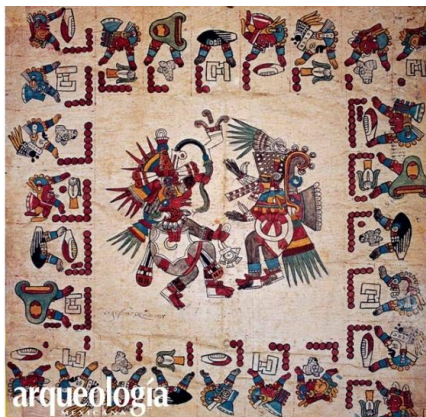


Figura 1. Calendario prehispánico

Fuente: Arqueología Mexicana, 2017.

Con la llegada de los españoles, el consumo de mieles indígenas fue inferiores a la caña de azúcar traída a nuestro país, sin embargo, la miel de abeja silvestre no dejó de consumirse por los mismos ibéricos que tuvieron que adaptarse a ella y a los otros tipos de mieles de los indígenas. Así mismo, también se acostumbraron a otros productos nativos de nuestro país. Al paso del tiempo los españoles trajeron nuevos cultivos de frutas entre los que destacaron: los duraznos, ciruelas, manzanas, peras, higos, membrillos granadas, trigo y la caña de azúcar desde las islas Canarias (Piña, 1987). Pero cuando se introdujo, su precio era tan elevado que era difícil que se pudiera acceder a ella y sólo los que tenían recursos económicos la adquirirían para poder endulzar sus bebidas y disfrutar de deliciosos confites. Confites que van a ser el resultado de un mestizaje culinario que surge de la unión de la cultura europea traída a México a través de las monjas y esclavas mulatas que se establecieron en México durante la colonia. El dulce mexicano nació en la cocina de los conventos y con el tiempo pasó a fábricas artesanales hasta convertirse en atributo de la gastronomía particular de cada entidad y en especial en el Estado de México (Fernández, 1985) . En nuestro país existe una gran riqueza cultural en la cual las fiestas son parte de ella y en las que se combinaba perfectamente platillos cuidadosamente elaborados con dulces de los más ricos y variados sabores y colores. Es de considerarse importante la aportación que hicieron los españoles a nuestra gastronomía como la caña de azúcar, la cual fue un detonante para el desarrollo de la dulcería regional y de las confituras elaboradas en los conventos (Lira, 2000).

1.1.1 Dulces típicos.

En México, existe una gran variedad de dulces típicos que varían de una región a otra, muchos de ellos son elaborados artesanalmente y son emblemáticos de la cultura mexicana. Con la llegada de los españoles, la cultura indígena se mezcló con nuevas costumbres, tradiciones y sabores. Muestra de ello es la comida mexicana, la cual es considerada una de las más variadas y ricas del mundo. Dentro de la elaboración de comida mexicana está la elaboración de los dulces

tradicionales mexicanos que forman parte de esta gran riqueza culinaria (Fernández, 1985). Los primeros dulces del territorio mexicano eran creados con pulpa de fruta, amaranto, trigo, miel de maguey y de algunas abejas que se encontraban en algunos lugares, estos servían a los viajeros y mercaderes para soportar los largos trayectos y proveerse de energía rápidamente.

La confitería nace como una ciencia, donde adquirieron un papel importantísimo; un arte, donde el azúcar se usaba para crear las más caprichosas formas arquitectónicas, pictóricas y escultóricas; sápidas, aromáticas y sabrosas. Con la llegada de los españoles, se integraron ingredientes como leche, almendras y nueces, con estos se empiezan a elaborar dulces como: alegrías, palanquetas de cacahuete, ate, pepitorias, cacahuates garapiñados, glorias, alfajor de coco, cocadas, merengues, dulces cristalizados, camote, jamoncillo, borrachitos, dulce de tamarindo, macarrones, gaznates, limones con coco y muéganos; son los dulces mexicanos (Figura 2) más consumidos y vendidos dentro del país (Castro, 2000).



Figura 2. Diferentes dulces típicos mexicanos.

Fuente: Castro, 2000

Sin embargo, aun siendo tradicionales, hoy en día algunos de estos tipos de dulces se han vuelto desconocido para algunas personas, sobre todo para las nuevas generaciones que han disminuido su consumo y con ello el deterioro de nuestras

raíces. Tal es el caso de los muéganos ya que su elaboración viene desde tiempo atrás y actualmente su consumo se ha ido extinguiendo, básicamente por la falta de demanda, la sustitución y creación de nuevos productos, ocasionando una pérdida de algunas tradiciones, preparaciones y recetas, ya que el público en general prefiere la compra de dulces elaborados por grandes empresas, por tal motivo como mexicanos es necesario valorar y difundir nuestras raíces a través del consumo de este dulce típico tradicional mexicano.

1.1.2 Muéganos.

Los dulces típicos de Puebla (Figura 3) fueron creados por monjas las cuales realizaron combinaciones de ingredientes autóctonos de la región para obtener formas, sabores, y colores distintos. Entre los dulces más representativos del estado de Puebla se encuentra el camote, las tortillas de Santa Clara y el muégano.

El muégano físicamente se aprecia como varios trozos de harina pegados con el dulce, inclusive, por esas características físicas el nombre muégano también se utiliza con una connotación social para denominar a un conglomerado de dos o más personas unidos por un vínculo muy fuerte (Dulces típicos de Puebla, 2012).



Figura 3. Regio Texmelucan, Estado de Puebla.

Fuente: Mapas de México, 2012

El muégano se originó en Texmelucan, Puebla en el año 1905 cuando Doña Flora Álvarez, en su afán de crear un nuevo tipo de pan para poder venderlo, realizó lo que hoy conocemos como muégano. Al igual que la mayoría de los dulces típicos poblanos, los muéganos surgen de una combinación entre la comida indígena y la española. En sus inicios, los muéganos se acompañaban de nieve de limón (Montalvo Andrade, 2017).

Para realizar este dulce se necesita harina de trigo, con la cual se elaboran cuadritos, los cuales son freídos en aceite y bañados con miel. Al igual que los muéganos existen otro tipo de dulces a los cuales se les incorpora harina de trigo en su elaboración. Lo cual hace un producto de baja calidad proteica, ya que el trigo al pasar por un proceso de molienda se eliminan parte de sus componentes anatómicos (germen y pericarpio) que proporcionan fibra, vitaminas y minerales, es por eso que este dulce tiene b aja calidad nutrimental (Zubreski, 2013).

1.2 Trigo

La palabra trigo proviene del latín *Triticum* cuyo significado es quebrado, titulado o trillado y hace referencia al proceso que, se sigue para separar la semilla de su cascarilla, pertenece a la familia de las gramíneas. El trigo (*Triticum aestivum L.*) ha sido cultivado desde inicios de la civilización, actualmente es el tercer cereal con mayor producción a nivel mundial, junto con el maíz y el arroz (Serna,2001).

El grano del trigo es utilizado como materia prima para hacer harinas, sémola, cerveza y una gran variedad de productos alimenticios ya que este grano es fácil de transportar y almacenar.

1.2.1 Origen

Su origen se remonta a la antigua Mesopotamia, las evidencias más antiguas provienen de Siria, Iraq, Turquía y Jordania. Existen hallazgos de restos del grano de trigo del año 6700 a.C. se introduce a México en la época de la conquista por los españoles en el año 1520 (Gomez-Pallares *et al.*, 2007), es así como los indígenas toman este cultivo para adoptarlo en la base de su dieta, ya que era fácil de cultivar, su desarrollo era tan rápido que era posible realizar dos cosechas en una misma temporada.

Además de ser un alimento esencial para ellos, utilizaban las hojas de los granos para hacer tapetes, cestos, así como para envolver los alimentos antes de cocinarlos al fuego.

1.2.2 Clasificación del trigo.

El trigo se clasifica de acuerdo con la estación de cultivo, color, dureza, textura del endospermo y contenido proteico. Según la época de siembra en la que se realicen se distinguen dos tipos; el trigo invernal se planta en otoño y se cosecha en primavera este es cultivado en un clima de temperatura y pluviosidad más constantes. Los trigos que se siembran en primavera y se cosechan a principios de otoño, las características climáticas de las localidades son máxima pluviosidad en primavera y comienzo de verano (Yara, 2018).

La dureza del trigo está relacionada con la forma en la que el endospermo se rompe (Campbell *et al.*, 2007) y es lo que le otorga la calidad harinera, ya que, a mayor contenido proteico, mayor es la dureza (Chang *et al.*, 2006). El trigo duro tiene alto contenido de proteínas y es muy apropiado para harina panificadora. Los granos de almidón son duros y no se rompen durante la molienda. El trigo blando tiene un endospermo blando donde los granos de almidón se rompen durante el molido. (Dendy *et al.*, 2004). El trigo más duro es de la especie *Triticum durum*, cuya harina se usa para fabricar pastas, entre otros productos (Dendy *et al.*, 2004).

1.2.3 Estructura del trigo.

Los granos de trigo son carióspsides que presentan forma ovalada con sus extremos redondeados. Está conformado por 3 componentes principales (Figura 4):

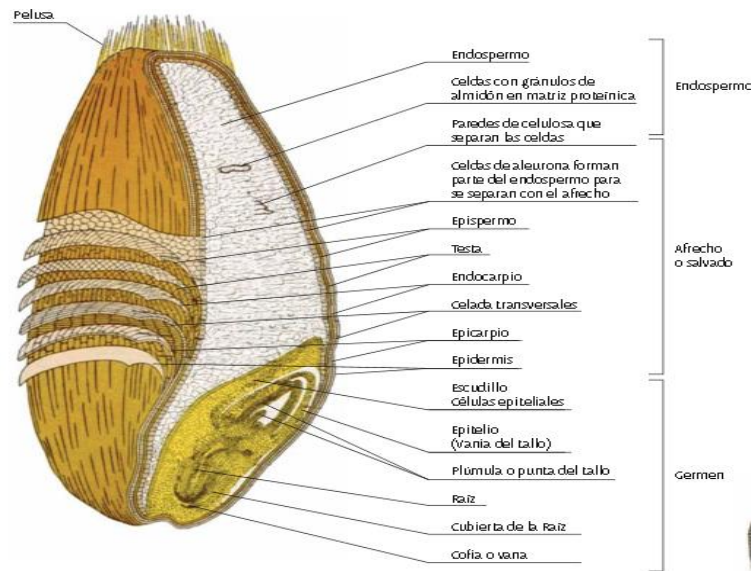


Figura 4. Estructura del grano de trigo.

Fuente: Canimolt, 2005

- El germen o embrión, es el órgano reproductivo y de almacenamiento y representa entre 2 % y 3 % del peso del grano. El germen de trigo es rico en vitaminas del grupo B y E, y también contiene grasas, proteínas y minerales (Shewry y Halford, 2002; Gómez-Pallarés *et al.*, 2007).
- El pericarpio (salvado) está constituido por un conjunto de capas que protegen al grano y comprende entre 14 % y 16 % del peso de este último (Corke, 2004). La mayor parte del salvado la constituye el pericarpio que está formado por la epidermis, el epicarpio y el endocarpio; contiene vitaminas, minerales y gran cantidad de proteínas. Entre el salvado y el endospermo se encuentra la capa de aleurona que cumple un papel muy importante en el desarrollo del embrión durante la germinación.

- El endospermo, principal fuente de energía durante la germinación, es la parte anatómica más abundante (81 % a 84 % del peso del grano). El endospermo, por su parte, es el depósito de alimento para el embrión (Ritchie *et al.*, 2000; Mabile *et al.*, 2001). Está compuesto por almidón, proteínas y en menor proporción celulosas; además, tiene una baja proporción de vitaminas y minerales. El endospermo es extraído mediante molienda para la obtención de harina y semolina, que son utilizadas principalmente para la industria de panificación, galletería y pastas.

Además, la planta de trigo está conformada por:

Raíz: Posee una raíz fasciculada o raíz en cabellera, es decir, con numerosas ramificaciones, las cuales alcanzan en su mayoría una profundidad de 25 cm, llegando algunas de ellas hasta un metro de profundidad.

Tallo: Es una caña hueca con 6 nudos que se alargan hacia la parte superior, alcanzando entre 0,5 a 2 metros de altura, es poco ramificado.

Hojas: Tienen una forma alargadas, rectas y terminadas en punta con vaina, lígula y aurículas bien definidas.

Inflorescencia: Es una espiga compuesta por un raquis (eje escalonado) o tallo central de entrenudos cortos, sobre el cual van dispuestas 20 a 30 espiguillas en forma alterna y laxa o compacta, llevando cada una nueve flores, la mayoría de las cuales abortan, rodeadas por glumas, glumillas o glumelas, lodículos o glomélulas

1.2.4 Composición química.

La composición química del grano del trigo (Tabla 1) puede ser muy variada de acuerdo con la región, condiciones de cultivo y año de cosecha. Otros factores podrían ser la calidad y cantidad de nutrientes que depende de la especie de los trigos ya que poseen propiedades nutritivas y funcionales diferentes (Saldivar, 2009), pero en general el grano maduro este compuesto por hidratos de carbono, compuestos nitrogenados, lípidos, minerales y agua, vitaminas entre otros compuestos.

Tabla 1. Composición química del grano del trigo.

Componente	Porcentaje (%)
Humedad	12.5
Proteína	14
CHOS	68
Fibra	2.0
Lípidos	1.8
Cenizas	1.7

Fuente: Martínez- Manrique y Jimenez-Vera, 2013.

Hidratos de carbono constituyen del 77 al 87% de la materia seca total y son los componentes más importantes, de los cuales el 64% es almidón y el resto carbohidratos solubles e insolubles que constituyen la fibra dietética, la fracción insoluble está compuesta principalmente por celulosa y hemicelulosa, encontrándose en las envolturas del grano y no es digerible para el humano, aunque puede ser desdoblada en el intestino grueso. Mientras que la fibra dietética soluble está formada por B-glucanos y pentosanos que principalmente, se encuentran en las paredes celulares (Serna-Saldivar, 2009).

El almidón es el hidrato de carbono más importante ya que se considera una fuente de energía en la dieta, además de ser digerible por el sistema digestivo. (Badui,2013)

Las proteínas que acompañan al almidón tienen buena digestibilidad, sin embargo, se encuentran en baja cantidad y no contiene aminoácidos esenciales como lisina, triptófano y teonina, es por esto por lo que el trigo se considera de calidad proteica baja. (Wardlaw *et al.*, 2000)

1.3 Harina de trigo.

La harina de trigo es un polvo fino rico en almidón, la cual es tamizada con una malla #70 USA serie Tyler, esta harina posee un compuesto esencial para la elaboración

de productos de panificación, el gluten (Morato Gimferrer, 2009). Existen harinas blandas, procedentes de trigo blando y harinas duras, procedentes de trigo dura.

Tabla 2. Composición química de la harina de trigo.

Componente	Porcentaje(%)
Humedad	13.7
Proteína	10
CHOS	71
Fibra	1.5
Lípidos	3
Cenizas	0.8

Fuente: Zuleta *et al.*, 2012

Los elementos que se encuentran en la harina son los mismos que están presentes en el grano de trigo. El almidón y las proteínas destacan sobre los demás por su cantidad y su función (tabla 2). El almidón representa el 80% de su peso de la harina de trigo, su principal componente es la glucosa, un carbohidrato formado por tres tipos de átomos: carbono, hidrogeno y oxígeno (Claribel, 2018).

Además, la harina está formada principalmente por dos grupos de proteínas básicas llamadas gluteninas y gliadinas, las cuales actúan de forma complementaria y determinante en todo el proceso de elaboración del pan. Las gluteninas son de cadena proteica simple, con alta elasticidad y baja extensibilidad, proporciona fuerza y estructura a la masa. Mientras que las gliadinas son de cadena proteica ramificada, de menor proporción, de baja elasticidad y alta extensibilidad, además proporcionan viscosidad a la masa (Shewry *et al.*, 1986). Estas proteínas juntas al tener contacto con el agua forman el gluten que produce la formación de una masa consistente, tenaz y resistente a la que se le puede dar una forma deseada dependiendo del producto que se quiera hacer (Morato, 2009).

1.3.2 Proceso de elaboración de la harina de trigo.

La harina se obtiene del trigo por molienda. El primer paso para la obtención de harina es el lavado del cereal. Normalmente se realiza por separadores magnéticos que eliminan los residuos de mayor tamaño y protegen la maquinaria de posibles obturaciones. Posteriormente debe acondicionarse el grano de cereal para ser molido. El objetivo principal es mejorar el estado físico del grano, lo cual optimiza la calidad de la harina obtenida. Para este acondicionamiento se añade agua y se deja en reposo durante un periodo de tiempo que puede ir de 6 a 24 horas (Morato, 2009).

Una vez acondicionado el grano se procede a la molienda seca, en la que se separan las partes anatómicas del grano. En este proceso se separa el salvado y el germen, por lo tanto, la harina de trigo será más fácilmente digerible, aunque perderá otros nutrientes como proteínas, vitaminas y fibra (Martinelli, 2009).

Moler el grano para obtener la harina no está exento de riesgos. En la mayoría de los casos conlleva alteraciones en la futura composición de la harina ya que durante este proceso se lesiona una pequeña, pero significativa, parte del almidón. La intensidad del daño varía según la fuerza empleada en la molienda y de la dureza del grano. El almidón lesionado incrementa la absorción de agua, lo que provoca una masa más pegajosa y una calidad final de la harina menor (Morato, 2009).

1.3.3 Productos elaborados con harina de trigo y sus daños en la salud.

La FAO define a las harinas compuestas como aquellas mezclas elaboradas para producir alimentos a base de trigo, existe una gama amplia de productos elaborados con harina de trigo entre ellos se encuentra: el pan, galletas, pasta, pasteles, tartas, rebozado que se utiliza en los alimentos, base pizzas y para pay entre otros (Vásquez *et al.*, 2016).

En México se pueden encontrar diferentes productos típicos tradicionales que son elaborados con este tipo de harina como: pan de pueblo, cocoles, pan de muerto, rosca de reyes, cemitas, obleas de pepitas y muéganos; todos estos productos son elaborados artesanalmente ofreciendo una gran variedad de sabores al consumidor (Castañeda, 2016), y esto se ve reflejado en un alto consumo de estas harinas las cuales, entre otros factores, han contribuido al aumento en el sobrepeso y la obesidad en México (figura 6) (Diana, 2014) ya que la mayoría de estos productos no aportan nutrientes variados sino principalmente carbohidratos, es por esto que se decidió elaborar un dulce tradicional muégano adicionando harina de amaranto, con el fin de mejorar su calidad nutrimental (Guesry, 2005).

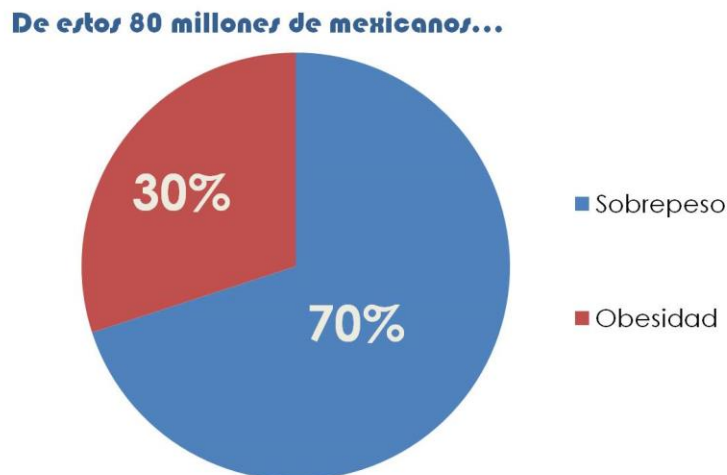


Figura 5. Estadística de obesidad en México.

Fuente: Monte Sinai, 2012

1.3 Alimentos funcionales.

Se considera funcional, un alimento en su estado natural, o un alimento al cual se han adicionado, removido o modificado uno o más componentes (Roberfroid, 2002)

1.4.1 Definición de alimentos funcionales.

La primera definición se estableció en Japón en los años 80's que se refería a aquellos alimentos procesados los cuales contiene ingredientes que desempeñan

una función específica en las funciones fisiológicas del organismo humano, más allá de su contenido nutricional (Pérez, *et al*, 2002).

Actualmente se puede definir como aquellos alimentos que contienen componentes biológicamente activos que ejercen efectos beneficiosos y nutricionales básicos en una o varias funciones del organismo y que se traducen en una mejora de la salud o en una disminución del riesgo de enfermedades.

1.4.2 Tipos de alimentos funcionales.

Existe una variedad de alimentos funcionales como, por ejemplo: Quinoa, amaranto, lúpulo, maíz morado, chía, avena, etc.

El amaranto es un ejemplo claro pues contiene propiedades que le aportan características de un alimento funcional, las cuales están asociadas a la fracción lipídica, a la fracción fenólica y la fibra dietética, es decir al contenido de ciertos tipos de lípidos como el escualeno y polifenoles (amaranto alimento del futuro, 2018) además de ayudar a disminuir riesgos de padecimientos; protege el sistema nervioso, colabora en la función antioxidante del cuerpo, baja el índice glucémico entre otras.

Es por esta razón que en el presente trabajo se propone elaborar un producto proveniente de la cultura mexicana, como es el dulce típico “Muégano” sustituyendo la harina refinada de trigo por harina integral de amaranto la cual resulta más nutritiva, esperando que aporte un beneficio a la salud del consumidor y que este dulce típico se pueda considerar como un alimento funcional.

1.5 Amaranto.

1.5.1 Origen

Este grano es originario de América, desde la Prehistoria los habitantes utilizaban las hojas y semillas, además de cultivarlo el amaranto tuvo lugar en la misma época que la del maíz (Barros y Buenrostro,1997).

Existen diferentes especies de amaranto:

- *Amaranthus cruentus* L., especie para producción de grano, es originaria de América Central, probablemente de Guatemala y el sureste de México, donde se cultiva y se encuentra ampliamente distribuida.
- *Amaranthus caudatus*, la cual es de día corto y se adapta mejor a las bajas temperaturas que las otras especies; es originaria de los Andes, de donde se extendió a otras zonas templadas y subtropicales.
- *Amaranthus hypochondriacus* se cultivaba desde el tiempo de los aztecas, actualmente se sigue cultivando y se encuentra ampliamente distribuida en México; también se cultiva en los Himalayas, en Nepal, y en el sur de la India, donde se han formado centros secundarios de diversificación (Espitia *et al.*, 2010).

1.5.2 Morfología y características botánicas.

Planta: el amaranto alcanza un gran desarrollo en suelos fértiles, en algunos casos super los 2 metros de altura (Figura 7). Generalmente tiene un solo eje central, aunque también se presentan ramificaciones desde la base y a lo largo del tallo (Mazon *et al.*, 2003).

Raíz: contiene un buen número de ramificaciones y múltiples raicillas delgadas, que se extienden rápidamente después de que el tallo empieza a ramificarse, facilitando la absorción de agua y nutrientes (Mujica *et al.*, 1997).

Tallo: este es cilíndrico y angulosos con gruesas estrías longitudinales que le dan una apariencia acalanada, alcanza de 0.4 a 3 m de longitud, el color del tallo es variable, va desde un color amarillento hasta verde claro, incluyendo rojo vinoso (Sumear, 1986). Inflorescencias: llegan a medir hasta 90 cm de largo y pueden ser decumbentes, semirrecto y rectas, adoptando formas glomerulares o amarantiformes, densas, o compactas. En las flores etamina das hay cinco

estambres de filamentos delgados y largos terminados en anteras que se abren en dos sacos (Sumear, 1986).



Figura 6.Planta de Amarantho.

Fuente: Tropical plants, 2019

El amaranto pertenece a la familia Amaranthus que comprende 60 géneros y aproximadamente 800 especies (López, 2019).

TAXONOMIA.

Reino : Vegetal

División : Fanerogama

Tipo : Embryophyta siphonogama

Subtipo : Angiosperma

Clase : Dicotiledoneae

Subclase : Archyclamidae

Orden : Centrospermales

Familia: Amaranthaceae

Género : *Amaranthus*

Sección : *Amaranthus*

1.5.3. Composición química.

El grano de amaranto posee aproximadamente un 15-18% de proteína, un porcentaje poco más alto que el de los cereales tradicionales como el maíz, arroz o trigo (tabla 3). Sin embargo, no radica en la cantidad sino en la calidad de la misma con un excelente balance de aminoácidos entre estos sobresale la lisina aminoácido esencial que debe obtenerse a través de los alimentos. Es de alto valor calórico, carbohidratos, fibras y sales minerales (Mapes, 2013).

Tabla 3. Composición química del amaranto.

Componente	Porcentaje(%)
Humedad	11.1
Proteína	15.6
CHOS	58
Lípidos	7
Fibra	5
Cenizas	3.3

Fuente: Paredes et al, 2006.

El componente principal en la semilla del amaranto es el almidón, representa entre 50 y 60 % de su peso, este trae grandes beneficios nutricionales ya que tiene adecuada cantidad de triptófano, por estas características, el amaranto es un cultivo prometedor que representa una de las mejores proteínas de origen vegetal, además es una alternativa ideal de producción y consumo en varias regiones del país. (Arciniega, 2002)

1.5.4 Valor nutricional del Amaranto.

El amaranto ha sido objeto de estudio sobre sus propiedades, usos potenciales y sobre cuáles son las formas de recomendables para consumirlo.

El amaranto presenta dos tipos de almidón: no aglutinante y aglutinante , este es adecuada para la industria panadera, reuniendo características que se pueden aprovechar en la elaboración de productos que no necesiten expansión, esto porque carece de gluten funcional, además puede ser incluido en mezclas junto con otras harinas. (Okuno *et al.*, 1982)

Tabla 4. Contenido de aminoácidos esenciales en la proteína de amaranto (mg de aminoácidos/ g de proteína).

Aminoácidos	Patrón de aminoácidos	<i>A. Hypochondriacus</i>
Isoleucina	28	39
Leucina	66	57
Lisina	58	55
Metionina	25	47
Fenilalanina	63	73
Treonina	34	36
Triptófano	11	11
Valina	35	45

Fuente: a) FAO, 2007, b) Morales- Guerrero, 2014.

El amaranto presenta algunas propiedades para ayudar a mantener la salud. El valor nutritivo de sus granos implica que además de su contenido proteico, varios autores han reportado contenidos de proteína en amaranto que van de 15 a 17%. Pero su importancia no radica sólo en la cantidad, sino en la calidad de la proteína, ya que presenta un excelente balance de aminoácidos. Por su composición, la proteína del amaranto se asemeja a la de la leche y se acerca mucho a la proteína ideal propuesta por la FAO para la alimentación humana. Tiene un contenido importante de lisina, aminoácido esencial en la alimentación humana y que comúnmente es más limitado en otros cereales. Sin embargo, se sabe que el

amaranto se cocina mejor cuando se utiliza una proporción menor en relación con otro grano (de 1:4 a 1:3). Esto limita el potencial del uso de amaranto como fuente de microelementos y vitaminas, lo que significa que debe emplearse en combinación con otros granos. La harina de amaranto con ajonjolí y lentejas es una buena fuente de calcio, hierro y fósforo. La combinación de harina de amaranto, ajonjolí y trigo sarraceno es la mejor fuente de magnesio. El triticale, trigo sarraceno y amaranto constituyen juntos una buena fuente de vitamina E. Además, el amaranto puede aportar cantidades importantes de fibra dietética y vitaminas E y B, puede ser una fuente importante de niacina (para la producción de hormonas sexuales, del crecimiento y del metabolismo), y lisina (para la producción de anticuerpos, hormonas y enzimas), así como de fósforo (Sánchez, 2015)

1.5.5 Amaranto como alimento funcional.

El amaranto presenta algunas propiedades para ayudar a mantener la salud, su valor nutritivo es muy favorable ya que su contenido proteico es alto, los niveles de vitaminas y aminoácidos, minerales son excelentes. La proteína que contiene este se asemeja a la leche, tiene contenido importante de lisina, aminoácidos esenciales (Sánchez, 2015).

El almidón del amaranto posee dos características distintas que lo hacen prometedores para la industria pues presenta propiedades aglutinantes no úsales y el tamaño de la molécula es pequeño estas características son aprovechadas para espesar o pulverizar ciertos alimentos o para imitar la consistencia de la grasa y usarse en la fabricación de mayonesa (Rastogi *et al.*, 2013).

Con base en lo anterior, se propone elaborar un dulce típico mexicano como el “muégano”, mejorando su calidad nutricional adicionado harina de amaranto, considerando, además, que el muégano pueda ser un alimento funcional por la adición de harina integral de amaranto.

1.6 Harina de amaranto.

La harina de amaranto se deriva de las semillas de la planta de amaranto. Su popularidad ha crecido porque no contiene gluten, y muchas personas que no lo toleran pueden cocinar con este tipo de harina debido a sus beneficios para la salud.

La harina de amaranto tiene un elevado contenido de proteínas, fibras y lisina, un aminoácido esencial. Este cereal también cuenta con un contenido alto de fitoesteroles, los que pueden ayudar a prevenir enfermedades (Ecoandes, 2020).

Por lo general, la harina se utiliza en cereales, pastas, panqueques, galletitas, panes, galletas dulces u otros productos horneados, y puede combinarse con otros tipos de harina. Si se usa en pan, la harina requiere combinarse con otra clase de harina esponjar y para preparaciones que no lo requieran, como las galletas, snacks como barritas, botanas, puede usarse sólo harina de amaranto

Tabla 5. Composición química de la harina integral de amaranto.

Componente	Porcentaje (%)
Humedad	10.1
Proteína	17.8
Grasa	3.2
Fibra	5.1
Cenizas	2.1
CHOS	61.7

Fuente: a) Sánchez y Maya, 1986, b) Rayas- Duarte et al., 1996.

CAPITULO II. DESARROLLO EXPERIMENTAL

2.1 Objetivos.

2.1.1 Objetivo General

Desarrollar una formulación para elaborar un dulce tradicional “muéganos” a base de harinas de trigo y amaranto (*Amaranthus hypochondriacus L.*) para aumentar su calidad nutrimental y funcional.

2.1.2 Objetivos Particulares.

Objetivo particular 1. Analizar harinas de trigo y amaranto que se emplearán como materia prima mediante un análisis químico proximal, nutrimental y funcional para comparar su calidad.

Objetivo particular 2. Evaluar diferentes formulaciones para elaborar un dulce tradicional “muégano” variando el porcentaje de harinas de trigo y amaranto para obtener un producto con buenas características sensoriales.

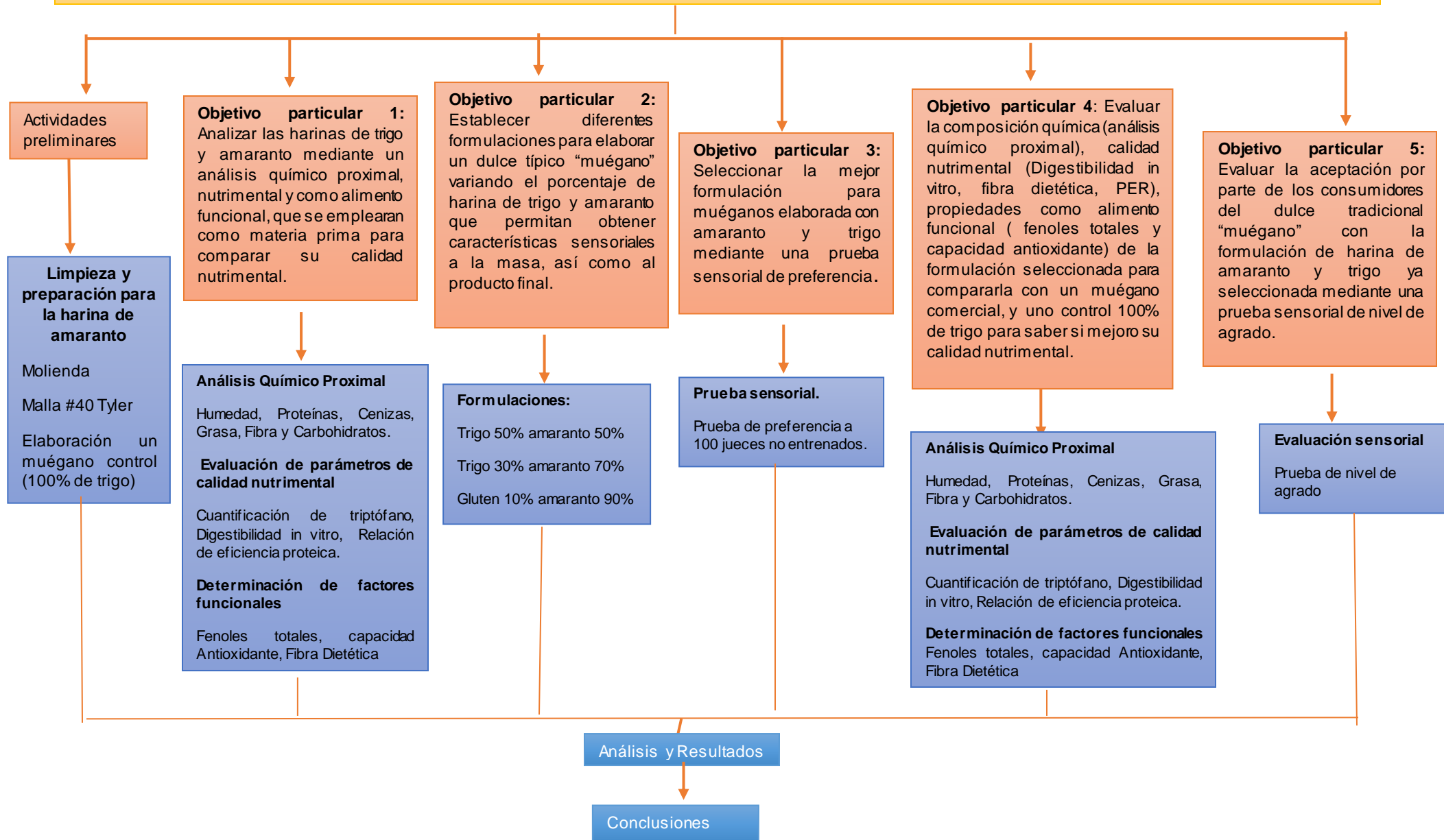
Objetivo particular 3. Seleccionar la mejor formulación de amaranto y trigo para elaborar muéganos mediante una prueba sensorial de preferencia.

Objetivo particular 4 Evaluar la composición química (análisis químico proximal), calidad nutrimental (digestibilidad *in vitro* e *in vivo*, triptófano, relación de eficiencia proteica y almidón digerible), propiedades funcionales (fenoles totales, fibra dietética, almidón resistente y capacidad antioxidante) de la formulación seleccionada y compararla con un muégano comercial, y uno control (100% de trigo) para saber si mejoro su calidad nutrimental y funcional.

Objetivo particular 5. Evaluar la aceptación por parte de los consumidores del dulce tradicional “muégano” con la formulación de harina de amaranto y trigo seleccionada mediante una prueba sensorial de nivel de agrado.

2.2 Cuadro metodológico

Objetivo general: Elaboración de un dulce tradicional “muéganos” a base de harina de trigo y de harina de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*)



2.3 Metodología.

2.3.1 Preparación de la muestra.

Se utilizó semilla de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.) cosecha 2014, variedad Tulyehualco, la cual fue molida en un molino de cuchillas para café marca KRUPS CX4100, después se tamizó con una malla #40 serie Tyler para poder tener un tamaño de partícula homogéneo, posteriormente se colocaron en frascos de vidrio con tapa y se mantuvieron en refrigeración a 4 °C hasta su uso.

2.3.2 Análisis químico proximal.

Se realizó el análisis químico proximal de la materia prima; harina de amaranto y harina de trigo marca Tres estrellas® posteriormente a un muégano comercial, uno control (100% trigo) y uno seleccionado (con harina de trigo y harina de amaranto), siguiendo la metodología de la A.O.A.C, 2002.

2.3.2.1 Determinación de humedad.

TECNICA 925.09: Secado por estufa

Fundamento: 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 (A.O.A.C, 2002).

Metodología:

1. Se pesaron 3g de muestra triturada en cajas de aluminio (previamente a peso constante).
2. Después se pusieron dentro de la estufa (Figura 8) durante 1 hora a una temperatura de 130 °C.

3. Posteriormente se colocaron en el desecador por 10 minutos, se pesaron las cajas en la balanza analítica, (se deberá repetir el proceso hasta llegar a peso constante).

Cálculo para % de humedad:

$$\%Humedad = \left(\frac{W2 - W3}{W1} \right) * 100$$

Donde:

W1= Peso de la muestra (g).

W2=Peso de la muestra húmeda (g)

W3=Peso de la muestra seca (g)



Figura 7. Estufa para Humedad.
MARCA M BLUE M

2.3.2.3 Determinación de Proteínas.

TECNICA 954.01: Método de Micro-Kjeldahl

Fundamento: El método se basa en la digestión de la materia orgánica con ácido sulfúrico concentrado, formándose sulfato de amonio que en exceso de hidróxido de sodio 40% libera amoníaco, el que se destila recibiendo en Ácido bórico 40% formándose borato de amonio el que se valora con HCL 0.1N (A.O.A.C, 2002).

Metodología:

1. Se peso 0.1g de muestra y se colocó en un matraz micro-kjeldahl, agregando K_2SO_4 , $CuSO_4$ Y H_2SO_4 .
2. Ponerlos en una parrilla y poner la perilla a la temperatura No.4 para que empiece la digestión, esto por 1 hora.
3. Pasando el tiempo la muestra presento un líquido transparente con una coloración azul verdosa, se dejó enfriar
4. Se agrego la solución en el destilador (Figura 9) y enseguida se vació el NaOH 40%.
5. Posteriormente en un matraz se agregó H_3BO_3 y fenolftaleína.

6. Recolectar el destilado y titular con HCl 0.1 N.

Cálculos para % de proteína:

$$\%Nitrogenototal = \left(\frac{(V2 - V1)(N)(0.014)}{W} \right) * 100$$
$$\%Proteinas = (F)(\%Nitrogenototal)$$

Donde:

W=Peso de la muestra (g)

V1=Volumen (ml) de la solución de HCl requerido para la prueba en el blanco

V2=volumen (ml) de la solución HCl requerido para la muestra

N=Normalidad de HCl

F=Factor de conversión de nitrógeno en proteína (para trigo 5.83, para amaranto 5.87)



Figura 9. Equipo para determinar proteínas.

2.3.2.2 Determinación de extracto etéreo

TECNICA 920.39: Método Soxhlet.

Fundamento: Se denomina extracto etéreo o grasa bruta al conjunto de sustancias de un alimento que se extraen con éter etílico (esteres de los ácidos grasos, fosfolípidos, lecitinas, esteroides, ceras, ácidos grasos libres). La extracción consiste en someter la muestra exenta de agua (deshidratada) a un proceso de extracción continua (Soxhlet) utilizando como solvente éter etílico (A.O.A.C, 2002).

Metodología.

1. Se colocó 2g de la muestra seca (obtenida de la determinación de humedad), en pañuelos y se envolvieron de manera que no se perdiera muestra.

2. Después se pusieron dentro de cartuchos de celulosa, se montó el equipo de destilación con un matraz bola (previamente a peso constante),
3. Los cartuchos se pusieron dentro del equipo, se añadió hexano y se destiló por 2 horas y media (Figura 10).
4. Pasando el tiempo se vació el hexano y se retiraron los cartuchos.
5. Se esperó a que se evaporara el resto del hexano y solo quedara la grasa libre.
6. Posteriormente se retiró el matraz y se colocó en una estufa a 75° C por una hora, pasando el tiempo se dejaron enfriar en un desecador por 10 minutos, para después pesar.



Figura 10. Equipo Soxhlet.

Cálculo para % de grasa extraíble:

$$\%GrasaExtraible = \left(\frac{W3 - W2}{W1} \right) * 100$$

Donde:

W1=Peso de la muestra (g)

W2=Peso del matraz sin grasa (g)

W3=Peso del matraz con grasa (g)

2.3.2.5 Determinación de cenizas.

TECNICA 923.03: Método de Kleem

Fundamento: Las cenizas de los productos alimentarios están constituidas por el residuo inorgánico que queda después de que la materia orgánica se ha incinerado. Las cenizas obtenidas no tienen necesariamente la misma composición que la materia mineral presente en el alimento original, ya que puede haber habido pérdidas por volatilización o alguna interacción entre los constituyentes.

Metodología.

1. Se pesó 3g de muestra en crisoles (previamente a peso constante).
2. Después se colocaron sobre un mechero, hasta su total incineración. .
3. Posteriormente se colocó dentro de una mufla por 1 hora (Figura 11).
4. Pasando el tiempo se dejó enfriar dentro un desecador para después pesarlo (se deberá repetir este paso hasta llegar a peso constante).



Figura 11. Mufla para cenizas.

Cálculo de % de cenizas:

$$\%Cenizas = \left(\frac{P2 - P1}{P} \right) * 100$$

Donde:

P=Peso de la muestra (g)

P1=Peso del crisol sin muestra (g)

P2=Peso del crisol con las cenizas (g)

2.3.2.4 Determinación de fibra cruda.

TECNICA 989.03: Método de Wendee.

Fundamento: Este método se basa en la digestión ácida y alcalina de la muestra obteniéndose un residuo de fibra cruda y sales que con calcinación posterior se obtiene una pérdida de masa que es el valor de las sales y por diferencia se determina la fibra cruda (A.O.A.C,2002).

Metodología

1. Se pesó 0.5g de muestra molida.
2. Se colocó en vasos de precipitado, adicionando 200 mL de H_2SO_4 al 1.25% y se dejó hervir por 30 minutos.
3. Se estuvo vigilando constantemente para evitar que sólidos se adhirieran al vaso.
4. Pasando el tiempo se agregó 200mL de NaOH al 2.5% y siguió calentándose hasta hervir por 30 minutos.
5. Después pasando el tiempo, se filtra la solución (figura 12). y se mide el pH el cual debe ser de 6, al terminar se le agrega un poco de alcohol.
6. El papel filtro se coloca en la estufa para su posterior incineración.
7. Al obtener las cenizas se pasó a la mufla por 30 minutos, se dejó enfriar y se pesó (repetir hasta que llegue a paso constante).



Figura 12. Determinación de Fibra cruda.

Cálculos para % de fibra cruda:

$$\%Fibracruda = \left[\frac{(W2 - W1) - (W4 - W3)}{w5} * 100 \right]$$

Donde:

W1=Peso del papel filtro (g)

W2=Peso del papel filtro con residuos secos (g)

W3=Peso del crisol vacío (g)

W4=Peso del crisol después de la incineración(g)

W5=Peso de la muestra previamente desengrasada (g)

2.3.2.6 Determinación de carbohidratos.

La determinación se realizó por diferencia de los demás componentes.

$$\%Carbohidratos = 100 - (Proteinas + Humedas + Grasa + Fibra + Cenizas)$$

2.3.3 Elaboración de muéganos.

Se elaboró el dulce muégano a partir de una receta tradicional (tabla 4 y tabla 5) la cual se estandarizó, para así obtener un producto con las características sensoriales parecidas a uno comercial.

Tabla 4. Formulación para “muéganos”.

Ingredientes	(%)
Harina de trigo	55
Levadura	2
Royal	0.90
Azúcar	3.80
Vinagre	0.90
Aceite	0.90
Agua	36.5

Fuente: Animal Gourment, 2015

Después se elaboró el diagrama de proceso con cada etapa y sus respectivas condiciones a las cuales se manejó

Tabla 5. Formulación para la miel.

Ingredientes	(%)
Piloncillo	49.75
Agua	49.75
Limón	0.5

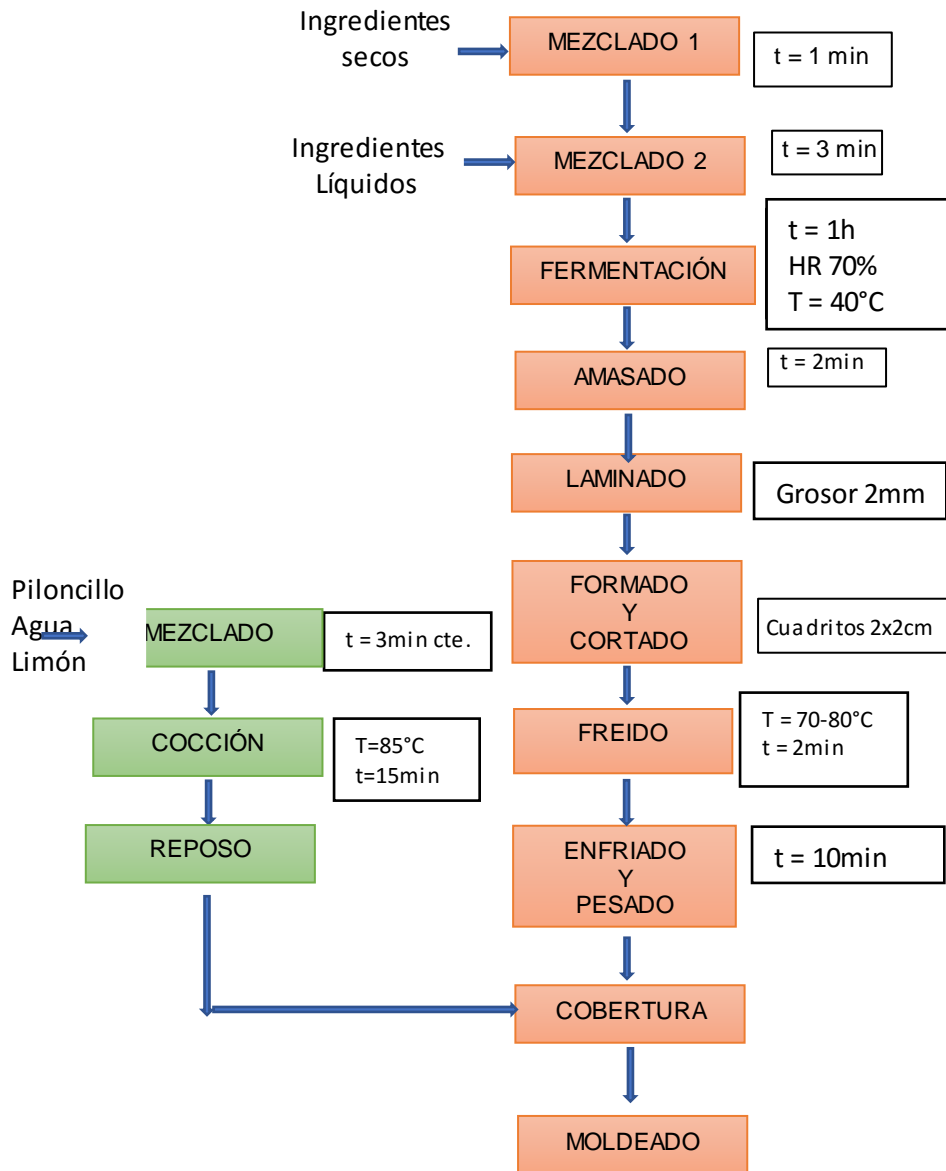
Fuente: Animal Gourment, 2015

Se elaboraron tres diferentes formulaciones (Tabla 6), variando solamente la harina de trigo y harina de amaranto con el objetivo de mejorar su calidad nutricional y funcional además de obtener un producto con características lo más parecidas a uno comercial.

Tabla 6. Diferentes formulaciones para elaborar muéganos.

Formulación	Harina de trigo (HT) (%)	Harina de amaranto (HA) (%)	Gluten (%)
1	50	50	-----
2	30	70	-----
3	-----	90	10

2.3.4 Diagrama de proceso.



2.3.4.1 Descripción del diagrama de proceso.

Mezclado 1: con el uso de una batidora Hamilton Beach (Figura 13) se mezclaron los ingredientes secos: harina de trigo, harina de amaranto, levadura, royal ,azúcar, durante un tiempo de 1 minuto, esto con el fin de homogenizar los ingredientes.



Figura 8. Mezclado de ingredientes sólidos.

Mezclado 2: en esa operación se agregan los ingredientes líquidos: vinagre, aceite y agua la cual deberá estar a una temperatura de 20°C, para poder activar la levadura, después de mezclaran por 3 minutos (Figura 14), esto con el fin de tener una masa elástica y manejable.



Figura 9. Mezclado de ingredientes líquidos.

Fermentación: Con ayuda de una fermentadora The Robot Cool (Figura 15) se colocó la masa durante 1 hora a 40°C y una HR:70% en esta operación tiene como propósito dejar actuar la levadura, dar un volumen a la masa y sabor (Bravo, 2005).



Figura 10. Etapa de fermentación.

Amasado: En esta operación se debe de tener una masa homogénea, elástica, y manejable (Figura 16) agregando harina de trigo para facilitar este amasado.



Figura 11. Amasado después de la fermentación.

Laminado: aquí se hace pasar la masa por un rodillo (Figura 17) para tener una masa delgada con un grosor de 2mm aproximadamente.



Figura 12. Laminado de la masa.

Formado y cortado: a la masa se le dará una forma rectangular para después cortar cuadritos de 2x2 cm (Figura 18), verificar que los cuadritos no se peguen con otros para un mejor manejo.



Figura 13. Cortado de la masa.

Freído: se calentó el aceite a fuego alto (Figura 19) a una temperatura de 80°C, se agregaron los cuadritos por un tiempo de 2 minutos teniendo cuidado de no quemarlos, después de pusieron en papel absorbente para retirar la mayor cantidad de aceite sobrante.



Figura 14. Freído de los cuadritos.

Enfriado: aquí se dejaron enfriar los cuadritos (Figura 20) y después se pesaron 25 gr para cada muégano.



Figura 15. Enfriado de los cuadritos.

Cobertura: A cada 25 gr de cuadritos se bañaron de la miel ya preparada.

Moldeado: Se colocó un poco de aceite en las manos y se tomaron los cuadritos para dar un formar de bola (Figura 21).



Figura 16. Moldeado de los muéganos.

Reposo: se colocaron los muéganos en una charola con papel encerado (Figura 22) hasta que estos se enfriaran.



Figura 17. Reposo de los muéganos.

Para la miel

Se colocó el 80 ml de agua y 80gr de piloncillo mezclando constantemente para que el piloncillo no dejara grumos.



Figura 18. Elaboración de la cubierta dulce del muegano.

Posteriormente se agregaron 10ml de limón (Figura 24), ya que el limón evita que se quemara la miel y se dejó en la lumbre por 10 min.



Figura 19. Adición de limón.

Pasando el tiempo se verificó el punto bolo donde en un vaso de agua se agrega una gota de la miel la cual producirá una bola caramelizada (Figura 25), en este punto la miel ya estará lista.

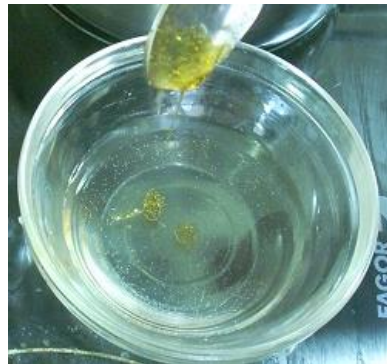


Figura 20. Punto de bola.

2.3.5 Evaluación sensorial.

2.3.5.1 Prueba de preferencia.

La prueba de preferencia que se realiza al consumidor o juez consiste en una elección entre 2 o más productos, los cuales tienen que ponerlos en orden de preferencia. Estas pruebas son sencillas de realizar ya que son intuitivas y necesitan poca explicación para llevarlas a cabo, además se pueden realizar a personas de toda edad, género etc.

Esta prueba se realizó a las tres formulaciones ya establecidas, para que 100 jueces no entrenado y escogidos al azar, (Figura 26) pudieran seleccionar que formulación era de mayor y menor preferencia en base al cuestionario que fue proporcionado. (Anexo 1)



Figura 21. Prueba sensorial de preferencia.

2.3.6 Análisis de la calidad nutrimental.

2.3.6.1 Determinación de almidón total.

Fundamento: Se fundamenta en cuantificar la glucosa liberada como resultado de la hidrólisis enzimática de amiloglucosidasa que hidroliza los enlaces glucosídicos α -(1,4) y α -(1,6) de las cadenas de amilosa y amilopectina (Goñi *et al.*,1997).

Metodología:

1. Se pesaron 0.05g de muestra, se agregó KOH y se mantuvo en agitación constante.
2. Pasando el tiempo se agregó buffer acetato de sodio y se ajustó el pH.
3. Después se agregó amiloglucosidasa y se colocó en un baño.
4. Posteriormente se dejó enfriar y se centrifugo a 5000 rpm.
5. Se agregó el reactivo de glucosa.
6. Se dejó reposar por 20 minutos y se leyó a una absorbancia de 505 nm (Figura 27)

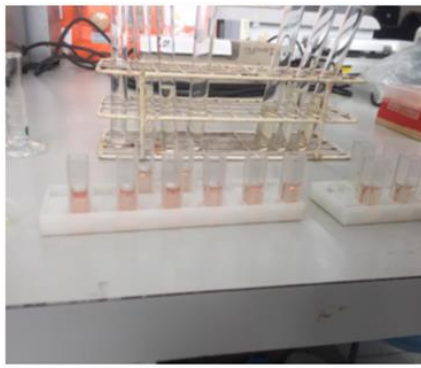


Figura 27. Determinación de almidón total.

2.3.6.2 Determinación de almidón digerible.

La cantidad de almidón digerible se determinó por diferencia de la cantidad de almidón total menos la cantidad de almidón resistente.

$$\text{AlmidonDigerible} = \text{almidontotal} - \text{almidonresistente}$$

2.3.6.3 Cuantificación de triptófano.

Fundamento: Este método somete a la proteína a una hidrólisis para librar el triptófano del enlace peptídico. La hidrólisis ácida destruye el triptófano, por lo que se tiene que recurrir a las hidrólisis alcalinas o enzimáticas. Por esta razón, es el único aminoácido que no se puede cuantificar junto con los demás aminoácidos resultantes de la hidrólisis ácida en equipos auto-analizadores o HPLC. En este caso se realiza una hidrólisis enzimática para liberar al triptófano y hacerlo reaccionar con ρ -dimetilaminobenzaldehído (DMAB) y este producto es luego tratado con solución de nitrito sódico, produciéndose una coloración azul proporcional a la cantidad de triptófano presente (Rama *et al.*, 1974). Se utilizó una solución estándar de triptófano al 0.05 mg/ml para poder realizar la curva patrón de 0 a 100 microgramos de triptófano

Metodología:

1. Se peso 0.5 gr de muestra, se agregó pepsina, se mantuvo en agitación constante por 3 horas y se incubo (Figura 28)
2. Después se adiciono NaOH y pancreatina, se agito e incubo por 24 horas,

3. Pasando el tiempo se aforo con agua destilada.
4. Posteriormente se tomó 2ml de muestra y se adiciono HCl concentrado, DMAB, y NaNO₂.
5. Se leyó a 590nm

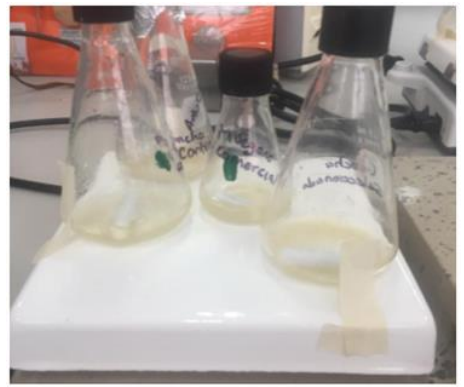


Figura 28. Determinación de triptófano.

2.3.6.4 Digestibilidad *in vitro*

Fundamento. La digestibilidad *in vitro* se lleva a cabo utilizando un sistema multienzimático que libera los aminoácidos provocando una disminución del pH que indica de manera indirecta y mediante una ecuación matemática la digestibilidad de proteínas (Hsu *et al.*, 1974)

Metodología:

1. Se pesó una muestra que contenga 10 mg de n2
2. Se utilizo como control cuantitativo caseína.
3. Se adiciono agua destilada y se ajustó el pH a 8
4. Después se dejó 1 hora hidratando y en agitación.
5. Pasando el tiempo se le agrega la solución enzimática A por 10 minutos.
6. Luego se le añade la solución enzimática B.
7. Se mide el pH de la muestra (Figura 29).

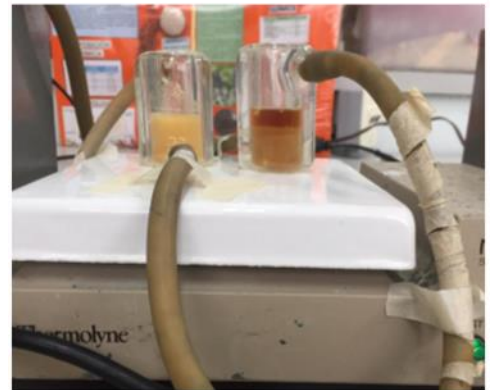


Figura 29. Determinación de Digestibilidad *in vitro*.

Cálculos:

$$\%Digestibilidad = 234.84 - 22.56(lecturapH)$$

Donde:

Lectura de pH= pH de la suspensión de proteína.

2.3.6.5 Relación de Eficiencia Proteica (PER).

Se evaluó la calidad proteica de los muéganos seleccionados, mediante la prueba de relación de eficiencia proteica (REP) de acuerdo con el método 960.48 A.O.A.C. 1990.

El método se basa en que el incremento en peso de ratas alimentadas con una dieta, bajo condiciones estandarizadas es una medida confiable del valor nutricional de una dieta proteica. En esta prueba se relaciona la ganancia en pesos del animal de prueba con la proteína consumida asumiendo que el incremento en peso es exclusivo del nitrógeno ingerido.

Para esto se utilizaron 12 ratas de estudio Winstar de 21 días de nacidas, y se elaboró una dieta isoproteica e isocalórica con los muéganos. Cada tercer día se registró el peso ganado y la cantidad de alimento consumido. Esta prueba tuvo una duración de 28 días, al terminar se realizaron los correspondientes cálculos.

Cálculos:

$$PER = \frac{\Delta P}{\sum AI * F}$$

$$PER_{Ajustado} = PER_{experimental} * \frac{PER_{caseina\ de\ referencia}}{PER_{caseina\ experimental}}$$

Donde:

P=Incremento de peso (g)

AI= Alimento ingerido total (g)

F=% de proteína en la dieta / 100

PER experimental = valor PER obtenido en el bioensayo

PER caseína de referencia=

PER caseína experimental= valor PER de la caseína obtenida en el bioensayo.

2.3.6.6 Digestibilidad *in vivo*.

La última semana se realizará la recolección de heces para determinar el contenido de nitrógeno. Las heces se recolectarán diariamente y se mantendrán en refrigeración a 2°C. al término del periodo, se homogeniza para formar una muestra representativa. Para la evaluación biológica se utilizó el método basado en la determinación de la digestibilidad aparente de la proteína (DA) con base en la siguiente ecuación:

Cálculos:

$$DA = \frac{N_{consumido} - (N_{fecal} - N_{ingerido})}{N_{consumido}} * 100$$

Donde:

N= Nitrógeno.

2.3.7 Análisis de factores funcionales.

2.3.7.1 Determinación de fenoles.

Fundamento: Se basa en que los compuestos fenólicos reaccionan con el reactivo de Folin, dando lugar a una coloración azul susceptible. El ácido fosfomolibdotúngstico, de color amarillo, al ser reducido por los grupos fenólicos da lugar a un complejo de color azul intenso, cuya intensidad es la que medimos para evaluar el contenido en polifenoles.(Prasad Y Weigle, 1976; Ranganna, 1977, Valadez *et al.*, 1990)

Metodología:

1. Pesar 0.1g de muestra.
2. Diluir con metanol-HCl 1%
3. Poner a hervir a baño maría por 10 minutos.
4. Dejar enfriar y centrifugar por 10 minutos.
5. Obtener el sobrenadante.
6. Después colocarlos a 65°C.
7. Obtener la pastilla y disolverla con agua destilada.
8. Centrifugar a 9000 rpm.

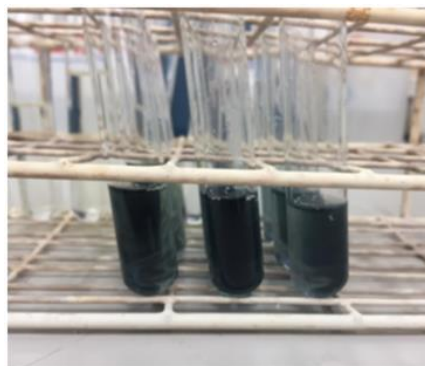


Figura 30. Determinación de fenoles.

9. obtener el extracto con el que se trabajara

Determinación de polifenoles.

1. Tomar el extracto
2. Agregar agua destilada
3. Después agregar 250 μl de reactivo folin-ciocalteu
4. Agitar y dejar reposar
5. Agregar Na_2CO_3 .
6. Agitar y dejar reposar 15 minutos.
7. Leer a 760 nm en un espectrofotómetro. (Figura 30)

2.3.7.2 Capacidad antioxidante

Fundamento: Este ensayo fue propuesto originalmente por Brand–Williams. El DPPH es uno de los pocos radicales orgánicos estable, presenta una fuerte coloración violeta, es comercialmente disponible y no tiene que ser generado *in situ* como el ABTS. El ensayo se fundamenta en la medición de la capacidad de un antioxidante para estabilizar el radical DPPH, esta medición puede hacerse espectrofotométricamente siguiendo el decaimiento de la absorbancia a 518 nm. La reacción de estabilización se considera que transcurre principalmente mediante un mecanismo Transferencia de Electrones (TE), con un aporte marginal de Transferencia de Átomos de Hidrógeno (TAH) (Da Silva y Selma, 2012).

Metodología:

1. Pesar 0.1g de muestra.
2. Diluir con metanol-HCl 1%
3. Poner a hervir a baño maría por 10 minutos.
4. Dejar enfriar y centrifugar por 10 minutos.
5. Obtener el sobrenadante.
6. Después colocarlos a 65°C.

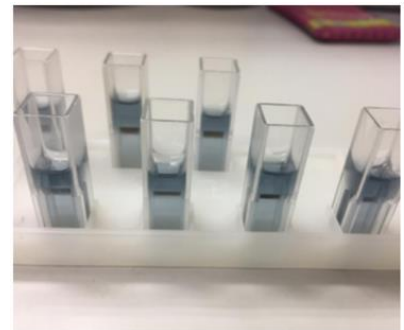


Figura 31. Determinación de capacidad antioxidante.

7. Obtener la pastilla y disolverla con agua destilada.
8. Centrifugar a 9000 rpm.
9. obtener el extracto con el que se trabajara. (Figura 31)

Determinación de poder antioxidante.

1. Tomar 500 μ l del extracto
2. Agregar solución DPPH y dejar reposar.
3. Leer a 518 nm en el espectrofotómetro.

2.3.7.3 Fibra dietética.

Fundamento: Las muestras de alimentos secos son gelatinizadas con α -amilasa estable al calor y posteriormente digeridas enzimáticamente con proteasa y amiloglucosidasa para eliminar la proteína y almidón presente en la muestra. Adicionando etanol para precipitar la fibra dietaria soluble y mediante filtración obtener la fibra dietaria (CUNNIF, 1995).

Metodología.

1. Se peso 1 g de muestra.
2. Se adiciono buffer de fosfatos.
3. Se le agrego amilasa para después colocarlo en un baño a ebullición.
4. Se deajo enfriar y se ajustó el pH.
5. Se adiciono proteasa y se volvió a colocar en baño maría.
6. Se calentó etanol al 95% y se vertió a los matraces.
7. Se deajo reposar una hora
8. Se filtró la solución precipitada.
9. Se lava con etanol, después se hizo un segundo lavado con etanol.
10. Finalmente se lavó con acetona (Figura 32)
11. El papel filtro se puso a secar hasta peso constante.



Figura 32. Determinación de fibra dietética.

12. Se empleó un papel para la determinación de proteína y el otro papel para cenizas.

Cálculos:

$$\%FIBRADIETETICA = \frac{R - P - C - B}{PM} * 100$$

Donde:

R= Peso del residuo de la muestra (mg)

P= Peso de proteína de la muestra (mg)

C= Peso de cenizas de la muestra (mg)

B= Blanco

PM= Peso de la muestra.

2.3.7.4 Almidón resistente

Fundamento: Se fundamenta en realizar una digestión enzimática en donde se hidrolizan las cadenas de almidón y almidón unido a proteínas. Posteriormente se realiza un lavado con agua, etanol y acetona para eliminar la fibra soluble quedando solamente los residuos de fibra insoluble. Se realiza nuevamente otra digestión para liberar los monómeros de glucosa, que son cuantificados por un método enzimático-espectrofotométrico (Goñi *et al.*,1997).

Metodología.

1. Se pesaron 100 mg de muestra y se agregó buffer KCl-HCl a pH 1.5.
2. Se agregó pepsina y se mantuvo en agitación.
3. Se agregó buffer Tris-maleato.
4. Se agregó amilasa pancreática, se incubó 16 h.
5. Se centrifugó a 5000 rpm.
6. Se agregó KOH y se mantuvo en agitación.
7. Se agregó buffer acetato de sodio ajustando el pH.

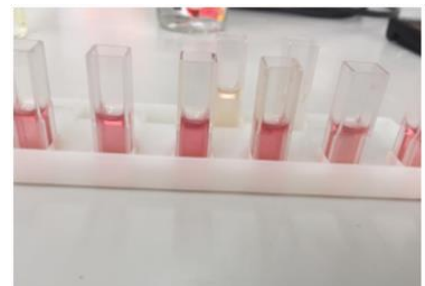


Figura 33. Almidón Resistente

8. Se agregó amiloglucosidasa.
9. Posteriormente se centrifugo a 5000 rpm.
10. El sobrenadante es tratado con reactivo de glucosa.
11. Se leyó a una absorbancia de 505 nm (Figura 33).

2.3.5.2 Prueba nivel de agrado.

Este tipo de prueba que puede ser utilizada para determinar el agrado o la actitud que tiene un consumidor acerca de un producto. Este tipo de pruebas utiliza una escala hedónica, el cual es un método que permite medir el agrado o desagrado por un producto. Un aspecto importante de este método es que por su sencillez puede ser aplicado a consumidores con mínima habilidad verbal. La muestra es presentada y se le pide al juez que la evalúe mediante la escala que se le presenta (Chambers, 1996).



Figura 34. Prueba sensorial de nivel de agrado.

Dicha prueba fue realizada a 100 jueces no entrenados, (Figura 34) de la formulación seleccionada anteriormente, la cual consista en proporcionar una calificación al producto dentro de una escala no estructurada, los resultados fueron reportados en los cuestionarios (Anexo2).

2.3.8 Análisis estadístico.

Todas las pruebas que se realizaron por triplicado y se calculó promedio, desviación estándar y coeficiente de variación. En el caso de las pruebas sensoriales se determinó

la frecuencia de votos asignados. Para el análisis de los promedios se realizó una prueba de rango múltiple t-student a nivel de significancia de $p = 0.005$

CAPITULO III ANALISIS Y DICUSION DE RESULTADOS

3.1 Análisis químico proximal de la materia prima.

Los resultados del análisis químico proximal de la materia prima: harina de trigo TRES ESTRELLAS® y la harina de amaranto se muestran en la tabla 7.

Tabla 7. Análisis químico proximal de la harina de trigo y harina de amaranto.

Muestra	Humedad (%)	Proteína (%)	Grasa (%)	Ceniza (%)	Fibra (%)	CHOS (%)
Harina de trigo	9.45±0.46 ^a	9.05±0.40 ^a	1.69±0.56 ^a	0.75±0.06 ^a	0.93±0.15 ^a	78.13 ^a
Harina de amaranto	10.37±0.09 ^b	12.17±0.09 ^b	7.57±0.68 ^b	2.42±0.08 ^b	5.79±0.06 ^b	61.68 ^b

*Letras diferentes en la misma columna indican diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$)

Como se puede observar (tabla 7) existen diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$) entre todos los componentes químicos de la harina de trigo comparado con la harina de amaranto. En cuanto al contenido de proteína la harina de amaranto presenta un 12% más que la harina de trigo. lo cual es importante ya que la proteína del amaranto posee un alto valor de aminoácidos esenciales (aquellos que el organismo no puede producir) leucina, valina, metionina, fenilalanina, lisina (Nutrisol, 2005) este último es importante porque comúnmente es limitado en los cereales y además tiene diversas funciones para el ser humano ya que colabora en el crecimiento de niños y jóvenes, el desarrollo muscular, producción de hormonas, enzimas y anticuerpos (Cervantes, 1986).

Por otro lado, el contenido de grasas fue 5 veces mayor en el amaranto con respecto al trigo; y esto es importante porque el amaranto contiene grasas mono y poliinsaturadas, tales como el ácido linoleico mejor conocidos como aceites omegas 3, que ayudan a disminuir algunos problemas cardiovasculares, sin embargo, también destaca la presencia del escualeno el cual representa entre 5-8% del total de aceite. El escualeno tiene la capacidad de proteger a las células de los radicales libres, ya que

potencia el suministro de oxígeno a las células previniendo múltiples enfermedades derivadas de la degeneración o mutación celular, ya que muchas enfermedades son causadas por deficiencia de oxígeno en la sangre y las células (Ariza *et al.*, 2009). Las grasas del amaranto se destacan por su capacidad para reducir el colesterol malo (LDL), los triglicéridos y aumentar el bueno (HDL), además estas grasas a regulan el sistema hormonal, tiene muchos efectos a nivel cerebral, previenen enfermedades cardiovasculares e inflamatorias (Arnau, 2018).

En cuanto a las cenizas el amaranto presenta el doble del trigo, y esto es importante porque hay estudios que reportan (Dyner *et al.*, 2007) que el amaranto contiene zinc, fosforo, hierro, potasio, calcio, inclusive el calcio se encuentra en una proporción mayor que en la leche materna (Sánchez *et al.*, 1986). La fibra cruda en el amaranto es 5 veces mayor al trigo, esto es bueno ya que es recomendable su consumo en la dieta diaria ya que regula el tránsito intestinal, además ayuda a eliminar toxinas y combate la retención de líquidos (Montero, *et al.*, 2015).

Cabe mencionar que el trigo entero también contiene nutrientes importantes, sin embargo, al pasar por un proceso de molienda se eliminan algunas de sus partes anatómicas como el pericarpio y el germen que son ricos en fibra, minerales, vitaminas y proteínas (Alberth, 2018), obteniendo así una harina refinada con un alto contenido de carbohidratos, siendo considerado como un producto de baja calidad nutrimental.

3.2 Análisis nutrimental de la materia prima.

Los resultados de la calidad nutrimental, donde se evaluó el contenido de triptófano, Digestibilidad *in vitro*, almidón total y almidón digerible para la harina de trigo y harina de amaranto se muestran en la tabla 8.

Tabla 8. Análisis nutrimental de la harina de trigo y la harina de amaranto.

Muestra	Digestibilidad <i>in vitro</i> (%)	Triptófano (g Trp/100g P)	Almidón Total (%)	Almidón Digerible (%)
Harina de trigo	79.09±0.34 ^a	1.05±0.006 ^a	76.41±1.27 ^a	59.3 ^a
Harina de amaranto	94.96±0.03 ^b	1.85±0.004 ^b	56.12±1.30 ^b	44.7 ^b

*Letras diferentes en la misma columna indican diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$)

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$) en todas las pruebas realizadas. La digestibilidad *in vitro* del amaranto con respecto al trigo fue 20% mayor, lo cual es bueno pues según la FAO reporta que la digestibilidad es una forma de medir el aprovechamiento de un alimento, es decir la facilidad con la que se utilizarán las proteínas en el aparato digestivo (Manríquez, 1993). El triptófano del amaranto fue 1.8 veces mayor respecto al de trigo presentando diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$), la presencia del triptófano favorece la síntesis de serotonina que actúa como neurotransmisor y funciona como antidepresivo (Cruz, 2012).

En cuanto al almidón total y digerible el trigo contiene más de este componente, debido a que representa el 80% de su peso, a diferencia del amaranto la cantidad de almidón va entre el 50 y 60% de su peso (Amanecer en el campo, 2011), lo cual beneficia ya que el amaranto al presentar menor cantidad de almidón ayuda a evitar el desarrollo de enfermedades crónicas como es la obesidad, la diabetes y la hipertensión arterial entre otras porque disminuye el índice glucémico (Esquivel, 2005)

3.3 Análisis funcional de la materia prima

Los resultados de los parámetros funcionales se muestran en la tabla 9 y se observó que en el porcentaje de la capacidad antioxidante y fenoles existen diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$) entre la harina de amaranto con respecto a la harina de trigo, el amaranto tiene siete veces mayor capacidad antioxidante y cuatro veces más fenoles, esto es algo esperado pues se tienen reportes de que este pseudocereal contiene compuestos fenólicos como: ácido cafeico, ácido p-hidroxibenzoico y ácido ferúlico, también contiene fitoesteroles los cuales muestran actividad hipocolesterolemia y antiviral (Álvarez *et al.*, 2010). Además, se sabe que el amaranto tiene hasta 6% de escualeno, que es un compuesto isoprenoide similar en su estructura al beta-caroteno, este es un ácido orgánico con actividad antioxidante y efectos anticancerígenos demostrados (Ariza, *et al.*, 2001).

Tabla 9. Análisis funcional de la harina de trigo y la harina de amaranto.

Muestra	Capacidad antioxidante (%)	Fenoles (mgEAG/g mtra)	Fibra dietética (%)	Almidón Resistente (%)
Harina de trigo	7.03±0.2 ^a	0.31±0.05 ^a	2.03±0.21 ^a	17.11±0.14 ^a
Harina de amaranto	49.32±0.16 ^b	1.28±0.007 ^b	13.11±0.33 ^b	11.35±0.33 ^b

*Letras diferentes en la misma columna indican diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$)

En cuanto a la fibra dietética el amaranto presentó diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$) con respecto al trigo, siendo más de seis veces mayor en el amaranto y esto es importante porque se ha reportado que contiene casi un 40-48% del total de su peso como fibra insoluble (Quintero *et al.*, 2015).

El contenido de almidón resistente fue mayor en el trigo (tabla 9) ya que este contiene más carbohidratos y dentro de estos se encuentra el almidón resistente, el cual resiste el proceso digestivo de tal manera que pasa integro el intestino delgado y el grueso.

3.4 Elaboración de Muéganos.

Para la elaboración del dulce “muégano” se propusieron tres formulaciones diferentes variando el porcentaje de harina de trigo y harina de amaranto, teniendo como premisa obtener un producto similar al comercial. La formulación 1 (50% harina de trigo y 50% harina de amaranto) y la formulación 2 (30% harina de trigo y 70% harina de amaranto) no presentaron diferencias en sus características sensoriales como: color, olor, sabor, textura, esto confirma lo que se ha reportado sobre el amaranto, al tener como principal característica que se puede mezclar con otros cereales y en muchas ocasiones se logran resultados benéficos (Botanas de amaranto, 2015). Por otro lado, la formulación 3 (90% harina de amaranto y 10% de gluten) mostro diferente textura en comparación a las otras formulaciones, ya que es mas crujiente y con un sabor mas notorio a amaranto.

Tabla 10. Diferentes formulaciones propuestas y la muestra control.

Muestra				
Formulación.	50% harina de trigo 50% harina de amaranto	30% harina de trigo 70% harina de amaranto	10% gluten 90% harina de amaranto	100% harina de trigo (Control)

Por último, el muégano control (100% harina de trigo), presento buena apariencia física, además sabor, textura y color similar a un muégano comercial. Logrando realizar las tres formulaciones diferentes además de un muégano control el cual ayudó a controlar el proceso y la evaluación de las otras formulaciones.

3.5 Resultados de la prueba sensorial de preferencia.

Ya propuestas las formulaciones se llevó a cabo una prueba sensorial de preferencia con 100 jueces no entrenados, los resultados se muestran en la tabla 11 y anexo 2.

Tabla 11. Resultados de evaluación sensorial de preferencia a los muéganos elaborados con las tres diferentes formulaciones .

Formulación	Clave	Puntaje total.
50% harina de trigo 50% harina de amaranto	505	183^a
30% harina de trigo 70% harina de amaranto	730	170 ^b
10% gluten 90% harina de amaranto	910	170 ^b

*Letras diferentes en la misma columna indican diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$)

Como se puede observar en la tabla 11, la formulación 50% harina de trigo y 50% harina de amaranto presentó diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$) con las otras dos formulaciones, y fue la que tuvo la mayor preferencia de los jueces. Los comentarios recibidos fueron: “tenía una buena textura”, “buen sabor” lo cual resulta favorable ya que fueron las características que definen a un muégano. Por lo tanto, la formulación seleccionada fue 50% harina de trigo y 50% harina de amaranto a la cual posteriormente se le realizó un análisis químico proximal, nutrimental y funcional.

3.6 Análisis químico proximal de muégano comercial, control y seleccionado.

Se realizó un análisis químico proximal al muégano seleccionado, al control (100% harina de trigo) y uno comercial, para poder compararlos y saber si mejoró la calidad del muegano seleccionado (tabla 12).

Tabla 12. Resultados del análisis químico proximal del muégano comercial, muégano control y muégano con la formulación seleccionada.

Muestra	Humedad (%)	Proteína (%)	Grasa (%)	Ceniza (%)	Fibra (%)	CHOS (%)
Muégano Comercial	6.87±0.60 ^a	4.04±0.005 ^a	13.73±0.23 ^a	0.61±0.02 ^a	2.61±0.17 ^a	72.14 ^a
Muégano Control	4.69±0.38 ^b	3.77±0.46 ^a	10.43±0.09 ^b	1.38±0.05 ^b	2.26±0.19 ^a	77.52 ^a
Muégano Seleccionado	4.19±0.17 ^b	8.88±0.01 ^b	17.05±0.86 ^c	1.60±0.02 ^b	6.51±0.02 ^b	61.77 ^b

*Letras diferentes en la misma columna indican diferencia estadísticamente significativa (P≤0.05)

Como se observa en la tabla 12, el muégano seleccionado contiene el doble de proteína que el muégano comercial y el control, esto es importante porque se ha reportado que la harina de amaranto (*Amarantum*, 2015) posee una proteína con una excelente calidad. De acuerdo con la OMS, el amaranto posee un 75% sobre un valor proteico ideal de 100%, lo que lo eleva por sobre la leche de vaca con 72%. Además de los aminoácidos esenciales que contiene en comparación al trigo (FAO, 1985) especialmente contiene lisina (entre 5-7%), un aminoácido que se encuentra nula o limitadas proporciones en el resto de los cereales, lo cual eleva la calidad proteica del mismo (Vera, 2013). Por lo tanto, el balance de aminoácidos esenciales es bastante mejor que el de muchas proteínas vegetales. Por ejemplo, presentan mayores

contenidos de aminoácidos azufrados (metionina más cisteína) que las leguminosas, si se compara con la proteína de los cereales, el amaranto presenta mayores contenidos de treonina, triptófano y lisina (Lorenz, 2003). Por otro lado, contiene proteínas albuminas y globulinas, más digeribles y más solubles que las prolaminas (proteínas vegetales) del trigo (Licata, 2015).

El contenido de grasa del muégano seleccionado es mayor y tiene diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$) con el muégano control y el comercial. Se presume que esa grasa proviene del amaranto, lo cual es importante porque el amaranto contiene entre un 5% y 8% de grasas saludables como es el escualeno, un tipo de grasa que solo se encuentra en ballenas y tiburones (Gottau, 2016) el cual ayuda a regular los niveles de colesterol en la sangre, sirve como suministro de oxígeno a las células previniendo múltiples enfermedades derivadas de la degeneración o mutación celular, su capacidad antioxidante del escualeno previene efectos dañinos a los tejidos, Además, el amaranto contiene grasas insaturadas como omega 3 y 6, por otro lado, el aceite de amaranto es superior en calidad al del maíz, ya que contiene altos niveles de ácido linoleico esencial para el organismo humano y con fuertes propiedades antiinflamatorias que reducen el riesgo de trombosis y otras enfermedades cardiovasculares (Gottau, 2016).

El contenido de cenizas del muégano seleccionado contiene casi 2 veces más que el muégano comercial y el control, teniendo diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$). El muégano seleccionado puede contener altas concentraciones de calcio, fósforo, hierro, potasio, zinc (Sánchez, 2013). El calcio del amaranto es tan biodisponible y mejor absorbido por el cuerpo como el de la leche, este se encuentra involucrado en la formación de dientes y huesos. Los minerales presentes en el amaranto son constituyentes esenciales de fluidos y tejidos corporales y son componentes de los sistemas enzimáticos, además de estar involucrados en la función nerviosa normal (Guía nutrición, 2017). Otro tipo de mineral presente en el amaranto es el selenio que es uno de los minerales más importantes en la dieta del ser humano, este mineral está incorporado en un pequeño grupo de importantes proteínas llamadas “selenoproteínas” y cada una de las cuales juega un rol crítico en la salud (Guía nutrición,

2017). Mientras que el Magnesio es un mineral clave en el metabolismo humano. De hecho, el magnesio es necesario para más de 300 reacciones químicas en el cuerpo humano.

El contenido de fibra cruda fue aproximadamente 3 veces mayor en el muégano seleccionado, mostrando diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$) con el muégano control y comercial. El contenido en fibra del amaranto es superior al de la mayoría de los cereales además y por eso el amaranto tiene un efecto benéfico en enfermedades crónico-degenerativas como diabetes mellitus y obesidad, coadyuvando a disminuir las concentraciones séricas de triglicéridos y colesterol en dislipidemias y enfermedades cardiovasculares (Ariza *et al.*, 2009).

El contenido de carbohidratos muestra que el muégano seleccionado fue menor en comparación al muégano control y comercial presentando diferencias significativas ($P \leq 0.05$), el amaranto se compone de carbohidratos (59%), la gran mayoría de los cuales se encuentran en forma de almidón, y no viene acompañados de gluten como ocurre con el trigo, además el índice glucémico es bajo por lo que las personas diabéticas lo pueden consumir (Cuerpomente, 2014). Se considera que la cantidad de carbohidratos es mayor en el trigo ya que la harina está constituida por el endospermo la cual se compone principalmente de carbohidratos (Manrique *et al.*, 2013).

Es así como el análisis químico proximal demuestra que la harina de amaranto proporcionó un mayor contenido en componentes como proteínas, cenizas, fibra, aumentando así su calidad nutricional del muégano seleccionado en comparación al muégano control y comercial.

3.7 Análisis de la calidad nutricional de muégano comercial, control y la formulación seleccionada.

Se realizó un análisis de la calidad nutricional, donde se evaluó el contenido de triptófano, Digestibilidad *in vitro*, almidón total y almidón digerible (tabla 13) para comparar la variación del muégano seleccionado con el comercial y control.

Tabla 13. Análisis nutricional del muégano comercial, control y seleccionado.

Muestra	Digestibilidad <i>in vitro</i> (%)	Triptófano (gTrp/100Prot)	Almidón Total (%)	Almidón Digerible (%)
Muégano Comercial	91.3±1.55 ^a	0.88±0.035 ^a	60.19±0.50 ^a	56.85 ^a
Muégano Control	97.22±0 ^a	0.66±0.02 ^b	50.68±0.20 ^b	47.17 ^b
Muégano Seleccionado	97.22±0 ^a	1.08±0.01 ^c	39.11±1.20 ^c	34.33 ^c

*Letras diferentes en la misma columna indican diferencia estadísticamente significativa (P≤0.05)

Como se puede observar en los resultado de digestibilidad *in vitro* no existen diferencias estadísticamente significativas (P≤0.05) entre el muégano seleccionado, control y comercial, mostrando una buena digestibilidad el muégano seleccionado, pues según la FAO reporta que digestibilidad de 86-93% hace una buena proteína, la digestibilidad sirve como una medida para determinar la calidad de la proteína de la dieta (Harmon, 2007) esto significa que al consumir este dulce “muégano” se estará aprovechando el mayor contenido de proteína y sus aminoácidos esenciales.

Se observaron diferencias significativas (P≤0.05) en el contenido de triptófano entre el muégano seleccionado, el muégano control y el muégano comercial, siendo el muégano seleccionado el que tiene mayor cantidad, esto es bueno porque el triptófano es un aminoácido esencial, que ayuda a calmar la ansiedad y la depresión, también ayuda al correcto funcionamiento del sistema inmunológico y en casos de migraña puede ayudar a disminuir los dolores de cabeza (Centeotl, 2015). Por otra parte, el cuerpo puede transformar el triptófano en niacina también conocida como vitamina B3, que es esencial para convertir el alimento en energía y mantener un sistema nervioso sano (Corbin, 2016). Además, se puede observar en la tabla 3. que el valor de triptófano es mayor en la harina integral en comparación a el producto final, esta disminución se debe a que este aminoácido es el mas termosensible, y durante el proceso de

elaboración de muégano seleccionado este se somete a un horneado (180°C). Por otra parte, esta prueba sirve como un indicador para suponer que los otros aminoácidos no se afectaron por el calor ya que si el triptófano puede resistir dicha temperatura los demás aminoácidos no se verán afectados (Murray *et al.*, 2005).

El contenido de almidón digerible en el muégano comercial fue mayor que el muégano seleccionado presentando diferencias significativas ($P \leq 0.05$), el menor contenido de almidón digerible en el muégano seleccionado es bueno porque disminuye los niveles de azúcar en la sangre, al bajar el índice glucémico (Perlmutter, 2013).

Relación de Eficiencia Proteica y Digestibilidad *in vivo*.

Los resultados de la Relación de Eficiencia Proteica (PER) que muestra la tabla 14 indican que el valor de caseína es 3.12 veces mayor en comparación a la muestra de trigo y 1.54 veces mayor que el muégano seleccionado, esta diferencia de resultados es por que el valor nutritivo de las proteínas depende de su contenido de aminoácidos esenciales, la cual varía de acuerdo con la fuente proteica (Hoffman *et al.*, 2013).

Tabla 14. Comparación de la Relación de Eficiencia Proteica (PER), PER ajustado y Digestibilidad *in vivo* de caseína, muestra control y muégano seleccionado.

Muestra	PER	PER AJUSTADO	Digestibilidad <i>in vivo</i> (%)
Caseína	2.58 ^a	---	98.18 ^a
Trigo	0.83 ^b	0.83	93.75 ^b
Muégano Seleccionado	1.68 ^c	1.63	88.03 ^c

*Letras diferentes en la misma columna indican diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$)

Se ha reportado (Friedman, 1996) que un valor de PER entre 1.5-2 indica una proteína de buena calidad, que es el valor donde se encuentra el muégano seleccionado, y por debajo de 1.5 sería una proteína de bajo valor nutritivo, como es el caso de la harina de trigo. Por lo que resulta benéfico elaborar el muegano con harina de amaranto, pues como se observa con el valor del PER, mejora la calidad proteica en comparación con una formulación que solo emplea harina de trigo (Quintero *et al.*, 2015)

En cuanto a la digestibilidad *in vivo* que se muestra en la tabla 14, las tres muestras presentaron buenos resultados, ya que la FAO establece que una baja digestibilidad se encuentra en un valor de 79%. La muestra de harina de trigo fue 1.06 veces mayor en comparación al muégano seleccionado, esto se puede deber a la cantidad de fibra que contiene el muégano seleccionado, ya que este componente provoca que algunos aminoácidos no sean aprovechados y no puedan funcionar, provocado que sean eliminados en las heces (Badui, 2006)

3.8 Evaluación de muégano comercial, control y seleccionado como alimento funcional.

Se realizó un análisis de ingredientes funcionales del muégano seleccionado, comercial y control (tabla 15) para poder compararlo con dichos productos.

Tabla 15. Análisis funcional de muégano comercial, control y seleccionado.

Muestra	Capacidad antioxidante (%)	Fenoles (mgEAG/g mtra)	Fibra dietética (%)	Almidón Resistente (%)
Muégano Comercial	6.85±0.37 ^a	1.61±0 ^a	3.75±0.24 ^a	3.34±0.34 ^a
Muégano Control	7.48±0.26 ^a	1.54±0.03 ^a	4.65±0.1 ^b	3.51±0.35 ^a
Muégano Seleccionado	87.13±0.31 ^a	2.8±0 ^a	4.16±0.07 ^a	4.78±0.36 ^b

*Letras diferentes en la misma columna indican diferencia estadísticamente significativa (P≤0.05)

Se observaron diferencias estadísticamente significativas (P≤0.05) en el contenido de actividad antioxidante, donde el muégano seleccionado presentó aproximadamente 14

veces más en comparación al muégano comercial y control esto resulta favorable ya que este componente al estar presente en la muestra seleccionada previene la oxidación y ayudan al mantenimiento de la integridad celular, inactivando los radicales libres que causan daño celular (Colina *et al.*, 2012).

En cuanto a los compuestos fenólicos se observaron diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$) ya que el muégano seleccionado tiene mayor contenido en comparación el muengo comercial y control. El amaranto ha reportado la presencia de polifenoles en su semilla, otorgándole propiedades funcionales dentro de los principales antioxidantes se encuentran los compuestos fenólicos y los flavonoides, ayudando a la prevención de enfermedades crónico-degenerativas (Gonzales, 2004). Además, cabe mencionar que el muégano seleccionado contiene miel echa a base de piloncillo la cual contiene un alto contenido de polifenoles, además propiedades antioxidantes potencialmente importantes (López *et al.*, 2014).

En el contenido de fibra dietética se observaron diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$), ya que el muégano seleccionado presentó un contenido mayor en comparación con el muégano comercial, lo cual resulta bueno ya que la fibra dietética tiene varios beneficios pues es recomendable añadirla a nuestra dieta para mantener una buena salud porque mejora la digestión, provoca saciedad, evita y previene enfermedades estomacales y funciona como un prebiótico (Alvares, 2016).

El contenido de almidón resistente del muégano seleccionado presentó diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$), ya que este fue mayor en comparación con el muégano comercial y control. Lo cual es bueno ya que este actúa de manera similar a la fibra, además ayuda al sistema digestivo y alimenta a las bacterias intestinales fomentando la evacuación si como la proliferación de la flora que beneficia al organismo (Villarroel *et al.*, 2018).

3.9 Resultados de prueba sensorial nivel de agrado.

Por último, se realizó una prueba de nivel de agrado al muégano seleccionado. El producto tuvo una aceptación del 83% por parte de los consumidores otorgándole una calificación de 8.1, lo cual resulta favorable para un producto nuevo (Tabla 16).

Tabla 16. Calificación y nivel de aceptación.

Formulación	Calificación	Aceptación (%)
50% harina de trigo 50% harina de amaranto	8.1	83%

Por lo tanto, podemos concluir que este dulce tradicional “muégano” ofrece una mejor calidad nutricional y funcional en comparación a los muéganos comercial y control, lo cual es bueno ya que hoy en día se buscan alimentos rápidos, accesible y saludables para consumir, ofreciendo así este dulce como alternativa saludable, ya que se considera un alimento funcional. Además de dar un realce a nuestras raíces a través de estos dulces que existen de años atrás

CONCLUSIONES.

La harina integral de amaranto tuvo una mejor calidad química, nutrimental y funcional que la harina de trigo por lo que fue un buen complemento para la elaboración del dulce tradicional “muégano”.

Se logró elaborar el muégano con buenas características físicas y sensoriales con las tres formulaciones evaluadas pero la formulación seleccionada fue la que contenía 50% harina de trigo y 50% harina de amaranto.

El muégano seleccionado presentó mejor calidad química, nutrimental y funcional que el control y el comercial ya que tuvo mayor contenido de proteínas, cenizas y fibra; una mejor digestibilidad *in vitro* y relación de eficiencia proteica; así como mayor capacidad antioxidante y contenido de fenoles y fibra dietética.

El producto seleccionado elaborado con harina integral de amaranto presentó muy buena aceptación por parte de los consumidores, así como una elevada calificación de 8.1 en una escala del 1 al 10.

RECOMENDACIONES.

Realizar un análisis microbiológico al producto para determinar su inocuidad.

Determinar un perfil de ácidos grasos al muégano seleccionado para comprobar la calidad de la grasa contenida en el producto.

Realizar un estudio de mercado para determinar la viabilidad con la que el producto podría comercializarse

ANEXOS.

ANEXO 1.

PRUEBA SENSORIAL DE PREFERENCIA

Edad: _____ Sexo: H M Fecha: _____

NOTA: Tome agua antes de iniciar la prueba y posteriormente entre degustación consuma una porción de agua.

INSTRUCCIONES: Pruebe las muestras y ordene según su preferencia, otorgándole un valor del 1 al 3, considerando 1= es la que menos le gusta y 3= es la que más le gusta. No se permiten empates. En el espacio de abajo, explique brevemente porque tomo esa decisión.

MUESTRAS 505 730 910
 _____ _____ _____

¿Porqué?

_____ ¡GRACIAS!

ANEXO 2.

PRUEBA SENSORIAL DE NIVEL DE AGRADO

Edad: _____ Sexo: H M Fecha: _____

NOTA: Tome agua antes de iniciar la prueba.

INSTRUCCIONES: Pruebe el producto "MUEGANO" y sobre la línea indique con una "X" su nivel de agrado hacia el producto. En el espacio de abajo, explique brevemente porque tomo esta decisión.

Escala

Disgusta mucho Es indiferente Gusta mucho

¿Porque?

_____ ¡Gracias!

BIBLIOGRAFIA

- A.O.A.C (1990). Official methods of analysis of the AOAC. 15th edition, published by AOAC inc, arlington. 2:1020.
- A.O.A.C. (2005). Official methods of analysis of association of official analytical chemists, cunnif, published by aoac international edition, usa. (métodos empleados: 925.09, 923.03, 920.39, 954,01 y 989.03)
- Alberth, (2018). Anatomía de un grano de trigo. Fecha de consulta: enero, 2020. Disponible en: <http://albertbrunollach.com/es/grano-2/>
- Alvares-jubete, I, Arendt e.k., Gallagher e.2010.nutritive value of pseudocereals and their increasing use as functional gluten free ingredients.foodscience & technology vol. 21106-11
- Álvarez-jubete, I., Arendt, e.k., Gallagher, e. 2010. Nutritive value of pseudocereals and their increasing use as functional gluten-free ingredients. Trends in food science and technology. Vol. 21: 106-113
- Amanecer en el campo, (2011). El amaranto. Fecha de consulta: marzo de 2020. Disponible en: <http://www.amanecerenelcampo.net/amaranto.htm>
- Amaranto alimento del futuro, (2018). Fecha de consulta: enero 2019. Disponible en: www.amaranto.cl
- Andrade Montalvo José Marlon, (2017),muéganos: un poco de historia y datos curiosos. Fecha de consulta; noviembre 2019. Disponible en: <http://e-culturismo.com/2017/06/25/mueganos-poco-historia-datos-curiosos/>
- Animal gourmet, (2015). Receta muéganos, el crujiente dulce de puebla. Fecha de consulta: noviembre 2019. Disponible en: <https://www.animalgourmet.com/2015/07/15/receta-mueganos-el-crujiente-dulce-de-estirpe-poblana/>
- Ariza, J.A., López, F., Montalvo, C., Arellano, M., Luna, S., Robles, R. (2009).Estudio de la conservación del aceite de amaranto utilizando diversos antioxidantes. Tlaxcala: centro de investigación en biotecnología avanzada-

ipn.Consultadoen:https://www.researchgate.net/publication/267256316_estudio_de_la_conservacion_del_aceite_de_amaranto_utilizando_diversos_antioxidantes

- Ariza-ortega ja, López Valdez F, Montalvo-Paquini C, Arellano-Huacuja A, Luna-Suárez S. Desgomado y neutralizado del aceite de amaranto. R ciencia tec alim. 2001 a; 14: 28-32
- Arnau Vicent Josep, (2018). Propiedades del amaranto. Fecha de consulta: marzo, 2020. Disponible en: <https://www.enbuenasmanos.com/el-amaranto>
- Arqueología mexicana (2019), fecha de consulta; noviembre 2019. Disponible en; <https://arqueologiamexicana.mx/calendarios/el-calendario-de-260-dias>
- Ávila Hernández y dolores (1998). Atlas cultural de México, gastronomía. México, D.F sep, ineh y planeta. pp 5
- Badui Dergal salvador (5ª.ed). (2013). Química de los alimentos. México: Person.
- Badui, S. (2006). Química de los alimentos. Pearson educación, México, pp 736
- Barros, c. Y m. Buenrostro (1997), amaranto. Fuente maravillosa de sabor y salud, México, Grijalbo, p. 158.
- Botanas de amaranto, (2015). Fecha de consulta: diciembre 2019. Disponible en:https://www.feriadelasciencias.unam.mx/antiores/feria20/feria105_01_botanas_de_amaranto.pdf
- Bravo verónica, (2005). Curso de pan casero, formado y fermentación. Fecha de consulta: diciembre 2019. Disponible en: www.curseodepancasero.com.mx
- Campbell, G. M., Fang, C. Y Muhamad, i. I. (2007). On predicting roller milling performance vi - effect of kernel hardness and shape on the particle size distribution from first break milling of wheat. Food and Bioproducts Processing.
- Canimolt (2005). Estructura del grano. Fecha de consulta; noviembre 2019. Disponible en; <https://www.canimolt.org/estructura-del-grano/>
- Castañeda José maría, (2016). Delicioso catálogo de dulces tradicionales mexicanos. Fecha de consulta: enero 2020. Disponible en: <https://masdemx.com/2016/07/delicioso-catalogo-de-dulces-tradicionales-mexicanos/>

- Castañeda José maría, (2016). dulcerías tradicionales. fecha de consulta; Octubre 2019. Disponible en : <https://masdemx.com/2016/07/delicioso-catalogo-de-dulces-tradicionales-mexicanos/>
- Castro elba,(2000), Valoración de la diversidad biológica a través de la cultura alimentaria desde la época prehispánica hasta el siglo XX. diseño de una estrategia educativa radiofónica, Tesis de maestría en educación ambiental. Guadalajara: universidad de Guadalajara.
- Centeotl, (2015). Los aminoácidos esenciales que contiene el amaranto y su función en el organismo. Fecha de consulta: enero 2020. Disponible en: <http://centeotl.org.mx/web/?p=3999>
- Cervantes, M.J. 1986. El amaranto como alimento para animales. p. 354-360. *En*: Primer Seminario Nacional del Amaranto. Chapingo , México.
- Chambers IV, E., & Baker, M. (1996). Sensory Testing Methods. Conshohoken, Pensilvannya, EEUU: ASTM Internationa
- Chang, C., Zhang, H., Xu, J., Li, W., Liu, G., You, M., Li, B. (2006).Identification of allelic variations of puroindoline genes controlling grain hardness in wheat using a modified denaturing PAGE. *Euphytica*,pg 225-234.
- Claribel, (2018). Cuáles son los componentes de la harina de trigo. Fecha de consulta: enero, 2020. Disponible en: <http://www.recetadepan.com/componentes-harina-trigo>
- Colina Joana, guerra Marisa, Guilarte Doralys, Alvarado Carlos. (2012). Contendió de polifenoles y capacidad antioxidante de bebidas elaboradas con panela. Archivos latinoamericanos de nutrición Volumen 62, No 3.
- Corbin juan armando, (2016). Triptófano: características y funciones de este aminoácido. Fecha de consulta: enero 2020. Disponible en: <https://psicologiaymente.com/neurociencias/triptofano-aminoacido>
- Corke,H.(2004). Grin, morphology of internal structure. New york, usa. Editorial elsevier ltd.
- Cruz torres Isaac, (2012). Descubren que el amaranto contiene serotonina, un antidepresivo natural que enciende el gusto por la vida. Fecha de consulta: diciembre, 2019. Disponible en: <http://www.cronica.com.mx/notas/2012/706065.html>

- Cuerpamente, (2014). El amaranto. Fecha de consulta: enero 2020. Disponible en: <https://www.cuerpamente.com/guia-alimentos/amaranto>
- CUNNIF, P (1995). Official Methods of Analysis of AOAC International, 16th edition, USA.
- Daniel J.R and Whistler, R.L, (1990). Fatty sensory properties of polysaccharides Cereal food world.
- De la Cruz Garduño C. (2018). Efecto del deterioro de chía (*Salvia hispánica L.*) sobre su calidad nutrimental. Tesis de Licenciatura. Facultad de Química. UNAM
- Dendy, D. A. V. y Dobraszczuk, B. J. (2004). Cereales y productos derivados. Química y tecnología. Zaragoza, España: Acribia
- Diana, (2014). "El exceso de harinas refinadas es perjudicial para la salud". Fecha de consulta: enero, 2020. Disponible en: <https://www.concienciaeco.com/2014/11/05/el-exceso-de-harinas-refinadas-es-perjudicial-para-la-salud/>
- Dulces típicos de puebla, (2012). Fecha de consulta; noviembre 2019. Disponible en: <https://yeahyeahyeahsdotme.wordpress.com/2012/05/25/dulces-tipicos-de-puebla/>
- Dyner Luis, drago silvina r., Piñeiro Adriana, Sánchez Hugo, Lález rolando, Villamil Edda, valencia Mirta e.(2007). Composición y aporte potencial de hierro, calcio y zinc de panes y fideos elaborados con harinas de trigo y amaranto. Facultad de farmacia y bioquímica, universidad de buenos aires, argentina. Instituto de tecnología de alimentos. Universidad nacional del litoral, santa fe, Argentina.
- Ecoandes, 2020. Disponible en: <http://productosecoandes.com/wp-content/uploads/2020/06/HARINA-DE-AMARANTO-FT-ECOANDES-2020.pdf>. Fecha de consulta: septiembre de 2020.
- El trigo como materia prima, (2013), fecha de consulta: noviembre 2019. Disponible en: <http://materiaprimachezcecil.blogspot.com/2009/08/harinas.html>

- Espitia-Rangel, e., c. Mapes-Sánchez, d. Escobedo-López et al. (2010), conservación y uso de los recursos genéticos de amaranto en México, Celaya, inifap-centro de investigación regional centro, p. 201
- Esquivel Solís Viviana, (2005). Dietas modificadas en carbohidratos: implicaciones fisiológicas. Revista costarricense de salud pública. Vol. 14 no.16
- FAO/OMS/ONU. 1985. Necesidades de energía y de proteínas informe de una reunión consultiva conjunta de expertos. Serie de informes técnicos n° 724. Roma
- Fernández Adela (1985). La tradicional cocina mexicana. México D.F. Editorial panorama.
- Friedman, m. (1996). Nutritional value of proteins from different food sources. Revistaamerican chemical society, 44(1), 6-29.
- García, m. E., Fernández, s. I. Y fuentes I. A.(2015). Determinación de polifenoles totales por el método de folin-ciocalteu. Depto. De tec. De alim. Universidad .Politécnica de Valencia, España. .
- Gomez-pallares, M.Leon,A.E y Rosell,C.M.(2007). De tales harinas tales panes. Granos, harinas y productos de panificación en Iberoamérica. Córdoba, argentina: ediciones Báez. (capítulo 1, págs. 17-72).
- Goñi, i., García, a., & Saura, f. (1997). Starch hydrolysis procedure to estimate glycemic index. Nutrition research, 17(3), 427-437
- Gottau, g. (2016). Vitonica. Todo sobre el amaranto: propiedades beneficios y su uso en la cocina. <https://www.vitonica.com/alimentos/todo-sobre-el-amaranto-propiedadesbeneficios-y-su-uso-en-la-cocina>
- Guesry,p.r,(2005). Impact of funcional food. Forum nutr,pp73-83.
- Guia nutrición, (2017). Minerales del amaranto. Fecha de consulta: enero 2020. Disponible en: <http://www.guia-nutricion.com/grano-de-amaranto/minerales/>
- Harmon, d. (2007). Experimental approaches to study the nutritional value of foods ingredients for dogs and cats. Revista brasileira de zootecnia, v.36, suplemento especial, p.251-262, <https://www.miarevista.es/cocina/entrantes/video/curso-de-pan-casero-formado-y-fermentacion>

- Hoffman r jay and michel falvo, (2013). Proteínas ¿cuál es mejor?. *Department of health and exercise science, college of new jersey, ewing, new jersey, estados unidos*
- Licata marcela, (2015). El amaranto: poco conocido pero muy beneficioso. Fecha de consulta: enero, 2020. Disponible en: <https://www.zonadiet.com/comida/amaranto.htm>
- Lira Osvaldo.(2000). Cocina de México. México : fondo de cultura económica.
- Londoño, j. (2012). Antioxidantes: importancia biológica y métodos para medir su actividad. Corporación universitaria lasallista. Capítulo 9. Parte III. Antioquia – Colombia.
- Lopez Mejía Araceli Ofelia, Lopez Malo Aurelio, Palou enrique. (2014). Capacidad antioxidante de subproductos de semillas de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*). Archivos latinoamericanos de nutrición. Volumen 64.no. 1.
- López Paredes Octavio, (2019). Alimento excepcional mesoamericano- amaranto, su rescate. Miembro del comité de tecnología y diseño.
- López Mejía A, López Malo A, Palou E. Antioxidant capacity of extracts from amaranth (*Amaranthus hypochondriacus* L.) Seeds or leaves o. *Industrial crops and products*. 53, 2014, 55-59.
- Lorenz k. 2003. Triticale en caballero b, trugo l, finglasp. (eds.) *Encyclopedia of food science and nutrition*,5873-5878. Academic press inc., orlando
- Mabile,f.,grill,j y abecassis,j.(2001). Mechanical properties of wheat seed coats. *Cereal chemistry*.
- Manríquez J.A. & J.J. Romero, 1993. *Determinación de la digestibilidad del alimento utilizado en la salmonicultura. Una herramienta para su certificación ambiental*. P. 8–9. Seminario internacional acuicultura y medio ambiente. Santiago, 2–3 septiembre de 1993. Fundación chile. 189 pp
- Mapas de México, (2012). Fecha de consulta; noviembre 2019. Disponible en: <http://noticierostelevisa.esmas.com/nacional/461216/desborda-rio-san-martin-texmelucan>

- Mapes Sánchez Emma Cristina, (2013) . El amaranto. Fecha de consulta: noviembre 2019. Disponible en: http://revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/66_3/pdf/amaranto.pdf
- Martinelli Melanie,(2009). Fecha de consulta; noviembre 2019. Disponible en: http://www.adiveter.com/ftp_public/a3020409.pdf
- Martínez- Manrique, E y Jiménez-Vera, V. (2013). Composición química de los cereales. Fecha de consulta: noviembre 2019. Disponible: http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/semillas/index.php?option=com_content&view=article&id=16&itemid=20
- Mazón nelson, Murillo Angel, Peralta Eduardo, (2003). Catálogo del banco de germoplasma de amaranto (amaranthus spp.) Del iniap –ecuador. Programa
- Montero-Quintero, K. C., Moreno-Rojas, R., Molina, E. A., Colina, M. S., & Sánchez Urdaneta, a. B. (2015). Evaluación de panes enriquecidos con amaranto para regímenes dietéticos. *Interciencia*, 40(7), 473-478. Nacional de leguminosas y granos andinos, departamento nacional de recursos filogenéticos y biotecnología, estación experimental santa catalina quito, ecuador
- Monte Sinaí.(2012).estadísticas obesidad en México. Fecha de consulta: noviembre 2019. Disponible en: http://bajardepeso.clinicamontesinai.com.mx/obesidad_mexico.html
- Quintero K, Molina E y Sánchez-Urdaneta. Composición química del Amaranthus dubius: una alternativa para la alimentación humana y animal. Rev. Fac. Agron. (luz)2015; 28 (supl. 1): 619-627
- Morato Gimferrer Natalia, (2009). Del grano a la harina. Fecha de consulta: noviembre 2019. Disponible en;<https://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/de-l-grano-a-la-harina.html>
- Mujica, a. (1997). El cultivo de amaranto (Amaranthus spp): producción, mejoramiento genético y utilización. Puno.
- Murray, M.T. Pizzorno, J.E. & pizzorno, I. (2005). The encyclopedia of healing foods. Simon and schuster.

- Nieto, c. (1990). El cultivo de amaranto (*Amaranthus spp*) una alternativa agronómica para Ecuador. Iniap, ee. Santa Catalina. Publicación miscelánea n° 52. Quito, Ecuador.
- Nutrisol, (2005). Amaranto y la salud. Fecha de consulta: enero 2020. Disponible en: <http://amarantum.com/amaranto-salud/amaranto.htm>
- Okuno., y Sakaguchi, s. Inheritance of starch characteristic perisperm of *Amaranthus hypochondriacus*. *J. Heredity.*, (1982) 73, 467.
- Paredes-López Octavio (1990). Amaranto: características alimentarias y aprovechamiento agroindustrial, secretaria general de la organización de los estados americanos
- Paredes, O., Guevara, F., & Bello, L (2006). Los alimentos mágicos de las culturas indígenas mesoamericanas. México. Editorial La ciencia para todos. 212:93-101.
- Perez Flores Guadalupe Jesús, Jaime Ordaz Judith, Contrera Lopez Elizabeth. (2002). ¿qué es un alimento funcional? Universidad autónoma del estado de Hidalgo.
- Perlmutter David (2013). Cerebro de pan. La devastadora verdad sobre los efectos del trigo. Revista gestión de las personas y tecnología .buenos aires, editorial Grijalbo, edición n°22.
- Piña Chan, Roman (1987). Una visión del México prehispánico. México: UNAM.
- Rama, M., Tara, R., & Krishnan, C. (1974). Colorimetric estimation of tryptophan content of pulses. *Journal food science and technology.* 11, 213-216.
- Rastogi, a. Y s. Shukla (2013), "amaranth: a new millennium crop of nutraceutical values", *critical reviews in food science and nutrition*, 53:109-125
- Rayas-Duarte, P., C.M. Mock y L.D. Satterlee. 1996. Quality of spaghetti containing buckwheat, amaranth and lupin flours. *Cereal Chemistry* 73 (3): 381-387.
- Reséndiz Castro Jaime, (2003). Los dulces regionales, tradición, costumbre e identidad mexiquense, centro universitario UAEM Texcoco.
- Reyes Renata y Sergio (1990). La historia de la azúcar en México. México, D.F.
- Ritchie, s. Swanson, S.J Y Gilroy,S.(2000). Physiology of the aleurone layer and starchy endosperm during grain development and early seedling growth: new insights from cell and molecular biology. *Seed science research.*

- Roberfroid, m.b. (2002). Aliments fonctionelles: definitions, concepts et strategies. En aliments fonctionelles. paris: ed.tec & doc, pp.1-17.
- Sánchez, S. Maya. 1986. Enriquecimiento del maíz con harina de amaranto en la elaboración de tortilla. P. 421-435. *En*: primer seminario nacional del amaranto. Chapingo, México
- Sánchez Jorge, (2006). Amaranum: la mejor proteína de origen vegetal. Fecha de consulta: diciembre 2019. Disponible en: <https://jorsanuri.wordpress.com/2006/12/22/amarantum-la-mejor-proteina-de-origen-vegetal-para-tu-organismo-la-tenemos-ya-para-ti/>
- Sánchez, M.A. y S. Maya. 1986. Enriquecimiento del maíz con harina de amaranto en la elaboración de tortilla. p. 421-435. *En*: Primer Seminario Nacional del Amaranto. Chapingo, México.
- Serna- Saldívar (2001). Química, almacenamiento e industrialización de los cereales. México D.F.
- Shewry, P. R., Tatham, A. S., Forde, J., Kreis, M., and Mifflin, B. J. 1986 The clasification and nomenclature of wheat gluten proteins: a reassessment. Journal of cereal science, 4: 97-10
- Shewry, P.R y halford, n.g (2002). Cereal seed storage proteins: structures, properties and role in grian utilization. Journal of experimental botany.
- Sonia chavarria Arciniega . Definición y criterios de obesidad. Nutrición clínica 2002 ; 5(4):236-40
- Sumear, K.L (1986). Avances del programa de investigación de Amaranthus de la cica, cusco, primer seminario nacional del amaranto. Chapingo.
- Turnbull, k. M. Y Rahman, s. (2002). Endosperm texture in wheat. Journal of cereal science, pg 327-337
- Vásquez, Francisco; Verdú, Samuel; Islas, Alma R.; Barat, José M.; Grau, Raúl. (2016), efecto de la sustitución de harina de trigo con harina de quinoa (chenopodium quinoa) sobre las propiedades reológicas de la masa y texturales del pan, revista iberoamericana de tecnología postcosecha, vol. 17, núm. 2, 2016, pp. 307-317^a

- Vera paula, (2013). Amaranto, el grano sagrado que aporta más proteínas que la leche. Fecha de consulta: enero, 2019. Disponible en: <https://www.guioteca.com/vida-sana/amaranto-el-grano-sagrado-que-aporta-mas-proteinas-que-la-leche/>
- Villarroel Pia, Gómez Camila, Vera Camila, Torres Jairo, (2018). Almidón resistente: características tecnológicas e intereses fisiológicos. Revista chilena de nutrición.
- Vitonica, (2017), fecha de consulta: noviembre 2019. Disponible en : <https://www.vitonica.com/alimentos/harinas-refinadas-las-claves-para-localizarlas-y-evitarlas-en-tu-alimentacion>
- Wardlaw, c. Y wrigley,c.m (1994). Heat tolerance in temperate cereals: an overview. Australian journal of plant physiology.
- Yara, (2018). Clasificación de trigo. Fecha de consulta: noviembre, 2019. Disponible en: <https://www.yara.com.mx/nutricion-vegetal/trigo/tipos-de-trigo/>
- Zubreski Emilce, (2013). Proceso general de fabricación de harinas, fecha de consulta: enero 2020. Disponible en: <http://www.aulavirtual-exactas.dyndns.org/claroline/backends/download.php?url=l1rftuffsvzfufjq0vtt19gqujssunbq0nttl9erv9iqvjtkftlnbkzg%3d%3d&cidreset=true&cidreq=ia839>
- Zuleta,a. Bingaghi,j.m.greco,b.c.casa,l.tadini,c. Ferrer,p. (2012). Diseño de panes funcionales a base de harinas no tradicionales. 60 pg.

