



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

Desarrollo de una formulación para elaborar pan para hot dog complementado con harina integral de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus L.*)

TESIS

Que para obtener el título de:

Ingeniera en Alimentos

PRESENTA:

Laura Angelica Reyes Moya

ASESOR

Dr. Enrique Martínez Manrique

CO-ASESORA

I.A. Verónica Jiménez Vera

CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO, 2019.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
SECRETARÍA GENERAL
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTO APROBATORIO

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

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

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

Desarrollo de una formulación para elaborar pan para hot dog complementado con harina integral de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.)

Que presenta la pasante: Laura Angelica Reyes Moya

Con número de cuenta: 413083247 para obtener el Título de la carrera: Ingeniería en Alimentos

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

ATENTAMENTE

“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU”

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 04 de Octubre de 2018.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	Q.F.B. Martha Patricia Zúñiga Cruz	
VOCAL	I.A. Miriam Alvarez Velasco	
SECRETARIO	Dr. Enrique Martínez Manrique	
1er. SUPLENTE	M. en C.E. Sandra Margarita Rueda Enríquez	
2do. SUPLENTE	I.A. Verónica Romero Arreola	

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

El presente trabajo se realizó en el Laboratorio de Bioquímica y Fisiología de Granos de la FES Cuautitlán, UNAM, como un proyecto del Taller Multidisciplinario de Procesos Tecnológicos de Cereales con el apoyo del programa PIAPI-1841.

DEDICATORIAS

La presente tesis está dedicada a Dios ya que gracias a él tuve la paciencia y los conocimientos necesarios para concluir esta pequeña etapa de mi vida llamada carrera y que a pesar de los obstáculos que nos llega a poner la vida él siempre nos da las herramientas necesarias para poder superarlos.

A mis padres Norma y Leopoldo porque gracias a ellos estoy aquí, ellos han sido mis maestros de toda la vida siendo mis principales personas a seguir, los admiro infinitamente, porque a pesar de trabajar toda su vida siempre tienen tiempo para su familia, no me canso de verlos todos los días y sentirme tan orgullosa de ellos.

A mis hermanos Antonio y Luz, por su gran compañía en todo momento, por escucharme, por todos los momentos divertidos que hemos pasado, hermano eres un ejemplo a seguir para mí y aunque en algunas ocasiones hemos tenido diferencias siempre estás ahí para escucharme y darme los mejores consejos, eres mi confidente y mi mejor amigo. Hermanita tu eres mi niña hermosa te adoro con todo mi corazón, que, aunque tenemos una diferencia de edad bastante grande eres una niña muy inteligente en algunas ocasiones me sorprende la forma en que piensas, eres muy especial no solo para mí sino para toda la familia, sé que con mi apoyo y el de nuestro hermano vas a llegar a ser una gran persona sigue nuestros consejos y nuestros pasos ya que queremos lo mejor para ti.

A mi cuñada Dania, te convertiste en alguien muy especial para mí y para toda nuestra familia no solo has sido una gran cuñada sino también una gran amiga para mí además por habernos dado un hermoso regalo a mi sobrino Julián mi bebo hermoso me has hecho la persona más feliz del mundo que con solo ver tu carita y esa grandiosa sonrisa que tienes iluminas mi día te amo mucho Juliancito.

A mis amigos Karla, Alicia, Marcelo y Juan Carlos, por su gran apoyo en el transcurso de la carrera, en algunas ocasiones no nos fue fácil pero siempre estuvimos ahí para ayudarnos, por esos grandes momentos que solo se viven en la universidad, gracias por sus grandes consejos y sobre todo por seguir permaneciendo hasta el día de hoy conmigo.

Gracias a todos los quiere Laura Angelica Reyes Moya.

ÍNDICE

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
1. ANTECEDENTES	4
1.1. TRIGO	4
1.1.1 DEFINICIÓN.....	4
1.1.2 ORIGEN E HISTORIA.....	4
1.1.3 ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DEL GRANO.....	5
1.1.4 VALOR ALIMENTICIO	7
1.2 PANIFICACIÓN	8
1.2.1 DEFINICIÓN DE PAN	8
1.2.2 ORIGEN E HISTORIA.....	8
1.2.3 PRINCIPALES INGREDIENTES EN PANIFICACIÓN	9
1.2.3.1 HARINA.....	9
1.2.3.2 AGUA	10
1.2.3.3 LEVADURA.....	10
1.2.3.4 SAL	11
1.2.3.5 AZÚCAR	11
1.2.3.6 MEJORANTES.....	12
1.2.3.7 GRASA.....	12
1.3 SISTEMAS DE ELABORACIÓN	12
1.4 PROCESO DE ELABORACIÓN	13
1.5 TIPOS DE PAN	14
1.6 PAN PARA HOT DOG.....	15
1.6.1 DEFINICIÓN.....	15
1.6.2 ORIGEN E HISTORIA.....	15
1.6.3 COMPOSICIÓN NUTRIMENTAL.....	15
1.7 AMARANTO	16
1.7.1 DEFINICIÓN.....	16
1.7.2 ORIGEN E HISTORIA.....	17
1.7.3 VALOR ALIMENTICIO	17
1.7.4 ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN QUÍMICA.....	18
1.8 FACTORES ANTINUTRIMENTALES	20
1.8.1 TANINOS.....	20
1.8.2 ÁCIDO FITICO.....	21
1.8.3 INHIBIDORES DE TRIPSINA	22

1.9	SITUACIÓN NUTRICIONAL EN MÉXICO	22
2.	METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	24
2.1	OBJETIVOS.....	24
2.1.1	GENERAL	24
2.2.2	PARTICULARES.....	24
2.2	CUADRO METODOLÓGICO	25
2.3	METODOLÓGIA.....	26
2.3.1	MATERIAL BIOLÓGICO	26
2.3.2	PREPARACIÓN DE LA MUESTRA	26
2.3.3	ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL.....	26
2.3.3.1	DETERMINACIÓN DE HUMEDAD	26
2.3.3.2	DETERMINACIÓN DE PROTEINA	26
2.3.3.3	DETERMINACIÓN DE GRASA	27
2.3.3.4	DETERMINACIÓN DE CENIZA.....	27
2.3.3.5	DETERMINACIÓN DE FIBRA	27
2.3.3.6	DETERMINACIÓN DE CARBOHIDRATOS.....	28
2.3.4	ELABORACIÓN DE PAN PARA HOT DOG	28
2.3.5	PARÁMETROS DE CALIDAD FISICA DE PAN PARA HOT DOG	32
2.3.6	PARAMETROS DE CALIDAD PANADERA DE PAN PARA HOT DOG	34
2.3.7	PRUEBA DE PREFERENCIA	37
2.3.8	ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL	37
2.3.9	EVALUACIÓN DE LA CALIDAD NUTRIMENTAL DEL PAN PARA HOT DOG SELECCIONADO	37
2.3.9.1	CUANTIFICACIÓN DE TRIPTOFANO	37
2.3.9.2	DIGESTIBILIDAD <i>IN VITRO</i>	38
2.3.10	DETERMINACIÓN DE FACTORES ANTINUTRIMENTALES	38
2.3.10.1	TANINOS	38
2.3.10.2	ÁCIDO FÍTICO.....	38
2.3.10.3	INHIBIDORES DE TRIPSINA.....	39
2.3.11	PRUEBA DE NIVEL DE AGRADO	39
2.3.12	ANÁLISIS ESTADISTICO	40
3.	RESULTADOS Y DISCUCIÓN	40
3.1	ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL DE LA MATERIA PRIMA	40

3.2	ELABORACIÓN DE PAN PARA HOT DOG CONTROL	41
3.2.1	PRUEBAS DE CALIDAD FÍSICA	41
3.2.2	PRUEBAS DE CALIDAD PANADERA	42
3.3	ELABORACIÓN DE PAN PARA HOT DOG CON DIFERENTES FORMULACIONES	42
3.3.1	PRUEBAS DE CALIDAD FÍSICA	43
3.3.2	PRUEBAS DE CALIDAD PANADERA	44
3.3.3	PRUEBAS DE PREFERENCIA	45
3.3.4	ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL DE PAN PARA HOT DOG COMERCIAL, CONTROL Y FORMULACIÓN SELECCIONADA	46
3.4	EVALUACIÓN DE CALIDAD NUTRIMENTAL DEL PAN PARA HOT DOG SELECCIONADO	47
3.5	EVALUACIÓN DE FACTORES ANTINUTRIMENTALES	48
3.6	EVALUACIÓN DE LA PRUEBA DE NIVEL DE AGRADO	49
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	50
5.	REFERENCIAS	51
6.	ANEXOS	57

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Composición Química del Trigo	8
Tabla 2.	Composición Química de la Harina de Trigo	10
Tabla 3.	Composición nutrimental del pan para hot dog (valores por cada 100g)	16
Tabla 4.	Composición Química del Amaranto por 100 g de parte comestible y en base seca	18
Tabla 5.	Contenido de Ciertos Minerales en Semillas de Amaranto, Quinoa y Trigo	20
Tabla 6.	Escala de evaluación de pan para hot dog	33
Tabla 7.	Escala de Atributos Sensoriales	34
Tabla 8.	Análisis Químico Proximal de Harina de Trigo Tres Estrellas® y Harina de Amaranto	40
Tabla 9.	Formulación para la elaboración de pan para hot dog	41
Tabla 10.	Características físicas de pan para hot dog control y comercial	42
Tabla 11.	Calidad panadera de pan para hot dog control y comercial	42
Tabla 12.	Formulación para la elaboración de pan para hot dog con diferentes porcentajes de harina integral de amaranto	43
Tabla 13.	Características físicas de pan para hot dog comercial, control y diferentes formulaciones elaboradas con harina integral de amaranto	44
Tabla 14.	Calidad panadera de pan para hot dog elaborados con diferentes formulaciones	45
Tabla 15.	Resultados de la prueba sensorial de preferencia de pan para hot dog elaborado con diferentes porcentajes de harina integral de amaranto	45
Tabla 16.	Análisis químico proximal de pan para hot dog de la formulación elegida control y comercial	46
Tabla 17.	Contenido de triptófano y digestibilidad in vitro de pan para hot dog de la formulación seleccionada, control y comercial	47
Tabla 18.	Contenido de factores antinutrientales en pan para hot dog de la formulación seleccionada, control y comercial	48

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura del grano de trigo.....	5
Figura 2. Desnaturalización de la proteína de gluten en el amasado.....	13
Figura 3. Producción de productos elaborados con trigo.	14
Figura 4. Estructura de la Semilla de Amaranto.	18
Figura 5. Incremento de alimentos hipercalóricos, principales factores del sobrepeso y obesidad. 23	
Figura 6. Diagrama de proceso para elaboración de pan para hot dog.	28
Figura 7. Balanza Granataria Eléctrica marca TORREY.	29
Figura 8. Balanza Analítica marca Sartorius Type.....	29
Figura 9. Fermentadora marca Robot Cool.	29
Figura 10. Paleta Mezcladora.	30
Figura 11. Gancho para Masas.....	30
Figura 12. Batidora marca Hamilton.	31
Figura 13. Moldes (15cm de largo-5cm de ancho).	31
Figura 14. Horno Eléctrico marca Robot Cool.	32
Figura 15. Medidas longitudinales de pan para hot dog (largo y ancho).	33
Figura 16. Escala de Atributos Sensoriales Respecto a la Textura de la Miga.	35
Figura 17. Escala de Atributos Sensoriales Respecto al Color de Costra.....	36
Figura 18. Porcentaje de aceptación de prueba de nivel de agrado del pan para hot dog seleccionado.	49

RESUMEN

El amaranto es un pseudocereal de cultivo anual el cual posee un alto valor nutrimental pues tiene un contenido proteico mayor que la mayoría de los cereales, con abundante lisina y triptófano, aminoácidos esenciales que están en baja proporción en los demás cereales; además tiene mayores contenidos de grasa, fibra y minerales como el calcio y el hierro; por esta razón puede usarse como alternativa para elaborar alimentos, que se consumen de manera cotidiana, haciéndolos más nutritivos. Por otra parte, los productos de panificación son consumidos por 70% de la población en México, pero son considerados alimentos de baja calidad nutrimental, dentro de este grupo se encuentra el pan para hot dog, los cuales son fáciles de adquirir y se pueden encontrar en cualquier puesto callejero y en restaurantes de comida rápida. Es por esto que el objetivo de este proyecto fue desarrollar un pan para hot dog usando harina integral de amaranto además de trigo para mejorar su calidad nutrimental. Primero se probaron diferentes formulaciones complementando la harina refinada de trigo con harina integral de amaranto en distintas proporciones (40, 50 y 60 %). Al producto se le realizaron diferentes pruebas como; análisis químico proximal, se le midieron sus propiedades físicas (volumen, volumen específico y medidas longitudinales), así como también se evaluó su calidad panadera (atributos sensoriales como sabor y olor, color de costra y textura de la miga) y una prueba sensorial de preferencia para seleccionar la mejor formulación. Al pan seleccionado se le evaluaron sus propiedades nutricionales, factores antinutrimientales y por último se le realizó una prueba sensorial de nivel de agrado. Los resultados mostraron que la formulación seleccionada fue 60-30-10% harinas de amaranto-trigo-gluten respectivamente, y tuvo mejor calidad nutrimental que un pan comercial. Finalmente, este pan para hot dog tuvo una aceptación del 67% y los jueces le otorgaron una calificación de 7.0 en una escala del 1 al 10.

INTRODUCCIÓN

El pan constituye la base de la alimentación desde hace 7000 u 8000 años. Al principio era una pasta plana y no fermentada (Mesas & Alegre, 2002), pero en la actualidad existen diferentes tipos de pan como lo son el pan común, elaborado con harina de trigo, sal, levadura y agua, al que se le pueden añadir ciertos coadyuvantes tecnológicos y aditivos autorizados; y pan especial, llamado así por su composición, por incorporar algún aditivo o coadyuvante especial, por el tipo de harina, por otros ingredientes especiales (leche, huevos, grasas, cacao, etc.), dentro de estos panes especiales encontramos al pan para hot dog, el cual llegó a México en la década de los 70's a la Paz, Baja California Sur donde se dio a conocer y actualmente es uno de los alimentos más populares en el país por su fácil adquisición (BCS Noticias, 2014). Estos productos son elaborados principalmente con harina refinada de trigo, altos contenidos de azúcar y grasa, por lo que su consumo elevado ha contribuido de manera importante a un incremento en el índice de obesidad en adultos (Shamah *et al.*, 2015).

Para tratar de resolver esto, se ha propuesto hacer uso de ingredientes que eleven la calidad nutrimental de estos productos de consumo masivo, como puede ser el amaranto que es un pseudocereal que posee un alto contenido proteico, aproximadamente del 17% compitiendo con variedades convencionales de trigo que contiene de 12 a 14%, alta concentración de lípidos (7.5 %), el aceite de amaranto posee ácidos grasos insaturados como son: linoleico, oleico y linolénico, así como también un alto contenido en tocoferoles (60.45%) y escualeno (9.26-10.34%) (Ariaza *et al.*, 2016). La semilla de amaranto es una buena fuente de riboflavina, vitamina C y vitamina E, así como sus niveles de minerales como Ca, Mg, Fe, K y Zn son particularmente altos (Arendt & Zannini, 2013). Además, el Amaranto posee abundante lisina y triptófano, aminoácidos esenciales que están en baja proporción en los cereales. Pero esta semilla también puede contener compuestos antinutricionales como taninos, ácido fítico e inhibidores de tripsina (Pichardo *et al.*, 2013), estos compuestos son sustancias que tiene la capacidad de reaccionar o interferir con un nutrimento, disminuyendo su biodisponibilidad (Valle y Lucas, 2000).

Es por esto que se ha propuesto elaborar un pan para hot dog mejorando su calidad nutrimental haciendo uso de harina integral de amaranto para complementar la harina de trigo y gluten pretendiendo que conserve sus propiedades físicas, panaderas y sensoriales y mejorar su calidad nutrimental.

Para elaborar el presente trabajo se realizará lo siguiente; un análisis químico proximal, pruebas de calidad física así como volumen, volumen específico y medidas longitudinales (largo y ancho), pruebas de calidad panadera como olor, sabor, textura de la miga y color de costra, una prueba sensorial de preferencia, también se evaluarán parámetros de calidad nutrimental (cuantificación de triptófano y digestibilidad *in vitro*), un análisis de factores antinutrimientales tal como cuantificación de taninos, inhibidores de tripsina y ácido fítico y por último se le realizará una prueba sensorial de nivel de agrado.

1. ANTECEDENTES

1.1 Trigo

1.1.1 Definición

La palabra trigo proviene del latín *Triticum* cuyo significado es quebrado, triturado o trillado y hace referencia al proceso que sigue para separar la semilla de su cascarilla (Juarez *et al.*, 2014)

El trigo es uno de los principales granos en la dieta de una gran proporción de la población mundial. Tiene un gran impacto en la calidad nutricional de las comidas consumidas por un gran número de personas y consecuentemente en su salud. Su capacidad de los trigos de producir altos rendimientos bajo una amplia gama de condiciones es la razón de su popularidad en comparación con otros cereales, el factor más importante es la capacidad de las proteínas de gluten de trigo para formar una masa viscoelástica, que se requiere para hornear pan con levadura en particular. Estas proteínas del gluten son necesarias para la producción de la gran variedad de alimentos asociados con el trigo en todo el mundo (Arendt & Zannini, 2013)

Actualmente se vienen cultivando cerca de diez especies del género *Triticum*, pero solo dos de éstas presentan interés desde el punto de vista comercial: el *Triticum vulgare* y el *Triticum durum*.

El *Triticum vulgare* se muele con el fin de producir una harina, que se emplea para la confección de pan, pasteles, galletas o productos similares.

El trigo duro o *Triticum durum*, tiene un color ambarino, cariósipide alargada y vítrea, en algunos países como Italia se emplea para la producción de pan y fundamentalmente como sémola para la fabricación de pastas alimenticias (Quaglia, 1991).

1.1.2 Historia y Origen

El género *Triticum* (trigo) se originó en el área que se extiende desde Siria hasta Cachemira, y hacia el sur hasta Etiopía. En un pasado muy remoto, los trigos se desarrollaron gradualmente en esta región a partir de plantas silvestres.

T. aestivum probablemente se generó espontáneamente en algún lugar de las tierras altas iraníes o áreas cercanas. Los hallazgos arqueológicos indican que esta especie se ubica alrededor de 6000 años a.C. La primera evidencia de la utilización del trigo proviene del sitio Ohalo II en la costa del mar de Galilea, Israel, donde se encontraron cebada y trigo silvestre fechado en 19000 años, sugiriendo los primeros pasos hacia la colonización y agricultura de cereales.

El trigo y la cebada se encontraban entre las plantas de cultivo domesticadas más tempranas; la domesticación tuvo lugar hace 10000 años en la precerámica del neolítico cercano al este (Arendt & Zannini, 2013).

Fue introducido en México en la época de la conquista, a través de embarcaciones españolas que arribaron con grandes cantidades de trigo. En 1534, a escasos 13 años de consolidar la conquista, se levantaban importantes cosechas de trigo en las inmediaciones de Texcoco y Puebla (Ramos, 2013).

1.1.3 Estructura y composición del grano

El grano de trigo está dotado de una estructura notablemente compleja, con la forma de una nuez alargada, una única semilla de 6 a 8 mm de largo y de 3 a 4 mm de ancho; presenta longitudinalmente un hundimiento y en la parte opuesta al embrión, una barbilla o pincel (Quaglia, 1991).

El grano de trigo está formado por tres partes principales (figura 1):

- **Pericarpio**, espermodermo, capa celular, capa aleurónica, que contribuyen todas a formar el salvado: del 7.8% al 8.6%. Permite una defensa idónea y salvaguarda al embrión, siendo la sustancia nutritiva necesaria para el embrión en el primer periodo de la germinación (Quaglia, 1991). Contiene vitaminas, minerales y gran cantidad de proteínas (Juarez *et al.*, 2014).
- **Endospermo**: del 87% al 89% (Quaglia, 1991). Proporciona los efectos de alimentación para el embrión. Está compuesto por almidón, proteínas y en menor proporción celulosa; además, tiene una baja proporción de vitaminas y minerales (Juarez *et al.*, 2014).
- **Embrión o Germen**: del 2.8% al 3.5%. Constituye el aparato germinativo del grano, teniendo la función de reservar los nutrientes para el grano (Quaglia, 1991). Es rico en vitaminas del grupo B y E, y también contiene grasas, proteínas y minerales (Juarez *et al.*, 2014).

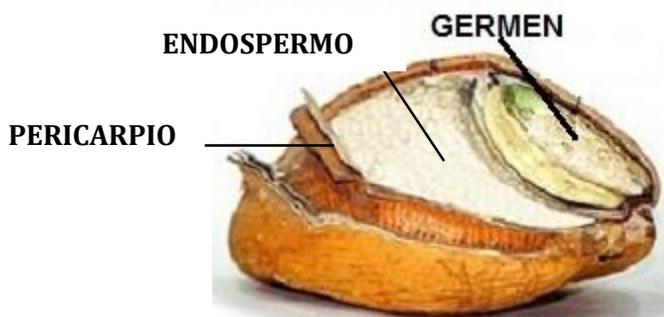


Figura 1. Estructura del grano de trigo

Fuente: Arendt & Zannini, 2013.

El 72% del peso de la cariópside del trigo está constituido por hidratos de carbono, a su vez formados por el 60-68% de almidón, este hidrato de carbono químicamente es una mezcla de polisacáridos muy similares, la amilosa y la amilopectina, el almidón en los cereales está constituido por un 25 % de amilosa y un 75 % de

amilopectina (Alasino, 2009). 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. La fibra dietética soluble está formada por B-glucanos y pentosanos que, principalmente se encuentran en las paredes celulares. Alteran el tránsito intestinal y la absorción de nutrientes, activando los movimientos peristálticos que previenen o combaten la constipación (Juarez *et al.*, 2014).

El contenido proteico del grano de trigo varía entre un 8-17%, dependiendo de la genética y de factores ambientales (Alasino, 2009). Las proteínas del trigo se clasifican de acuerdo con su solubilidad, en cuatro fracciones: albúminas y globulinas, que desde el punto de vista nutricional estas proteínas tienen aminoácidos equilibrados: son relativamente ricas en lisina, triptófano y metionina. Gliadinas y gluteninas las cuales son proteínas de reserva, que son pobres en lisina, triptófano y metionina. Estas proteínas, insolubles en agua, tienen la capacidad de formar gluten lo que les permite constituir una masa fuerte, cohesiva, capaz de retener el gas y dar un producto esponjoso cuando se cocina (Seghezzeo & Molfese, 2006).

Durante el amasado, manual o mecánico, las gluteninas y las gliadinas se desnaturalizan y establecen uniones disulfuros, hidrófobas e hidrófilas que hacen que estos polímeros se orienten longitudinalmente; los esfuerzos mecánicos introducen un intercambio de grupos azufrados entre las múltiples cisteínas. El resultado de este proceso es la formación de la red elástica. La misma se crea por una interacción de las gliadinas y gluteninas y se estabiliza por medio de un gran número de puentes de hidrógeno por parte de la glutenina, y de uniones hidrófobas y enlaces disulfuro intra e intermoleculares. Por su parte, las albúminas y las globulinas del trigo desempeñan un papel importante en la formación de la corteza del pan debido a que favorecen las reacciones de oscurecimiento no enzimático responsable del color y el aroma típico de estos productos (Alasino, 2009).

Los lípidos entran sólo en pequeños porcentajes en la composición química del trigo que son de 1.5-2% (Alasino, 2009), los cuales están distribuidos en el germen, la aleurona, el endosperma y el pericarpio.

Los lípidos del trigo contienen un 70% de lípidos no polares (ácidos grasos libres y triglicéridos), 20% de glicolípidos y 10% de fosfolípidos. Los lípidos polares (glicolípidos más fosfolípidos) mejoran el volumen del pan y las características de la miga. También son considerados responsables por las variaciones de la dureza del grano (Seghezzeo & Molfese, 2006).

El trigo contiene cantidades apreciables de ciertas vitaminas tales como la tiamina, riboflavina, niacina, el ácido pantoténico, el ácido fólico, la biotina, la colina, el inositol, los tocoferoles y la xantofila, precursores de la vitamina A; y a la vez es completamente carente en otras vitaminas como C y D (Alasino, 2009) y en cuanto a los minerales la mayor parte de estos son, potasio, magnesio y hierro las cuales están concentradas en el pericarpio del grano (Seghezzeo & Molfese, 2006), pero

durante la molienda muchos de estos nutrientes se pierden y debido a esta pérdida, las harinas deben ser adicionadas con hierro y vitaminas del complejo B (Juarez *et al.*, 2014).

1.1.4 Valor alimenticio

El valor nutritivo del trigo siempre ha sido una fuente importante de alimento para la humanidad, ya que aporta energía, proteína, vitaminas y minerales, muy necesarios para el crecimiento sano de la población (CANIMOLT, 2005) (tabla 1).

Cabe mencionar que es el segundo cereal más importante en la alimentación de los mexicanos, que consumen en promedio 57.4 kg per cápita al año. El trigo constituye 40% del total del gasto de los hogares mexicanos en cereales y proporciona 10% del total de calorías de la dieta diaria (SAGARPA, 2016).

- Valor energético

El trigo tiene una densidad de energía alta, con 339 calorías por 100 g.

- Carbohidratos

El trigo, contiene alrededor de 71 g de carbohidratos por 100 g. La mayoría de los adultos necesitan alrededor de 225 a 325 g de carbohidratos cada día para apoyar sus necesidades de energía (Ulmer, 2017).

- Proteína

El trigo es una fuente significativa de proteína con aproximadamente 14 g por 100 g. Las proteínas desempeñan un papel central en el crecimiento y reparación de tejidos, y la mayoría de los adultos necesitan alrededor de 50 a 175 g de proteína al día para satisfacer sus necesidades nutricionales (Ulmer, 2017).

- Grasa

El trigo contiene aproximadamente 2,5 g de grasa por 100 g. Tanto el trigo es alto en grasas no saturadas saludables y libre de colesterol. La mayoría de los adultos necesitan alrededor de 44 a 78 g de grasa cada día, y la mayor parte de su consumo de grasas deben provenir de las grasas insaturadas, como las que se encuentran en el trigo (Ulmer, 2017).

- Minerales

El trigo es generalmente alto en minerales y ofrece mayores cantidades de hierro, magnesio y potasio (Ulmer, 2017).

- Vitaminas

El trigo es alto en la mayor parte del complejo de vitamina B, pero no contiene otras vitaminas, de acuerdo con la base de datos del USDA (Ulmer, 2017).

Tabla 1. Composición Química del Trigo.

Valores por cada 100 g	
Calorías	339 cal
Carbohidratos	71 g
Proteínas	14 g
Grasas	2.5 g
Minerales	
Hierro	3.5 mg
Magnesio	144 g
Potasio	431mg

Fuente: Ulmer, 2017.

1.2 PANIFICACIÓN

1.2.1 Definición de pan

El pan es el producto perecedero resultante de la cocción de una masa obtenida por la mezcla de harina de trigo, sal comestible y agua potable, fermentada por especies propias de la fermentación panaria, como *Saccharomyces cerevisiae* (Mesas & Alegre, 2002).

1.2.2 Origen e historia

El pan constituye la base de la alimentación desde hace 7000 u 8000 años. Al principio era una pasta plana, no fermentada, elaborada con una masa de granos machacados groseramente y cocida, muy probablemente sobre piedras planas calientes. Parece que fue en Egipto donde apareció el primer pan fermentado, cuando se observó que la masa elaborada el día anterior producía burbujas de aire y aumentaba su volumen, y que, añadida a la masa de harina nueva, daba un pan más ligero y de mejor gusto. Existen bajorrelieves egipcios (3000 años a. de C.) sobre la fabricación de pan y cerveza, que sugieren que fue en la civilización egipcia donde se utilizaron por primera vez los métodos bioquímicos de elaboración de estos alimentos fermentados (Mesas & Alegre, 2002).

Pero fue Pasteur quien descubrió y describió las levaduras, que tienen la particularidad de transformar los hidratos de carbono, proporcionando en el proceso anhídrido carbónico, que es el responsable de la formación de los alveolos y alcohol etílico, que desaparece por evaporación durante la cocción (Díaz, 2011).

En México, la historia del pan está ligada a la conquista española. Ellos, los españoles, fueron los que nos trajeron el trigo y sus procesos para transformarlo en

alimento. El trigo se siembra, por primera vez, en un solar que perteneció a Hernán Cortés y que fue regalado a Juan Garrido, un esclavo liberado y de los primeros panaderos de la época de la colonia, pero a fines del siglo XVIII, llegan a México los primeros maestros europeos de panadería y pastelería (franceses e italianos), que establecen las primeras negociaciones semejantes a las europeas, talleres donde el jefe de la familia es el maestro y sus hijos los pupilos. En los primeros años del siglo XX, la mecanización de la industria panificadora se inició con el uso de revolvedoras para pan blanco. Hasta 1922 la panadería en México se caracterizó por la preponderancia del pan blanco en los anaqueles de los expendios. De 1923 a 1950, aproximadamente, empezaron a ofrecer bizcochería. El pan en México forma parte de una gran cultura y tradición, por ello, es muy probable que sea el país con mayor variedad de panes, debido a que somos resultado de una fusión cultural indígena, (náhuatl, tolteca, zapoteca, mixteca, otomí, tzetzal, mayas, tarahumaras, huicholes, etc.), y lo que las culturas europeas, principalmente española y francesa nos heredaron. Así, cada estado, municipio y población, cuenta con su propio pan, sin importar su lugar dentro de la geografía nacional. Muestra de ello, son los múltiples panes ceremoniales arraigados a la cultura popular, elaborados especialmente para las fechas tradicionales, como el pan de muerto, la rosca de reyes, el pan de boda o el pan de jueves santo. (CANAINPA, 2016).

1.2.3 Principales ingredientes en panificación

1.2.3.1 Harina

Según la Norma Oficial Mexicana NOM-147-SSA1-1996 describe a la harina como a la obtenida de la molienda del trigo del grano maduro, entero, quebrado, sano y seco del género *Triticum*, L; de las especies *T. vulgare*, *T. compactum* y *T. durum* o mezclas de éstas, limpio, sano en el que se elimina gran parte del salvado y germen y el resto se tritura hasta obtener un grano de finura adecuada.

La composición media de las harinas panificables oscila en los valores presentados en la tabla 2.

Tabla 2. Composición Química de la Harina de Trigo.

COMPONENTE	(%)
Humedad	13 – 15
Proteínas	9 – 14
Almidón	68 – 72
Cenizas	0.5 - 0.65
Materias grasas	1 – 2
Azúcares fermentables	1 – 2
Materias celulósicas	3

Fuente: Mesas & Alegre, 2002.

1.2.3.2 Agua

El agua permite disolver la sal en la masa e hidratar la harina, permitiendo a los granos de almidón hincharse. Hace al gluten más flexible y elástico (QUADRA, 2015), la presencia del agua es parte primordial en lo relativo a la formación de un medio húmedo indispensable para la creación y desarrollo de la fermentación (INTI, 2003) ya que nutre las levaduras, que se reactivan y se multiplican liberando gas carbónico (QUADRA, 2015).

1.2.3.3 Levadura

Las levaduras son organismos vivos, eucariotas, unicelulares, que se encuentran en la naturaleza. Viven en el aire, en la tierra, en frutas o sobre las hojas de algunas plantas. Son hongos que fermentan azúcares simples para producir alcohol y dióxido de carbono (Moreno, 2014).

Las propiedades y la calidad de los productos de panificación dependen en gran medida de las levaduras que se usan en su fabricación pues, forman parte integral de los mismos y les confieren buena parte de sus características organolépticas (Chiva *et al.*, 2014).

Tipos de levadura utilizados en panificación:

- Levadura natural o levadura de masa: se prepara a partir de la microbiota de la propia harina. Para ello, en 3 ó 4 etapas sucesivas, se mezclan harina y agua, se amasa y se deja reposar la masa para que fermente de modo espontáneo. Poco utilizada en la actualidad como levadura única, salvo en elaboraciones artesanales muy concretas, tiene su principal aplicación en la elaboración de la masa madre empleada en el sistema de elaboración mixto (Mesas & Alegre, 2002).

- Levadura comercial o levadura de panadería: se prepara industrialmente a partir de cultivos puros generalmente de *Saccharomyces cerevisiae*. Se comercializa en distintas formas: prensada, líquida, deshidratada activa o instantánea, en escamas. Tiene aplicación en todos los sistemas actuales de elaboración de pan (Mesas & Alegre, 2002).
- Levaduras químicas o impulsores de masas: son aditivos gasificantes que básicamente consisten en la mezcla de un ácido y un compuesto alcalino que con el amasado y el calor de la cocción reaccionan generando CO₂. Su aplicación real corresponde más a la pastelería que a la panificación (Mesas & Alegre, 2002).

1.2.3.4 Sal

Esta refuerza las propiedades plásticas de la masa y las mejora notablemente:

- Fortaleciendo el gluten, aumentando la firmeza de la masa y mejorando su manejabilidad. La falta de sal en la masa se manifiesta con masas blandas, pegajosas y suaves y la miga del pan se desmorona.
- Aumentando la absorción de agua.
- Confiere sabor (INTI, 2003).

Además, la sal favorece la coloración de la superficie del pan, dando a la corteza una coloración más viva, haciéndola más crujiente y confiriéndole un aroma más intenso (Quaglia, 1991).

1.2.3.5 Azúcar

Los azúcares que están presentes en la masa del pan son de varios tipos:

- 1) Azúcares presentes en la harina, solo una pequeña parte (cerca del 1%) de estos son capaces de fermentar.
- 2) Maltosa, azúcar derivado de la acción de la alfa-amilasa sobre el almidón presente en la harina; esta clase de azúcar es susceptible de fermentar y por lo tanto la cantidad presente derivada de la actividad enzimática, tiene una importancia notable, desde el punto de vista tecnológico.
- 3) Azúcares añadidos.

La levadura inicialmente ataca los azúcares fermentables que están presentes en la harina, como la maltosa formada en la hidrólisis del almidón (Quaglia, 1991).

Los azúcares que se añaden a la masa, además de la función de conferir un sabor dulce y ser alimento para las levaduras, tienen efecto sobre la propiedad de absorción sobre el tiempo de desarrollo de la masa y sobre las características organolépticas del producto como el color de su superficie y su aroma.

También asegura una mejor conservación del producto ya que permite una mejor retención de la humedad, manteniendo más su blandura inicial y retrasando el proceso de endurecimiento (Quaglia, 1991).

1.2.3.6 Mejorantes

Se encuentran dentro del grupo de los acondicionadores de la masa y estos últimos se definen como cualquier material o combinación de materiales añadidos a una masa que contiene levaduras para mejorar y controlar la producción de gas, la retención de gas o ambas. Existen diferentes tipos de mejorantes. La mayoría de los que se emplean son diferentes enzimas, ya sean amilasas, hemicelulasas o proteinasas (Moreno, 2014).

Dentro de las enzimas, en panificación, destacan las α -amilasas. Son una serie de enzimas que catalizan la hidrólisis de las moléculas de almidón, es decir, la amilosa, la amilopectina no ramificada y los polímeros de cadena larga y ramificados de maltosa, generando moléculas de cadena corta no ramificadas conocidas como dextrinas. La mayor parte de las enzimas de trigo no contienen suficiente α -amilasa por lo que es común ajustar el contenido añadiéndola en forma de materia prima (Moreno, 2014).

1.2.3.7 Grasa

Se emplean como mejorantes de las características de las masas y como conservante. La adición de estos confiere a la miga una estructura fina y homogénea, ya que el gluten, al tener la posibilidad de estirarse sin romperse, retiene las burbujas de gas evitando que se unan formando burbujas más gruesas, existiendo la posibilidad de estirar las masas sin romperse (Quaglia, 1991).

1.3 Sistemas de elaboración

Estos sistemas se clasifican desde el punto de vista de la fermentación de la levadura y se denominan sistemas convencionales.

Métodos convencionales: son aquellos que requieren de un periodo de varias horas para la fermentación de la masa para obtener un adecuado desarrollo; dentro de estos se clasifican en método directo, esponja o poolish y método mixto (Chica, 2015).

Directo: Es el menos frecuente y se caracteriza por utilizar exclusivamente levadura comercial. Requiere de un periodo de reposo de la masa de unos 45 minutos antes de la división de la misma. No es útil en procesos mecanizados con división automática volumétrica (Mesas & Alegre, 2002).

Sistema Poolish o de Esponja: Es el método empleado por las grandes industrias panificadoras. Este método emplea una primera etapa en donde se utiliza un 50-75% de harina y un 60-70% de agua, malta, azúcar y levadura, dejando la esponja en reposo. En la segunda etapa la esponja fermentada se amasa, y se agrega el resto de los componentes obteniéndose un amasado final (Chica, 2015).

Mixto: Es el sistema más frecuente en la elaboración de pan común (Mesas & Alegre, 2002), este sistema es el más utilizado por su aporte en aromas y sabor,

aquí se mezclan todos los ingredientes, se amasa, se divide y después se forma (Chica, 2015).

1.4 Proceso de elaboración

Amasado. - Sus objetivos son lograr la mezcla íntima de los distintos ingredientes y conseguir, por medio del trabajo físico del amasado, las características plásticas de la masa, así como su perfecta oxigenación. Gracias a los enérgicos movimientos conseguimos que las cadenas largas de gluten atrapen las burbujas de CO₂ a la vez que favorecemos nuevos enlaces de hidrógeno haciendo que la masa sea más consistente tal y como se muestra en la Figura 2 (Masas & Alegre, 2002).

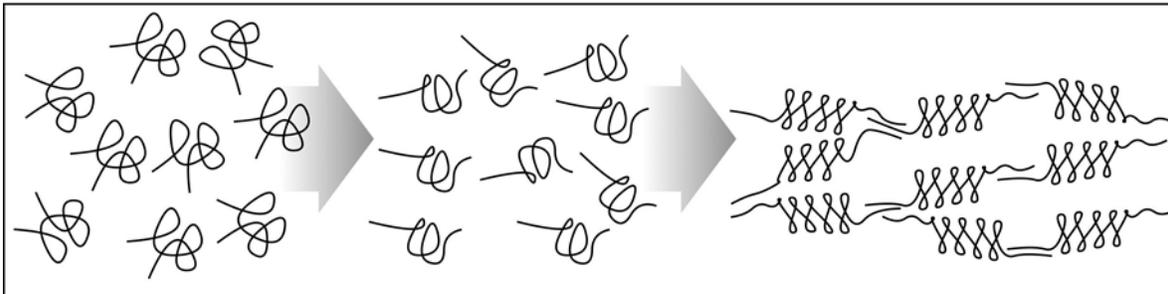


Figura 2. Desnaturalización de la proteína de gluten en el amasado.

Fuente: García, 2015.

Formado. - Esta operación consiste en dar forma simétrica a los trozos de masa dependiendo del tipo de pan (Flecha, 2015).

Fermentación. - Es el periodo de reposo de la masa, una vez que las piezas han sido formadas y que permite, en condiciones favorables, la activación de las levaduras y de las enzimas presentes en la harina. Tienen lugar una serie de reacciones en las que el almidón se convierte en azúcares por acción enzimática y las levaduras emplean estos azúcares como sustrato para sus reacciones de fermentación alcohólica. En estas se produce dióxido de carbono y alcohol. El dióxido de carbono queda retenido en los alveolos que se habían formado en la red de gluten durante el amasado, provocando la expansión de la masa. Algunos de los subproductos de la fermentación son ácidos que pueden contribuir al flavor del pan (Moreno, 2014).

Cocción. - Es la fase que cierra el ciclo del proceso de elaboración del pan y se considera una de las etapas claves, ya que de una buena cocción obtendremos un pan con un conjunto de cualidades organolépticas que definirán su calidad final (Flecha, 2014), la velocidad de la transferencia de calor aumenta de tal forma que el exterior de la pieza de pan se deshidrata, formándose la corteza, mientras que en el interior el almidón se hincha, gelatiniza al absorber agua, y la proteína coagula (Moreno, 2014), el desarrollo del pan en el horno se verá directamente beneficiado por ese gas carbónico que impulsará, al expandirse por efecto del calor, a la masa durante los primeros minutos de cocción, junto con la acción de la levadura y los enzimas presentes en la masa (Flecha, 2015).

1.5 Tipos de pan

El consumo de pan per cápita anual en México es de 33 kg (CANAINPA, 2009), en donde se estima que el 70% de los mexicanos consumen pan frecuentemente (MERCWISE, 2017).

Actualmente existen a nivel nacional más de 30 mil unidades de producción en donde de cada 10, nueve operan en la elaboración de pan y el resto de la producción corresponde a galletas, pastas y a la molienda de trigo (Figura 3).

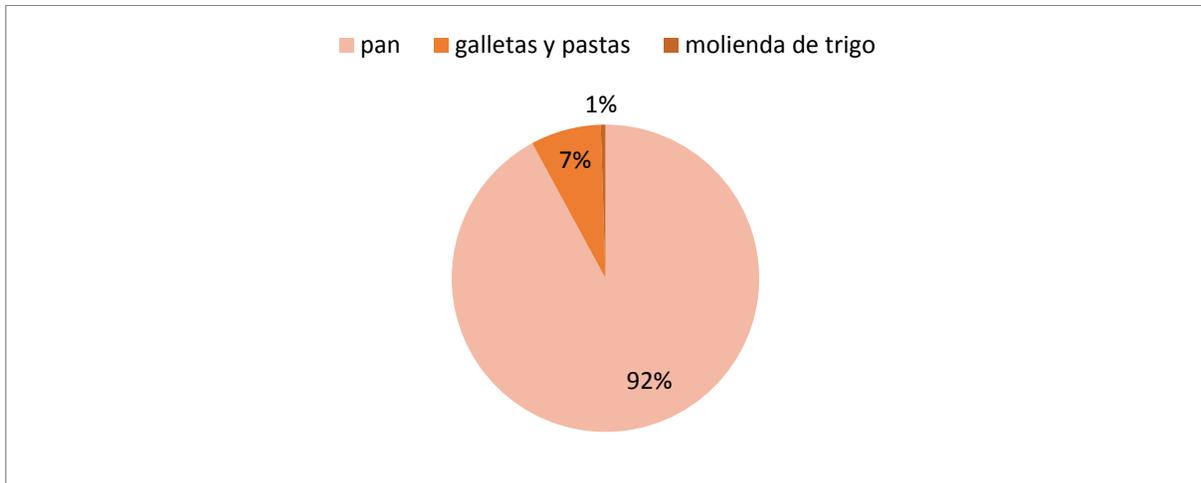


Figura 3. Producción de productos elaborados con trigo.

Fuente: CANAINPA, 2009.

Dicha producción se divide en diversos tipos de pan:

1.- Pan común, se define como el de consumo habitual en el día, elaborado con harina de trigo, sal, levadura y agua, al que se le pueden añadir ciertos coadyuvantes tecnológicos y aditivos autorizados. Dentro de este tipo se incluyen:

- ✓ Pan bregado, de miga dura, español o candeal, es el elaborado con cilindros refinadores.
- ✓ Pan de flama o de miga blanda, es el obtenido con una mayor proporción de agua que el pan bregado y normalmente no necesita del uso de cilindros refinadores en su elaboración (Alimentación, 2014).

2.- Pan especial, es aquel que, por su composición, por incorporar algún aditivo o coadyuvante especial, por el tipo de harina, por otros ingredientes especiales (leche, huevos, grasas, cacao, etc.), por no llevar sal, por no haber sido fermentado, o por cualquier otra circunstancia autorizada, no corresponde a la definición básica de pan común. Como ejemplos de pan especial tenemos:

- ✓ Pan integral, es aquel en cuya elaboración se utiliza harina integral, es decir, la obtenida por trituración del grano completo, sin separar ninguna parte del mismo (Mesas & Alegre, 2002).
- ✓ Pan de Viena, es el elaborado con azúcar, huevo, leche, harina, levadura y materias grasas, en forma de barra o panecillo abizcochado (Alimentación, 2014), es uno de los panes más populares, utilizado especialmente para hot

dog (ese sándwich simple de salchicha), se caracteriza por tener una excelente esponjosidad, suavidad, y un sabor dulce (Viagourmet, 2013).

- ✓ Pan de molde o americano, es el pan de corteza blanda en cuya cocción se emplean moldes (Mesas & Alegre, 2002).
- ✓ Pan de cereales, es el elaborado con harina de trigo más otra harina en proporción no inferior al 51%. Recibe el nombre de este último cereal. Ejemplo: pan de centeno, pan de maíz, etc.
- ✓ Pan de huevo, pan de leche, pan de miel y pan de pasas, etc., son panes especiales a los que se añade alguna de estas materias primas, recibiendo su nombre de la materia prima añadida (Mesas & Alegre, 2002).

1.6 PAN PARA HOT DOG

1.6.1 Definición

Bizcocho en forma de barra de textura suave al que se le abre un corte lateral, generalmente viene en presentación comercial de 8 piezas (BIMBO, 2015).

1.6.2 Origen e Historia

Este pan fue creado en Viena en el siglo XIX, en esta ciudad austríaca (Viagourmet, 2013), pero fue en Alemania en donde estos panes se dieron a conocer como Hot Dog o Perritos calientes antes de que los inmigrantes de origen alemán los llevaran a Estados Unidos y se convirtiera en una comida callejera muy popular entre la clase media. En Nueva York se abrió paso en la primera década del siglo XIX gracias a la contribución de varios carniceros europeos que se dedicaron a 'replicar' la salchicha en el nuevo continente. Al parecer, el carnicero alemán Charles Feltman fue el primero en vender perritos calientes en unos carritos en las playas de Coney Island (Cerca de Nueva York) en 1867. El éxito de ventas que tuvo hizo que su carrito cobrara un mayor tamaño y que finalmente se incorporaran diversos camareros en él (Smith, 2006), pero fue hasta la década de los setentas que el hot dog llegó a México, fue en la Paz, Baja California Sur donde tuvo sus primeros indicios y actualmente son uno de los alimentos más populares en todo México. Son tan fáciles de adquirir que, se pueden encontrar en cualquier puesto callejero y en restaurantes de comida rápida (BCS Noticias, 2014).

1.6.3 Composición Nutricional

El pan para hot dog de la marca BIMBO® tiene un elevado porcentaje de carbohidratos y es deficiente en fibra dietética (Tabla 3).

Tabla 3. Composición nutrimental del pan para hot dog (valores por cada 100g)

Valores por cada 100 g	
Calorías	272 kcal
Grasas totales	3.3 g
Carbohidratos	50 g
Fibra Dietética	3.2 g
Proteínas	9 g

Fuente: BIMBO, 2018.

Estos panes son elaborados principalmente con harina refinada de trigo, azúcar y grasa (BIMBO, 2018).

La industria panificadora va dando pasos, consolidándose más cada día, introduciendo al mercado productos que vayan de acuerdo con los cambios de hábitos alimenticios de la población, sin perder la esencia artesanal. Actualmente las personas cuidan más su salud y ponen más interés en su comida como es el caso del pan (CANAINPA, 2009), por lo que se han realizado estudios para mejorar su valor nutritivo haciendo uso ingredientes funcionales, por lo que una de las recomendaciones es la adición de mezclas de diferentes semillas, granos de otros tipos de cereales o pseudocereales (Sanz, 2011), como el amaranto.

1.7 Amaranto

1.7.1 Definición

El amaranto es un pseudocereal de cultivo anual. La palabra amaranto significa inmarcesible, que no se marchita; y viene del griego *Amaranton* de *a* (sin) y *marainein* (marchitar, palidecer) (Hernández & Herrerías, 1998).

La familia *Amaranthacea* comprende más de 60 géneros y aproximadamente 800 especies de plantas herbáceas anuales o perennes, de las cuales tres son las principales productoras de grano: *A. hypochondriacus*, cultivados en México y en Guatemala, y el *A. caudatus* que se siembra en Perú.

El amaranto es una planta de hojas anchas. Las variedades varían de ramificadas a no ramificadas, postradas a erectas, y de enanas a más de 4 m de altura. Las hojas son normalmente elípticas, con una punta aguda y una base cuneada; el tamaño de la hoja varía significativamente entre y dentro de las especies. Las flores son inflorescencias indefinidas. Algunas de las cabezas de las semillas de 5 cm de largo, se asemejan a las del sorgo, las semillas son extremadamente pequeñas (0.9-1.7 mm de diámetro).

De acuerdo con Arendt & Zannini (2013), 1000 semillas pesan 0.5-1.2 g; alternativamente, 1 g puede contener 850-1700 semillas. Se producen en grandes cantidades, a veces más de 50000 en una planta, y varían en color de color crema, oro, rosa, negro, marrón, amarillo o blanco.

1.7.2 Origen e Historia

Los estudios arqueobotánicos realizados en las cuevas del valle de Tehuacán, cuya falta de humedad hizo posible la conservación de restos vegetales, permiten saber que nuestros antepasados cultivaron, desde los años 9 000 a 5 000 a. C., una mayor variedad de plantas comestibles que sus contemporáneos europeos; entre otras, diversas clases de chile, maíz, frijol, aguacate, cacahuete, tomate, ciruela, zapote, guayaba y calabaza. Otra de esas plantas es el amaranto, que en lengua náhuatl se conoce como huauhtli y actualmente recibe el nombre de alegría en diversas regiones. La especie *A. cruentus* tiene una antigüedad de 4000 años, y sus semillas fueron halladas en grietas de la cueva de Coxcatlán, en Tehuacán, Puebla. Las muestras arqueobotánicas de *A. hypochondriacus* son de 500 años antes del descubrimiento de América (Mapes, 2015).

Los amarantos fueron nombrados huauhtli por los aztecas. En el náhuatl del siglo XVI huauh fue un radical nominal independiente, no relacionado con alguna otra raíz; huaqui, “secar”, daría el nombre huactli o “una cosa secada en el exterior”, palabra que no se puede derivar de alguna raíz uto-azteca (Mapes, 2015).

El amaranto en la Mesa Central de México fue uno de los granos mayormente cultivados como alimento en los tiempos anteriores a la Conquista. Entre los aztecas y sus vecinos, el grano tuvo además gran importancia religiosa (Mapes, 2015).

1.7.3 Valor alimenticio

El Amaranto posee un alto contenido proteico, aproximadamente 17%. La semilla de Amaranto compite bien con variedades convencionales de trigo que contiene de 12 a 14% de proteína, con el arroz que contiene de 7 a 10%, con el maíz que contiene de 9 a 10% de proteínas (tabla 4) y con otros cereales de gran consumo. Además, el amaranto posee abundante lisina y triptófano, aminoácidos esenciales que están en baja proporción en los demás cereales. El Amaranto tiene el doble de lisina que el trigo, el triple que el maíz, y tanta lisina como la que se encuentra en la leche (Amaranto, 2007).

Tabla 4. Composición Química del Amaranto por 100 g de parte comestible y en base seca

Característica	Contenido (%)
Proteína	12 – 19
Carbohidratos	71,8
Lípidos	6,1 - 8,1
Fibra	3,5 - 5,0
Cenizas	3,0 - 3,3

Fuente: Amaranto, 2007.

1.7.4 Estructura y Composición Química

En la semilla se distinguen cuatro partes importantes (figura 4):

- Episperma, es la cubierta seminal, constituida por una capa de células muy finas.
- Endosperma, que viene a ser la segunda capa; embrión formado por los cotiledones que es la más rica en proteínas.
- Perisperma, parte interna rica en almidones que son fácilmente degradables por α -amilasas (Arendt & Zannini, 2013).

El embrión de la semilla es campilotropous, es decir, circular, con sus extremos casi tocando y encerrando el perispermo. El embrión es por lo tanto bastante grande y representa aproximadamente el 25% del peso del grano. La cubierta de la semilla es completamente lisa y delgada y constituye el 26% del peso del grano. En general, la semilla de amaranto se caracteriza por niveles relativamente mayores de proteínas y lípidos y menor contenido de almidón que los principales cereales (maíz, arroz y trigo) (Arendt & Zannini, 2013).

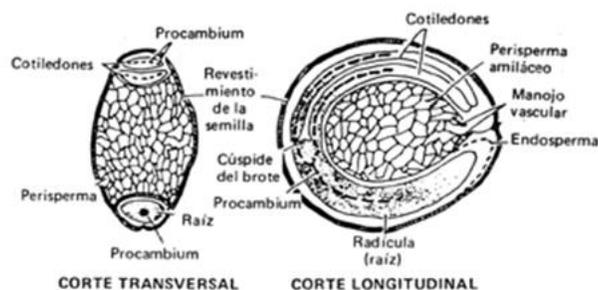


Figura 4. Estructura de la Semilla de Amaranto.

Fuente: Arendt & Zannini, 2013.

- **Carbohidratos**

De los hidratos de carbono, el componente más abundante es el almidón (Calzetta, 1999), representa entre 50 y 60% de su peso seco (Becerra, 2000).

El contenido de amilosa del almidón de amaranto es mucho más bajo comparado con el de otros cereales, estos valores varían de 0.1 a 11.1%. La amilopectina de amaranto está compuesta de glucanos de cadena corta con un peso molecular promedio de 11.8×10^6 g/mol. En comparación con el almidón de maíz, el almidón de amaranto presenta una excelente estabilidad de congelación-descongelación y retrogradación, mayor temperatura y viscosidad de gelatinización, mayor capacidad de unión con agua y mayor poder de hinchamiento (Arendt & Zannini, 2013).

- **Fibra Dietética**

El contenido en fibra del amaranto (6,7%) es superior al de la mayoría de los cereales y contribuye a la buena marcha del intestino y al cuidado de la microbiota o flora intestinal (CUERPOMENTE, 2017).

- **Proteína**

El amaranto posee entre 14 y 18 g de proteína valor superior al de todos los cereales (p.e. trigo: 10 a 15 g; arroz: 5 a 8 g). Las extraordinarias propiedades nutricionales y fisicoquímicas de la proteína del amaranto están bien documentadas. Su importancia no radica en la cantidad sino en la calidad de la misma con un excelente balance de aminoácidos (ante todo las esenciales). El amaranto se destaca por un contenido importante de lisina, aminoácido esencial en la alimentación humana, que comúnmente es más limitante en otros cereales (Ortega, 2012).

A diferencia de los granos más comunes, las proteínas en amaranto están compuestas principalmente de globulinas y albuminas, y contienen muy poca o ninguna proteína de almacenamiento de prolamina (componentes principales de la fracción proteica del gluten) y también proteínas tóxicas en la enfermedad celíaca. (Arendt & Zannini, 2013).

- **Lípidos**

El amaranto posee una alta concentración de lípidos (7.5%), el aceite de amaranto está compuesto de ácidos grasos insaturados como son: linoleico, oleico y linolénico, así como también un alto contenido en tocoferoles (60.45%) y escualeno (9.26-10.34%) (Ariaza *et al.*, 2016), esta es una sustancia grasa antioxidante con efectos protectores sobre la piel, el sistema circulatorio y los intestinos (CUERPOMENTE, 2017).

- **Minerales**

El contenido de minerales (cenizas) del amaranto es aproximadamente dos veces más alto que el de otros cereales (tabla 5). Los niveles de Ca, Mg, Fe, K y Zn son particularmente altos.

Tabla 5. Contenido de Ciertos Minerales en Semillas de Amaranto, Quinoa y Trigo.

Mineral	Amaranto (mg/100g)	Quinoa (mg/100g)	Trigo (mg/100g)
Calcio	159.1	47	34
Magnesio	248.2	197	144
Zinc	2.87	3.10	1.2
Potasio	508	563	431
Fosforo	557	457	508
Hierro	7.61	4.57	3.52

Fuente: Arendt & Zannini, 2013.

- **Vitaminas**

En cuanto a vitaminas el amaranto contiene: riboflavina (B2), niacina (B3), ácidos fólico (B9) y ascórbico (Vit C) y tiamina (Vit A) (Amarantole, 2017).

1.8 Factores Antinutrimientales

El término antinutrientes se utiliza para calificar a aquellos compuestos que afectan el valor nutricional de algunos alimentos, especialmente semillas, pues dificultan o inhiben la asimilación de nutrientes que provienen de alimentos generalmente de origen vegetal (proteínas y minerales); desde el punto de vista bioquímico estos factores son de naturaleza variada y pueden llegar a ser tóxicos o causar efectos fisiológicos poco deseables como la flatulencia; distensión estomacal, afectaciones pancreáticas, aglutinación de glóbulos rojos, disminución en la asimilación de nutrientes, entre otros; los factores antinutricionales son sustancias naturales no fibrosas, generadas por el metabolismo secundario de las plantas como mecanismo de defensa a situaciones estresantes o contra el ataque de mohos, bacterias, insectos y aves (Elizalde *et al.*, 2009).

1.8.1 Taninos

Son compuestos fenólicos incoloros o amarillo-café y con sabor amargo, solubles en agua, alcohol y acetona. De acuerdo con su estructura y reactividad con agentes hidrolíticos, particularmente ácidos, se han dividido en dos grupos: hidrolizables y condensados.

Los taninos reaccionan con cloruro férrico y otras sales. La mayoría de los animales no metabolizan los complejos que se forman entre proteínas y taninos, lo que hace que se reduzca el valor nutritivo del alimento; las interacciones de estos dos conjuntos se favorecen a temperaturas altas y en ciertas condiciones de pH y de fuerza iónica.

Estos tienen la capacidad de precipitar proteínas, el mecanismo es una interacción de los taninos con las cadenas peptídicas, que establece uniones resistentes al agua y al calor (Fennema, 1997). Es bien conocida la capacidad que tienen los taninos de precipitar proteínas presentes en la saliva, conduciendo a la sensación de astringencia de ciertos alimentos y bebidas de origen vegetal, otra desventaja que presentan los taninos, es su capacidad de inhibir enzimas digestivas, lo cual compromete seriamente no solo la digestión de proteínas sino también de otros macronutrientes. Por ejemplo, se ha identificado que la formación de complejos entre alfa-amilasa y taninos, complica la degradación, asimilación y absorción de carbohidratos provocando una mala absorción de estos en forma de almidón conduciendo al retraso en el crecimiento (Vázquez, 2012).

1.8.2 Ácido Fítico

Este se encuentra naturalmente en diferentes alimentos, principalmente en cereales, soya, zanahoria, etc., como un complejo de fitato-mineral-proteína, incluso se ha sugerido que también pueden formar complejos con los carbohidratos. Este compuesto decrece de la unión de gastroferrina, por lo que disminuye la absorción del calcio, magnesio, hierro y zinc en el intestino (Badui, 2006). Una absorción inadecuada de calcio produce raquitismo que se caracteriza por deformaciones de los huesos que se doblan con facilidad y debilidad del estado general.

El magnesio es el cuarto catión más abundante del cuerpo y el catión divalente intracelular más abundante, su déficit da lugar a contracturas musculares y temblores en los músculos.

El hierro actúa en el transporte de oxígeno en la sangre y en el almacenamiento de oxígeno en los músculos y en las enzimas energéticas. Estados de déficit de este elemento conducen a anemia, cansancio, trastornos en el metabolismo energético, en el sistema inmune, aumentando el riesgo de infecciones.

El zinc participa en los procesos de crecimiento, en el aparato reproductor, en el sistema inmune, en la síntesis de proteínas, en el proceso de cicatrización de heridas y además es un componente importante de muchas enzimas. Estados de carencia de zinc se han relacionado con la anorexia, dermatitis, alteraciones del sentido del gusto, retraso en el crecimiento (Perelló, 2004).

Se ha demostrado que el pan integral puede llegar a contener ácido fítico cuando no se usan levaduras para su elaboración, ya que estos organismos poseen fitasas que se encargan de hidrolizar a los grupos fosfato (Badui, 2006).

1.8.3 Inhibidores de tripsina

Estos factores se pueden definir como compuestos termo lábiles de naturaleza proteica, que alteran la digestión de las proteínas, inhibiendo la acción de las enzimas digestivas que se enfocan hacia la hidrólisis de las proteínas de la dieta; los más conocidos son los que reaccionan con proteasas de serina (Elizalde *et al.*, 2009).

Estas enzimas contienen relativamente grandes cantidades de aminoácidos azufrados, incluyendo a la metionina.

El efecto más importante de los inhibidores de proteasas es la inhibición del crecimiento, producida principalmente por la inactivación de la tripsina y la quimotripsina, debido a la formación de complejos estables e inactivos; esto origina una hidrólisis incompleta de las cadenas peptídicas por parte de estas enzimas digestivas y por consiguiente, una disminución en la digestibilidad de la proteína; conjuntamente se ocasiona un aumento en la secreción pancreática de enzimas digestivas (Elizalde *et al.*, 2009).

1.9 Situación Nutricional en México

Nuestro país se encuentra en lo que se conoce como “transición epidemiológica”, fenómeno que se caracteriza por combinar los antiguos problemas de salud ligados con la pobreza, que no han sido aún resueltos, con los problemas nuevos asociados a la urbanización. Una alimentación y nutrición adecuada son la base para la supervivencia, la salud y el crecimiento del ser humano. La desnutrición a largo plazo tiene efectos negativos sobre el desarrollo cognoscitivo y motor, la inmunidad y tal vez la incidencia de enfermedades crónico-degenerativas. En el ámbito internacional se ha estimado que 178 millones de niños menores de cinco años en el mundo sufren de desnutrición crónica (baja talla para la edad), la cual es responsable del 35% (3.5 millones) de muertes en este grupo de edad (Shamah *et al.*, 2015).

En México se pueden observar diversos trastornos de la nutrición, pero en función de su prevalencia alcanzan particular relevancia en la salud pública. Algunos de ellos son la desnutrición infantil, la anemia atribuible a deficiencia de hierro y la obesidad, así como enfermedades asociadas a ella. Estos tres padecimientos son multifactoriales y endémicos, de manera que ponen en peligro bienes tan fundamentales como la supervivencia y la salud, elevando su costo tanto para el individuo como para la sociedad (Bourges, 2008).

La desnutrición es parte del “síndrome de privación social”, es acompañante habitual de la pobreza, la insalubridad y la marginación y afecta particularmente a los niños (Bourges, 2008), en donde 1.5 millones de niños en el país la padecen (Shamah *et al.*, 2015) sobre todo a los menores de 3 años y a las mujeres embarazadas o lactantes.

La anemia es una manifestación tardía de la deficiencia de hierro que, por cierto, es la más común en la escala mundial. Es muy posible que confluyan también otras

deficiencias incluyendo la de vitamina C, que las parasitosis intestinales contribuyan a la pérdida de hierro y que la forma química del hierro ingerido no sea la de mejor absorción. Este padecimiento, también secular y endémico en nuestro país, afecta en particular a los niños menores de cinco años y a las mujeres en edad reproductiva, principalmente a embarazadas (Bourges, 2008). Por su parte, el sobrepeso y la obesidad son trastornos alimenticios que reduce la esperanza de vida, eleva el riesgo en operaciones quirúrgicas y en el parto, afecta la autoestima y favorece la discriminación social de los pacientes. Además, está asociada en forma íntima con la aterosclerosis por exceso de colesterol en la sangre (que puede causar infarto cardiaco), la diabetes tipo 2, la hipertensión arterial y ciertos tumores malignos. La explicación no es del todo clara. Casi siempre la obesidad tiene un componente genético y un componente ambiental; la población mexicana parece ser genéticamente más susceptible, pero los determinantes centrales de la epidemia son ambientales y tienen que ver con cambios sociales, demográficos y culturales que han modificado la forma de vivir, en particular la manera de alimentarse y los hábitos de actividad física. La epidemia de obesidad y enfermedades crónicas con ella relacionadas coincide en gran medida con el proceso de urbanización acelerada y desordenada que se ha experimentado en México, con la migración de pobladores rurales a las ciudades y con cambios inducidos por la globalización (Bourges, 2008).

En términos generales, ante las presiones de la vida urbana moderna, una parte creciente de nuestra población incurre en una combinación lamentable: hace menos actividad física y ha descuidado y deteriorado sus hábitos de alimentación incrementando el consumo de hipercalóricos, ricos en grasas, sal y azúcar (figura 5) y pobres en vitaminas, minerales y fibra (Shamah *et al.*, 2015).



Figura 5. Incremento de alimentos hipercalóricos, principales factores del sobrepeso y obesidad.

Fuente: FAO, 2017.

Una forma de combatir estas grandes problemáticas es mejorar la calidad nutrimental de los alimentos de alto consumo como es el caso del hot dog, debido a que es un alimento de fácil adquisición, adicionándole ingredientes que eleven sus propiedades nutricionales como es el caso del amaranto que como ya se mencionó antes este pseudocereal tiene un alto contenido en proteínas, grasas, fibra y

minerales, así como también tiene un contenido de carbohidratos inferior al de otros cereales como el trigo.

Además de mantener la actividad física: un mínimo de 60 minutos diarios de actividad física de intensidad moderada o vigorosa que conste de actividades diversas.

2. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

2.1 OBJETIVOS

2.1.1 Objetivo general

Desarrollar una formulación a fin de elaborar un pan para hot dog a base de harina de trigo y harina de amaranto variedad *Amaranthus hypochondriacus L.* para favorecer su calidad nutrimental.

2.1.2 Objetivos particulares

Objetivo Particular 1:

Determinar la composición química de la harina de trigo y la harina integral de amaranto mediante un análisis químico proximal para comprobar que tanto complementa al producto final.

Objetivo Particular 2:

Evaluar diferentes formulaciones con mezclas de harina de trigo y harina integral de amaranto por medio de pruebas de calidad física (volumen, peso, ancho y altura), calidad panadera (olor, sabor, textura de la miga y color de costra) y sensorial (prueba de preferencia) de pan para hot dog seleccionando la mejor formulación.

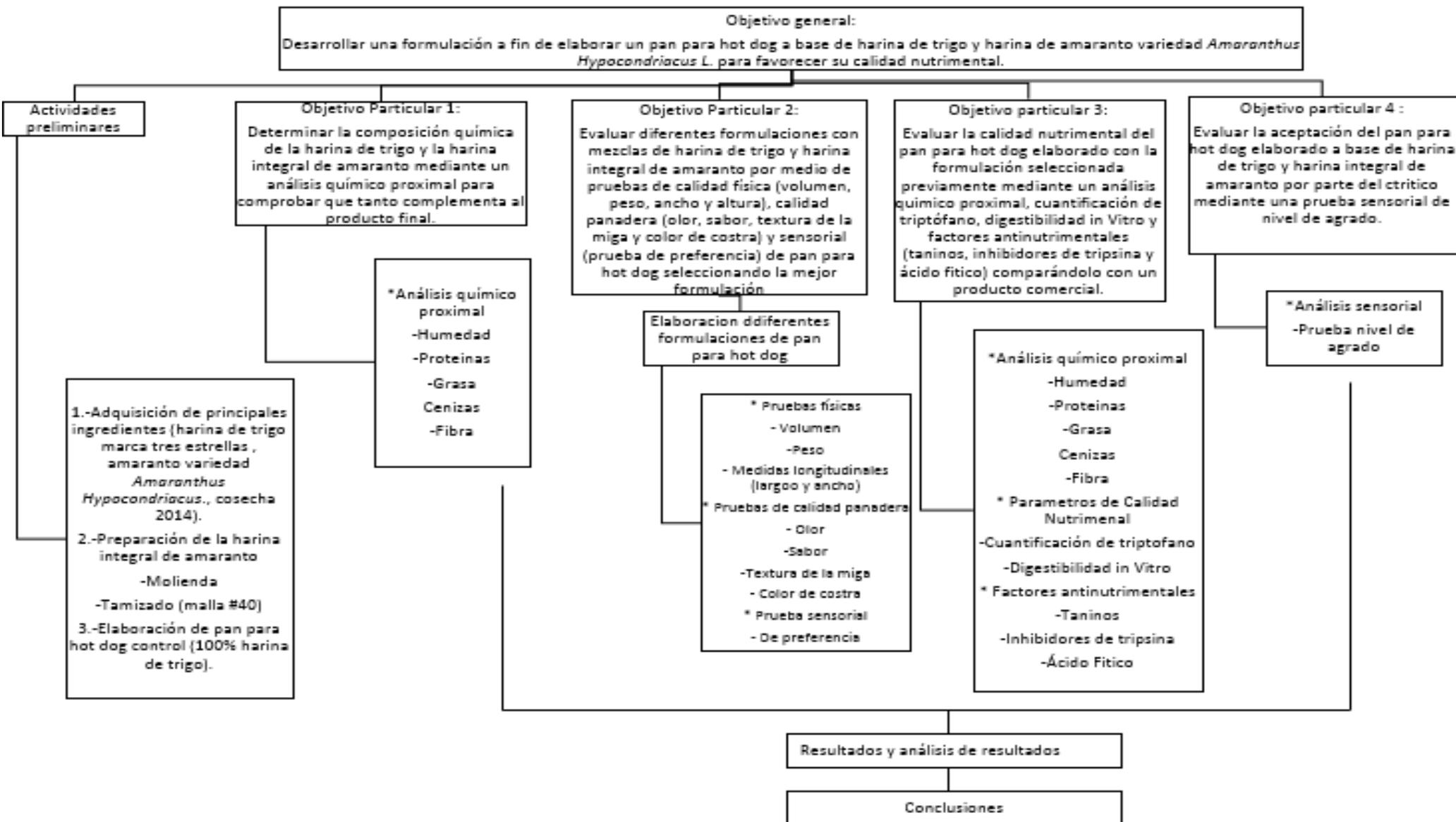
Objetivo Particular 3:

Evaluar la calidad nutrimental del pan para hot dog elaborado con la formulación seleccionada previamente mediante un análisis químico proximal, cuantificación de triptófano, digestibilidad *in vitro* y factores antinutrientales (taninos, inhibidores de tripsina y ácido fítico) comparándolo con una muestra control y una comercial.

Objetivo Particular 4:

Evaluar la aceptación del consumidor del pan para hot dog elaborado a base de harina de trigo y harina integral de amaranto mediante una prueba sensorial de nivel de agrado.

2.2 CUADRO METODOLÓGICO



2.3 METODOLOGÍA

2.3.1 MATERIAL BIOLÓGICO

Para la elaboración del pan para hot dog se utilizó semilla de amaranto variedad *Amaranthus hypochondriacus* L. cosecha 2014, obtenida en Tulyehualco, Xochimilco y harina de trigo marca San Antonio (tres estrellas) ®, obtenida en el supermercado.

2.3.2 PREPARACION DE LA MUESTRA

Se realizó un proceso de molienda para la semilla de amaranto en un molino de cuchillas marca KRUPS, posteriormente se tamizó la harina por una malla # 40 USA Serie Tyler para obtener una harina integral. La harina fue almacenada en recipientes de vidrio cerrados y mantenidos en refrigeración hasta su uso.

2.3.3 ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL

2.3.3.1 DETERMINACIÓN DE HUMEDAD (925.09, AOAC. 2002)

- **Método Estufa**

Tiene como objetivo determinar el contenido de agua de la muestra y se basa en la pérdida de peso de la muestra al someterla a calentamiento en estufa a 130°C hasta que la muestra alcance un peso constante, esta fue expresada en tanto por ciento.

$$\% \text{ Humedad} = \frac{M1-M2}{M} * 100$$

M1= Peso de la muestra húmeda (g)

M2= Peso de la muestra seca (g)

M= Peso de la muestra (g)

2.3.3.2 DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA (954.09, AOAC. 2002)

El método se basa en la destrucción de la materia orgánica con ácido sulfúrico concentrado, formándose sulfato de amonio que en exceso de hidróxido de sodio libera amoníaco, el que se destila recibiendo en:

- a) Ácido sulfúrico donde se forma sulfato de amonio y el exceso de ácido es valorado con hidróxido de sodio en presencia de rojo de metilo, o
- b) Ácido bórico formándose borato de amonio el que se valora con ácido clorhídrico.

$$\% \text{NITÓGENO} = \left[\frac{(V_2-V_1)(N)(0.014)}{M} \right] * 100$$

$$\% \text{PROTEÍNA} = (F)(\% \text{NITROGENO})$$

M= Peso de la muestra (g)

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

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

N= Normalidad del HCl

F= Factor de conversión para trigo= 5.82 y para amaranto= 5.87

2.3.3.3 DETERMINACIÓN DE GRASA (920.39, AOAC. 2002)

Una cantidad previamente homogeneizada y seca, medida o pesada del alimento se somete a una extracción con éter de petróleo o éter etílico, libre de peróxidos o mezcla de ambos. Posteriormente, se realiza la extracción total de la materia grasa libre por soxhlet.

$$\% \text{GRASA BRUTA (materia seca)} = \left[\frac{(P_1 - P_2)}{P} \right] * 100$$

P₁= Peso del matraz con el extracto etéreo (g).

P₂= Peso del matraz vacío (g).

P= Peso de la muestra empleada (g).

2.3.3.4 DETERMINACIÓN DE CENIZAS (923.03, AOAC. 2012)

Se basa en la destrucción de la materia orgánica presente en la muestra por calcinación y determinación gravimétrica del residuo.

$$\% \text{CENIZAS TOTALES} = \left[\frac{(W_2 - W_1)}{W} \right] * 100$$

W₂= Peso del crisol con cenizas (g).

W₁= Peso del crisol solo (g).

W= Peso de la muestra empleada (g).

2.3.3.5 DETERMINACIÓN DE FIBRA (989.03, AOAC. 2002)

Se basa en la pérdida de masa que corresponde a la incineración del residuo orgánico que queda después de la digestión con soluciones de ácido sulfúrico e hidróxido de sodio en condiciones específicas.

$$\% \text{FIBRA CRUDA} = \left[\frac{(W_2 - W_1) - (W_4 - W_3)}{W} \right] * 100$$

W₁= Peso del papel filtro solo (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).

W= Peso de la muestra desengrasada (g).

2.3.3.6 DETERMINACIÓN DE CARBOHIDRATOS

Consiste en determinar el porcentaje por diferencia de los demás componentes.

$$\% \text{ CARBOHIDRATOS} = 100 - (\text{HUMEDAD} + \text{PROTEINA} + \text{GRASA} + \text{CENIZA} + \text{FIBRA})$$

2.3.4 ELABORACIÓN DE PAN PARA HOT DOG

El pan para hot dog fue realizado bajo las condiciones presentadas en el siguiente diagrama de proceso, modificado en el Laboratorio de Bioquímica y Fisiología de Granos.

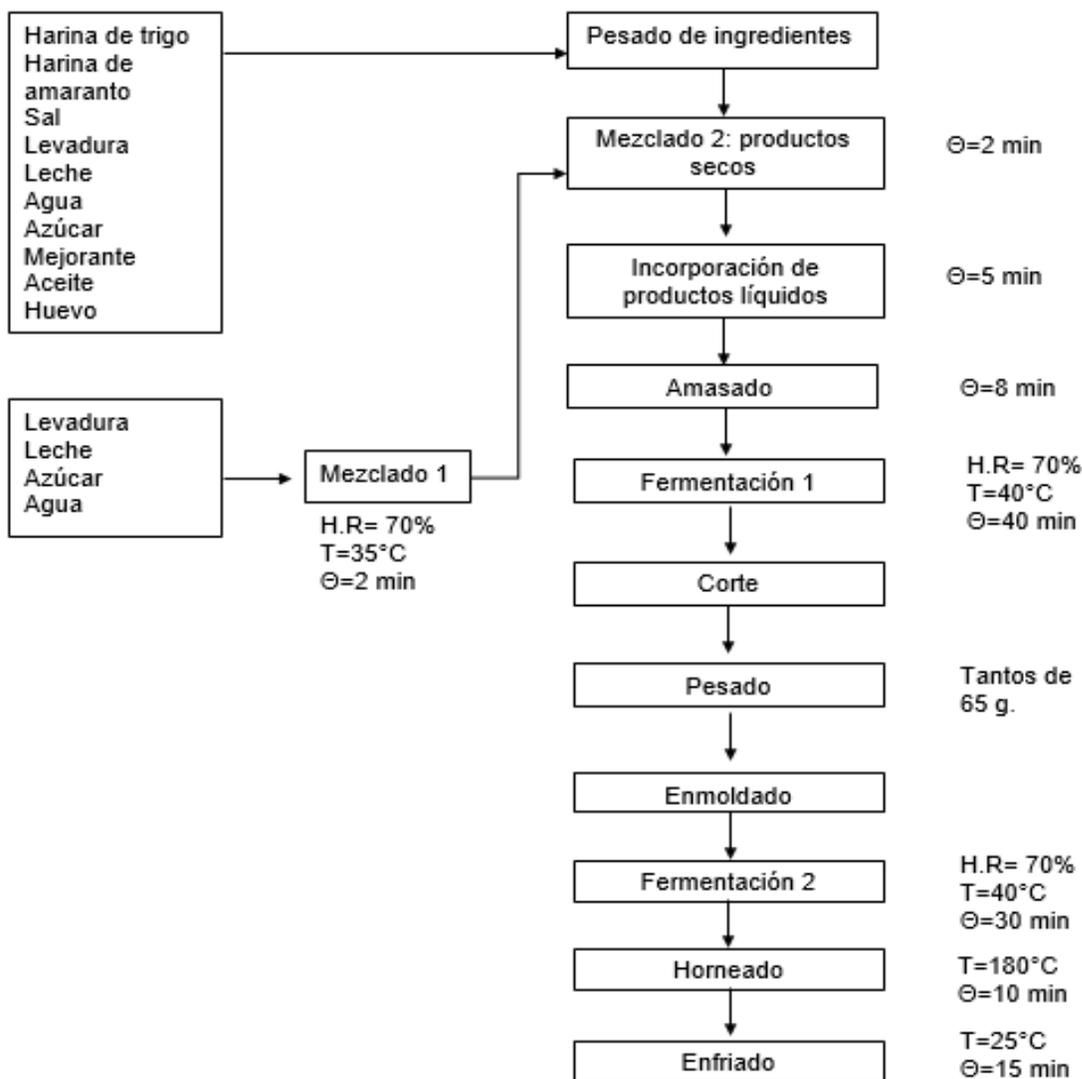


Figura 6. Diagrama de proceso para elaboración de pan para hot dog.

- **Pesado de ingredientes:** En una balanza granataria eléctrica marca TORREY modelo L-EQ5/10 (figura 7).



Figura 7. Balanza Granataria Eléctrica marca TORREY.

y una balanza analítica marca Sartorius Type 1872, ya que el pesado correcto y preciso es necesario para obtener consistencia y uniformidad en la producción (figuras 8).



Figura 8. Balanza Analítica marca Sartorius Type.

- **Mezclado 1:** Se procedió a activar la levadura adicionándole leche, azúcar y agua colocándola en la fermentadora marca Robot Cool por un tiempo de 2 min a una humedad relativa de 70% y una temperatura de 35°C (figura 9).



Figura 9. Fermentadora marca Robot Cool.

- **Mezclado 2:** Se realizó un segundo mezclado de los ingredientes secos (harina de trigo, levadura, azúcar, sal y mejorante) en una batidora marca Hamilton modelo

63233 (figura 12), con ayuda de la paleta como accesorio (figura 10) por un tiempo de 2 minutos y luego se le adicionó la levadura activada.



Figura 10. Paleta Mezcladora.

- **Incorporación de los productos líquidos:** Al mezclado 2 se le añadieron el resto de los productos líquidos como leche, agua y además se le adicionó el huevo, esto se llevó a cabo en la batidora durante un tiempo de 5 min (figura 12).
- **Amasado:** Este se realizó en la batidora con ayuda de un gancho para masas (figura 11) como accesorio por un tiempo de 8 minutos, en donde se obtuvo como resultado la masa (figura 12).



Figura 11. Gancho para Masas.



Figura 12. Batidora marca Hamilton.

- **Fermentación 1:** La masa obtenida se dejó fermentar en una fermentadora marca Robot Cool bajo las siguientes condiciones temperatura de 40°C y humedad relativa del 70% por un tiempo de 40 minutos (figura 9).
- **Corte y pesado:** Posteriormente una vez obtenida la masa fermentada se procedió a cortar y pesar la masa en tantos de 65 g.
- **Enmoldado:** Se les realizó un formado para colocarlas en moldes con medidas de 15 cm de largo y 5 cm de ancho (figura 13).



Figura 13. Moldes (15cm de largo-5cm de ancho).

- **Fermentación 2:** Una vez enmoldado se sometieron a una segunda fermentación bajo las mismas condiciones de la primera fermentación, pero con una diferencia de 10 minutos menos todo esto se llevó a cabo en la fermentadora.
- **Horneado:** Se efectuó un horneado a una temperatura de 180°C por 10 minutos en un horno eléctrico marca Robot Cool (figura 14).



Figura 14. Horno Eléctrico marca Robot Cool.

- **Enfriado:** Por último se dejaron enfriar los panes a temperatura ambiente (25°C) por un tiempo de 15 min.

2.3.5 PARÁMETROS DE CALIDAD FÍSICA DE PAN PARA HOT DOG

Se midieron los parámetros de calidad física como peso, volumen, volumen específico y medidas longitudinales.

- **Peso**

Las piezas de pan para hot dog se dejaron enfriar por un tiempo de 15 min y se pesaron con ayuda de una balanza granataria digital marca TORREY modelo L-EQ5/10 para conocer la diferencia de peso una vez cocinadas.

- **Volumen**

Para medir el volumen del pan se utilizó el método 10-05 de la (AACC INTERNATIONAL, 2000), la cual consiste en determinar el volumen del pan por medio del desplazamiento de semillas de nabo en un recipiente cilíndrico de PVC de 11,5 cm d diámetro y 90 cm de altura.

En donde se le asigna una calificación con su respectiva interpretación dependiendo de su volumen obtenido, estos parámetros fueron obtenidos basándose en la caracterización de procesos de panificación elaborados en el laboratorio de Bioquímica y Fisiología de Granos de la Unidad de Investigación Multidisciplinaria de la FES-Cuautitlán, UNAM (tabla 6).

Tabla 6. Escala de evaluación de pan para hot dog.

VOLUMEN DEL HOT DOG		
CALIFICACIÓN	cm ³	INTERPRETACIÓN
5	300-290	EXCELENTE
4	290-280	BUENO
3	280-270	REGULAR
2	270-260	MALO
1	260-250	PESIMO

- **Volumen específico**

Se interpreta como volumen final alcanzado del pan (cm³/g) después de someterlo a un horneado, resultado de una diferencia entre el volumen del pan para hot dog con respecto a su peso final.

$$\text{VOLUMEN ESPECIFICO} = \frac{\text{VOLUMEN DEL PAN (cm}^3\text{)}}{\text{PESO DEL PAN (g)}}$$

- **Medidas Longitudinales**

Se tomaron dos medidas específicas del pan para hot dog (largo y ancho) (figura 15), esto se logró con ayuda de moldes con las mismas medidas, las cuales se midieron después de someter al pan a un horneado con una regla de 30 cm.

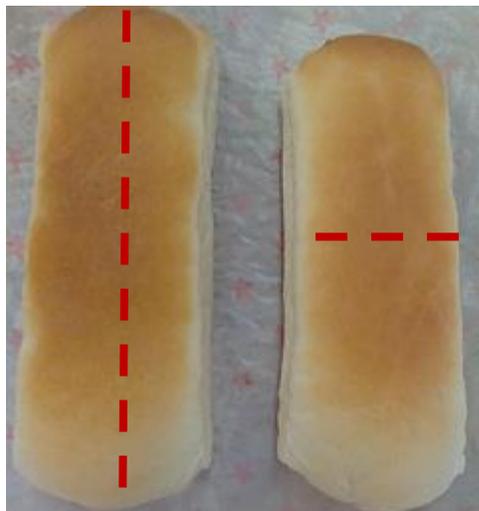


Figura 15. Medidas longitudinales de pan para hot dog (largo y ancho).

2.3.6 PARAMETROS DE CALIDAD PANADERA DE PAN PARA HOT DOG

En los parámetros de calidad panadera se evaluaron los siguientes atributos como aroma, sabor (tabla 7), textura de la miga (figura 16) y color de costra (figura 17) para cada atributo fue asignada una calificación, basándose en la caracterización de procesos de panificación elaborados en el laboratorio de Bioquímica y Fisiología de Granos de la Unidad de Investigación Multidisciplinaria de la FES-Cuautitlán, UNAM.

Tabla 7. Escala de Atributos Sensoriales.

ATRIBUOS SENSORIALES			
CALIFICACIÓN	APARIENCIA GENERAL	SABOR	AROMA
EXCELENTE	5	5	5
MUY BUENO	4	4	4
BUENO	3	3	3
REGULAR	2	2	2
MALO	1	1	1

Textura de la miga	Calificación	Ejemplo
Alveolos pequeños y uniformes	5 excelente	
Algunos alveolos grandes	4 bueno	
Presencia de muchos alveolos grandes	3 regular	
Alveolos grandes y pequeños con distribución uniforme	2 malo	
Alveolos heterogéneos, desgarraduras y/o zonas de compactación	1 pésimo	

Figura 16. Escala de Atributos Sensoriales Respecto a la Textura de la Miga.

COLOR DE COSTRA	CALIFICACIÓN	EJEMPLO
Muy dorada	5	
Dorada	4	
Ligeramente dorada	3	
Poco dorada	2	
Nada dorada	1	

Figura 17. Escala de Atributos Sensoriales Respecto al Color de Costra.

2.3.7 PRUEBA DE PREFERENCIA

En las pruebas de preferencia el consumidor o juez de la prueba realiza una elección entre productos, donde estos tienen que ponerlos en orden de preferencia. Estas son pruebas sencillas de realizar ya que son muy intuitivas y necesitan poca explicación para llevarlas a cabo. Además, pueden ser realizadas por todo tipo de individuos, de toda edad, condición y lenguaje (González *et al.*, 2014).

Esta prueba se les realizó a las tres diferentes formulaciones, con 100 jueces no entrenados para que eligieran la mejor formulación siguiendo el formato presentado en anexo 1 esta prueba se llevó a cabo en la Unidad de Investigación Multidisciplinaria de la FES-Cuautitlán, UNAM.

2.3.8 ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL

Una vez que se seleccionó la mejor formulación elaborada con harina integral de amaranto y harina de trigo se secó en un horno marca OSTER a temperatura de 60°C con ventilación en tiempo de una hora posteriormente se molió en un molino de cuchillas marca KRUPS y se almacenó en recipientes de vidrio los cuales fueron debidamente etiquetados, se realizó lo mismo para la muestra control (100% harina de trigo) y la muestra comercial marca BIMBO®, para proceder a realizarle su análisis químico proximal utilizando las técnicas planteadas en el punto 2.3.3.

2.3.9 EVALUACIÓN DE LA CALIDAD NUTRIMENTAL DEL PAN PARA HOT DOG SELECCIONADO

Se evaluó el contenido de triptófano y la digestibilidad *in vitro* de la muestra seleccionada en la prueba de preferencia, a la control y a la comercial.

- **Triptófano (Rama *et al.*, 1974).**

Se basa en la cuantificación espectrofotométrica del triptófano a partir de la hidrólisis enzimática de la proteína en la muestra, y de la reacción del residuo del aminoácido con DMAB (p- dimetilaminobenzaldehído) que desarrollará color.

$$\left(\frac{\text{RESULTADO}}{1 \text{ ml}}\right) \left(\frac{25 \text{ ml}}{0.5 \text{ g}}\right) * 100 = \frac{\text{mgTrp}}{100 \text{ g}} \left(\frac{1 \text{ g}}{1000000 \text{ mg}}\right)$$

gTrp/100 g de muestra \longrightarrow g de proteína

X \longrightarrow 100 g de proteína

X= gTrp/100 g de Proteína.

gTrp= gramos de Triptófano

- **Digestibilidad *in vitro* (Hsu et al., 1977).**

Consiste en un sistema multienzimático para determinar la digestibilidad de las proteínas. El sistema está compuesto por tripsina, quimotripsina, peptidasa y proteasa, en donde el coeficiente de correlación entre el pH a los 20 minutos y la digestibilidad aparente *in vitro* es de 0.90, con un margen de error estimado de 2.23.

$$\% D = 234.84 - 22.56 (X)$$

X= pH de la suspensión de proteína registrado inmediatamente después de los 20 minutos de la digestión con la solución multienzimática.

2.3.10 DETERMINACIÓN DE FACTORES ANTINUTRIMENTALES

Se determinaron factores antinutrientales debido a que se ha reportado que el amaranto contiene algunos de estos, por lo tanto, se evaluó el porcentaje de taninos, de ácido fítico e inhibidores de tripsina.

2.3.10.3 TANINOS (ISO 9648, 1988).

Se basa en la extracción de los taninos hidrolizables y condensados (fenoles totales) mediante dimetilformamida (DMF) al 75% y la posterior reducción del ión férrico debido a los iones polifenoles, formando un complejo colorido en condiciones alcalinas, el cual es cuantificado espectrofotométricamente a 525nm.

$$X = \frac{\text{absorbancia} - b}{m} = \text{mg} \left(\frac{1\text{g}}{1000000\text{mg}} \right)$$

$$\% \text{ TANINOS} = \frac{X \text{ en gramos}}{\text{g de muestra}} * 100$$

X= valor obtenido

2.3.10.4 ÁCIDO FÍTICO (Haug & Lantzsch, 1983).

El extracto de una muestra se calienta con una solución de ácido férrico para conocer el contenido de hierro. La disminución del hierro (determinada colorimétricamente con 2,2 bipyridina) en el sobrenadante es la medida del contenido de ácido fítico.

$$X = \frac{y - b}{m} = \mu\text{g de P del ácido} \frac{\text{fítico}}{\text{mL}}$$

$$P = \frac{(x * E)}{T}$$

$$M = \frac{\text{muestra (g)}}{20 \text{ ml HCl}}$$

$$\% \text{ ÁCIDO FÍTICO} = \frac{(P * 100)}{M}$$

X= valor obtenido de la ecuación despejada

y= absorbancia corregida- muestra

b= ordenada al origen

m= pendiente de la curva

P= μg de P del ácido fítico/ ml

E= equivale a 660.08 g (1 mol de ácido fítico)

T= equivale a 185.82 g (6 moles de P).

M= valor de muestra por cada 20 ml de HCl.

2.3.10.5 INHIBIDORES DE TRIPSINA (Kakade *et al.*, 1974).

Se basa en poner en contacto el extracto acuoso o diluido de una muestra con una solución estándar de tripsina, posteriormente se determina la actividad proteolítica remanente utilizando un sustrato sintético (benzoin-arginina-p-nitroanilida o BAPNA), el cual producirá coloración, que es inversamente proporcional al contenido de inhibidores de tripsina, realizándose la lectura en el espectrofotómetro a una $\lambda=410\text{nm}$.

$$B*\text{FACTOR}*\frac{\text{vol. muestra}}{\text{mg de muestra}} = \frac{\text{UTI}}{\text{mg de muestra}}$$

B= Ordenada al Origen

Factor= Factor de dilución.

2.3.11 PRUEBA DE NIVEL DE AGRADO

Se emplean para determinar el grado de aceptación de un producto por parte de los consumidores y según su tipo permiten medir cuánto agrada o desagrade dicho producto (Ramírez, 2012).

Esta prueba se le realizó a la muestra seleccionada en la prueba de preferencia, se aplicó a 100 personas usando el cuestionario que se muestra en el anexo 2, esta prueba fue realizada en la Unidad de Investigación Multidisciplinaria de la FES-Cuautitlán, UNAM.

2.3.12 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Las pruebas se realizaron por triplicado por cada muestra, con la finalidad de tener un menor rango de error, de las cuales se obtuvo su promedio, desviación estándar y coeficiente de variación. En la prueba de preferencia se obtuvo un promedio de los puntajes que los jueces dieron a las muestras, posteriormente se les hizo una comparación de medias por la prueba de rango múltiple t-student con ayuda del software estadístico Origin V.4. Para la prueba de nivel de agrado, se calculó el porcentaje de población a la cual le agradó la muestra y el promedio de la calificación otorgada por los jueces.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL DE LA MATERIA PRIMA

Se comparó la composición química de la harina integral de amaranto y la harina de trigo comercial marca Tres estrellas® (tabla 8).

Tabla 8. Análisis Químico Proximal de Harina de Trigo Tres Estrellas® y Harina de Amaranto.

Harina	Humedad (%)	Proteína (%)	Grasa (%)	Cenizas (%)	Fibra (%)	CHOS (%)
Trigo	12.06 ±0.1 ^{a*}	8.94 ±0.015 ^{a♣}	1.1 ±0.01 ^a	0.5 ±0.02 ^a	0.7 ±0.014 ^a	76.68 ^a
Amaranto	10.2 ±0.25 ^b	15.5 ±0.025 ^{b♣}	7.1 ±0.12 ^b	2.3 ±0.13 ^b	8.44 ±0.18 ^b	56.38 ^b

* Letras diferentes en la misma columna indican diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$).
♣ Nx5.83 ♣ Nx5.87

Se pudo observar que cada uno de los componentes químicos de la harina refinada de trigo marca Tres estrellas®, presentaron diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$) con respecto a la harina integral de amaranto. La harina integral de amaranto tuvo casi el doble de proteínas que el trigo, siendo de gran importancia ya que tiene un buen balance de aminoácidos como lo es la lisina, aminoácido esencial en la alimentación humana y que comúnmente es más limitado en otros cereales (Mapes, 2015), seis veces más grasa, ya que el amaranto tiene altos niveles de tocotrienoles y escualeno, que son compuestos orgánicos naturales que están involucrados en el metabolismo del colesterol y que podría jugar un papel importante en la reducción del colesterol LDL en sangre (Sanz-Penella *et al.*, 2013), más de ocho veces el contenido de fibra esto es importante porque la fibra tiene grandes beneficios en la salud (Mapes, 2015) y dos veces más de cenizas, que es generalmente más alto que el observado en cereales, especialmente calcio y magnesio (Sanz-Penella *et al.*, 2013). Estos resultados indican que la harina de amaranto sí podía complementar a la harina de trigo.

3.2 ELABORACIÓN DE PAN PARA HOT DOG CONTROL

Se realizó un pan control hecho con 100% harina refinada de trigo, además de los ingredientes presentados en la tabla 9, este proceso se realizó siguiendo el diagrama de proceso presentado anteriormente en la figura 6.

Tabla 9. Formulación para la elaboración de pan para hot dog

INGREDIENTE	PORCENTAJE (%)
Harina de Trigo	61.15
Leche	16.23
Levadura	1.18
Azúcar	2.16
Sal	1.07
Aceite	2.63
Agua	10.81
Mejorante	0.21
Huevo	4.56

3.2.1 PRUEBAS DE CALIDAD FÍSICA

Se le realizaron pruebas de calidad física al pan para hot dog control comparándolo con un pan comercial (tabla 10).

Solo hubo diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$) en el peso y en el volumen, esto se debió a que con un peso inferior no se podía manipular fácilmente la masa para darle forma al pan para hot dog ya que esta se quebraba, así que se incrementó su peso para poder manipular mejor la masa, lo cual también se vio reflejado en su volumen, cabe mencionar que en la elaboración del pan comercial utilizan ciertos aditivos que ayudan a mejorar la calidad física que en el control no se utilizaron, por ejemplo, el estearoil (SSL) este hace que el gluten del pan sea más fuerte y más extensible, lo cual significa que existen menos posibilidades de que la masa se rompa o se pegue durante la fabricación utilizando cantidades de masa bajas para el formado (Wasserman, 2017).

Tabla 10. Características físicas de pan para hot dog control y comercial

Formulaciones g/100g	Peso (g)	Volumen (cm ³)	Volumen específico (cm ³ /g)	Longitudes (cm)	
				Largo	Alto
Control	60 ^{a*}	370 ^a	6.16 ^a	15 ^a	5 ^a
Comercial	46 ^b	300 ^b	6.52 ^a	15 ^a	5 ^a

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

3.2.2 PRUEBAS DE CALIDAD PANADERA

En la tabla 11 se muestran los resultados de los parámetros de calidad panadera de la muestra control y comercial. Se observó que el pan comercial presentó diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$) solo en la textura de la miga con respecto al pan control, posiblemente debido a que el pan comercial es elaborado con formadoras mecánicas, las cuales tienen la función de distribuir de manera uniforme el gas generado en la fermentación, lo cual se ve reflejado en el tamaño de los alveolos de la miga (Tejero, 2012).

En cuanto a su calificación total no presentaron diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$) por lo que el proceso de elaboración que se llevó a cabo en el laboratorio fue adecuado y se pudo utilizar para elaborar el pan para hot dog con harina integral de amaranto.

Tabla 11. Calidad panadera de pan para hot dog control y comercial

Formulaciones g/100g	Atributos sensoriales (sabor y aroma)	Color de la costra	Textura de la miga	Calificación total
Control	5 ^{a*}	5 ^a	4 ^a	4.6 ^a muy bueno
Comercial	5 ^a	5 ^a	5 ^b	5 ^a excelente

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

3.3 ELABORACIÓN DE PAN PARA HOT DOG CON DIFERENTES FORMULACIONES

Se elaboró pan para hot dog proponiendo tres diferentes formulaciones, las cuales solo variaron la proporción de harinas refinada de trigo, integral de amaranto y gluten manteniendo constantes los demás ingredientes (tabla 12).

Tabla 12. Formulación para la elaboración de pan para hot dog con diferentes porcentajes de harina integral de amaranto.

INGREDIENTE	PORCENTAJE (%)		
	40-50-10	50-40-10	60-30-10
H.A †	24.44	30.55	36.77
H.T †	30.55	24.44	18.33
Gluten	6.11	6.11	6.11
Leche	16.23		
Levadura	1.18		
Azúcar	2.16		
Sal	1.07		
Aceite	2.63		
Agua	10.81		
Mejorante	0.21		
Huevo	4.56		

† H.A-Harina de Amaranto, H.T- Harina de Trigo

3.3.1 PRUEBAS DE CALIDAD FISICA

En la tabla 13, se muestran los resultados de los parámetros de calidad física de las tres formulaciones de pan para hot dog elaboradas con amaranto, los cuales se compararon con la control y comercial (100% harina de trigo). Se observó que el aumento en el contenido de harina integral de amaranto disminuyó el volumen en los panes, por lo tanto, el volumen específico presentó diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$) entre las formulaciones elaboradas con harina integral de amaranto con respecto a la control y a la comercial que tuvo el mayor volumen. Esto puede ser porque el amaranto no contiene gluten (Arendt & Zannini, 2013), que es el responsable de proporcionar volumen en este tipo de productos.

Tabla 13. Características físicas de pan para hot dog comercial, control y diferentes formulaciones elaboradas con harina integral de amaranto.

Formulaciones g/100g	Peso (g)	Volumen (cm ³)	Volumen específico (cm ³ /g)	Longitudes (cm)	
				Largo	Ancho
Control	59.5 ^{a*}	370 ^c	6.16 ^b	15 ^a	5 ^a
Comercial	46 ^b	300 ^b	6.52 ^b	15 ^a	5 ^a
40:50:10 [†]	60 ^{a*}	280 ^{ab}	4.66 ^a	15 ^a	5 ^a
50:40:10 [†]	59 ^a	250 ^a	4.23 ^a	15 ^a	5 ^a
60:30:10 [†]	58 ^a	280 ^{ab}	4.82 ^a	16 ^a	5.5 ^a

† Amaranto:Trigo:Gluten

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

3.3.2 PRUEBAS DE CALIDAD PANADERA

En la tabla 14 se muestran los resultados de los parámetros de calidad panadera de las formulaciones elaboradas con harina integral de amaranto, control y comercial. Se puede observar que las formulaciones elaboradas con harina integral de amaranto presentaron diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$) en la calificación final ya que obtuvieron calificaciones inferiores con respecto a la control y a la comercial, principalmente en sus atributos sensoriales (sabor y aroma), esto podría deberse a que el amaranto proporciona un sabor diferente al acostumbrado con el trigo y un color de costra más oscuro por efecto del color de la harina (Rossell *et al.*, 2009), esto podría estar relacionado con el contenido de azúcares reductores y proteínas presentes en la harina de amaranto, que reaccionan durante la cocción produciendo pardeamiento no enzimático de Maillard (Montero *et al.*, 2015).

Por lo tanto, se puede decir que el aumento del contenido de amaranto sí afectó ligeramente los atributos de calidad panadera del pan para hot dog, pero aun así, las calificaciones obtenidas fueron buenas y se obtuvieron productos con una buena aceptación sensorial.

Tabla 14. Calidad panadera de pan para hot dog elaborados con diferentes formulaciones.

Formulaciones g/100g	Atributos sensoriales (sabor y aroma)	Color de la costra	Textura de la miga	Calificación total
Control	5 ^c	5 ^b	4 ^a	4.6 ^{bc} muy bueno
Comercial	5 ^c	5 ^b	5 ^b	5 ^c excelente
40:50:10 [†]	3 ^a	4 ^a	4 ^a	3.6 ^a regular
50:40:10 [†]	4 ^b	4 ^a	4 ^a	4 ^b bueno
60:30:10 [†]	4 ^b	4 ^a	4 ^a	4 ^b bueno

† Amaranto:Trigo:Gluten

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

3.3.3 PRUEBA DE PREFERENCIA

Una vez elaboradas las tres formulaciones se llevó a cabo una prueba sensorial de preferencia con 100 jueces no entrenados para que estos eligieran la mejor formulación (tabla 15). Las tres formulaciones no presentaron diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$), sin embargo la que contenía el 60% de amaranto fue la que obtuvo una mayor puntuación, porque los jueces mencionaron que percibieron un sabor más dulce y una textura más crujiente propiedades características del amaranto (Botanical, 2011).

Por lo tanto, esta fue la formulación que se seleccionó como la mejor, ya que, como se observó en la tabla 8, la harina de amaranto tiene mejor calidad nutrimental que la de trigo, por lo tanto, al haber mayor porcentaje de amaranto se espera mejorar ésta.

Tabla 15. Resultados de la prueba sensorial de preferencia de pan para hot dog elaborado con diferentes porcentajes de harina integral de amaranto.

Formulaciones	40:50:10 [†]	50:40:10 [†]	60:30:10 [†]
Puntaje	196 ^{a*}	194 ^a	210 ^a

† Amaranto:Trigo:Gluten

* Letras diferentes indican diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$)

3.3.4 ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL DE PAN PARA HOT DOG COMERCIAL, CONTROL Y FORMULACIÓN SELECCIONADA

En la tabla 16 se observan los resultados del análisis químico proximal de la muestra seleccionada, la comercial y la control los cuales contenían 100% harina refinada de trigo.

Tabla 16. Análisis químico proximal de pan para hot dog de la formulación elegida control y comercial.

Fórmula g/100g	Humedad (%)	Proteína (%)	Grasa (%)	Cenizas (%)	Fibra (%)	Carbohidratos (%)
Control	7.52 ±0.19 ^{a*}	10.53 ±0.76 ^a	2.49 ±0.14 ^a	2.71 ±0.03 ^a	4.98 ±0.01 ^a	71.77 ^a
Comercial	7.38 ±0.03 ^a	9.80 ±0.59 ^a	2.09 ±0.12 ^a	2.77 ±0.13 ^a	4.09 ±0.17 ^b	73.87 ^a
60:30:10 †	5.11 ±0.12 ^b	16.26 ±0.09 ^b	5.39 ±0.37 ^b	2.81 ±0.05 ^a	6.03 ±0.06 ^c	64.40 ^b

† Amaranto:Trigo:Gluten

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

Se observó que el contenido de proteínas de la muestra seleccionada aumentó aproximadamente 60%, y fibra un 40%, además se puede apreciar un incremento en sus minerales con respecto a la muestra control y a la comercial, estos resultados concuerdan con otros estudios sobre panes en donde hacen uso de diferentes tipos de amaranto, y dicen que la incorporación de harina de amaranto a alguna formulación, independientemente del porcentaje que se incorpore, aumenta de forma gradual y significativa el contenido de proteínas, lípidos y cenizas, disminuye el contenido de carbohidratos (Sanz-Penella *et al.*, 2013), cabe mencionar que los lípidos encontrados en el amaranto son considerados de alta calidad debido a los remarcables porcentajes de ácidos grasos insaturados linoleico y oleico, además de que promueve actividades biológicas interesantes gracias a sus componentes entre los que destacan los tocoferoles y los tocotrienoles conocidos por su actividad antioxidante (Robles, 2015), en cuanto al contenido de fibra tuvo un buen aumento y esto es importante, ya que de acuerdo con los expertos, la cantidad de fibra que consumen tanto niños como adultos en México es menor a la que necesita nuestro organismo. Esta situación adquiere gran relevancia dado que la evidencia científica ha demostrado una relación directa entre el consumo de una dieta alta en fibra y toda una gama de beneficios a la salud; incluyendo la salud digestiva y la reducción del riesgo de enfermedades del corazón, la prevención del cáncer y el manejo de la diabetes (Prieto & Villaseñor, 2009). Estos resultados permiten observar que la harina integral de amaranto sí mejoró el contenido de estos componentes químicos en el pan para hot dog.

3.4 EVALUACIÓN DE LA CALIDAD NUTRIMENTAL DEL PAN PARA HOT DOG SELECCIONADO

En cuanto a los resultados de los factores nutrimentales (tabla 17), se comparó la muestra seleccionada con el control y el comercial.

Tabla 17. Contenido de triptófano y digestibilidad in vitro de pan para hot dog de la formulación seleccionada, control y comercial.

Fórmula g/100g	Triptófano (gTrp/100g de Proteína)	Digestibilidad (%)
Control	0.77±0.02 ^{a*}	87.06±2.66 ^a
Comercial	0.73±0.02 ^a	86.91±0.13 ^a
60:30:10†	0.87±0.03 ^b	88.12±0.93 ^a

† Amaranato:Trigo:Gluten

Los resultados mostraron que en cuanto a la digestibilidad no hubo diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$) entre las muestras, sin embargo, el pan para hot dog elaborado con amaranto presentó una mayor digestibilidad a comparación del control y comercial, estos valores son positivos ya que según Fennema (1997), la digestibilidad de un alimento se define como la proporción del nitrógeno del mismo que es absorbida tras su ingestión.

Es importante destacar que, el pan para hot dog con amaranto tuvo una alta digestibilidad comparado con la digestibilidad reportada para el grano de amaranto que es de 79% (Pichardo *et al.*, 2013), esto se debe a que al someterlo a un horneado se desnaturalizan las proteínas y desde el punto de vista nutricional esta desnaturalización mejora la digestibilidad y la disponibilidad biológica de sus aminoácidos esenciales.

En cuanto al contenido de triptófano el pan que contenía el 60% de harina integral de amaranto presentó diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$) respecto al pan control y al pan comercial, esto se debe a que el amaranto es un pseudocereal rico en aminoácidos esenciales tales como el triptófano que se encuentra en menores proporciones en los cereales como el trigo (Massari *et al.*, 2017), esto es un factor muy importante ya que el triptófano regula varios procesos humanos básicos debido a que favorece la síntesis de serotonina que como neurotransmisor ayuda a la transmisión del impulso nervioso, favorece la síntesis de melatonina regulando el sueño (Safont, 2003).

3.5 EVALUACIÓN DE FACTORES ANTINUTRIMENTALES

Se determinó el contenido de factores antinutrientales en el pan para hot dog (Tabla 18), ya que se ha reportado que el amaranto contiene algunos de estos compuestos (Pichardo *et al*, 2013). Se observó que en cuanto al contenido de taninos presentan diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$) los tres productos evaluados (control, comercial y formulación elegida), cabe mencionar que estos valores son bajos ya que según lo reportado por Rodríguez (2009), el contenido de taninos no debe de exceder del 0.3%; al excederse se ligan a las proteínas y se precipitan reduciendo su contenido proteico.

Tabla 18. Contenido de factores antinutrientales en pan para hot dog de la formulación seleccionada, control y comercial.

Fórmula g/100g	Taninos (%)	Ácido Fítico (%)	Inhibidores de tripsina UTI/mg
Control	0.056±0.01 ^{a*}	1.4±0.17 ^a	ND ^{**}
Comercial	0.10±0.005 ^b	1.56±0.21 ^a	ND
60:30:10	0.07±0.04 ^c	2.20±0.34 ^b	ND

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

** NO DETECTADOS

Sin embargo, en ácido fítico la formulación elegida tuvo diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$) con el control y el comercial, esto se debe a que este se encuentra en la capa externa de las semillas (Baena & Galisteo, 2015), y al utilizar como material biológico harina integral de amaranto se conservó un gran porcentaje del pericarpio (capa externa de la semilla) y por último, el contenido de inhibidores de tripsina no fue detectado en ninguno de los panes, esto nos indica que hubo una buena cocción de los panes ya que al aplicarle calor se inactivan estos inhibidores, dando como resultado un mejor valor nutritivo (Badui, 2006).

Es importante mencionar que, tanto los valores de taninos como los de ácido fítico determinados en el pan para hot dog con amaranto son bajos y no presentan riesgo para la salud (Valle & Lucas, 2000), ya que se consideran tóxicos para la salud en proporciones de 0.5 a 2 g/kg para taninos (Vázquez, 2012) y de 2.75 g/kg de ácido fítico (Perelló, 2014) por lo tanto, podrían ser consumidos sin ningún problema.

3.6 EVALUACIÓN DE LA PRUEBA DE NIVEL DE AGRADO

Una vez que se evaluaron todos sus parámetros del pan para hot dog elegido, se procedió a realizar la prueba sensorial de nivel de agrado.

El pan para hot dog seleccionado tuvo una aceptación por parte de los consumidores del 67% (figura 18) y los jueces le otorgaron una calificación de 7.0 en una escala del 1 al 10, por lo cual se puede decir que el pan para hot dog elaborado con 60- 30-10% harinas de amaranto-trigo-gluten tuvo un buen porcentaje de aceptación por parte de los consumidores, ya que estos lo catalogaron como un producto innovador, de buen sabor y textura siendo estos valores aceptables en un producto de nuevo desarrollo (Ramírez, 2012).



Figura 18. Porcentaje de aceptación de prueba de nivel de agrado del pan para hot dog seleccionado.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se puede concluir que la harina integral de amaranto tiene una mejor composición química que la harina de trigo por lo tanto sí se puede complementar para la elaboración de pan para hot dog.

También se pudo elaborar pan para hot dog con diversas formulaciones que contenían harina integral de amaranto en una proporción de 40%, 50% y 60% mezclándolas con harina refinada de trigo y gluten, y las cuales tuvieron buenas características físicas, panaderas y sensoriales.

La formulación seleccionada mediante una prueba sensorial de preferencia fue la que contenía 60% de harina integral de amaranto, 30% de harina de trigo y 10% de gluten.

La formulación seleccionada para elaborar pan para hot dog tuvo mejor calidad nutrimental que una muestra comercial y la control las cuales están elaboradas con 100% harina refinada de trigo, porque tuvo mayor cantidad de proteínas, grasas, fibra y minerales, además presentó una buena digestibilidad y un elevado contenido en triptófano el cual se encuentra en menores proporciones en los cereales como el trigo.

El contenido de factores antinutrimientales tales como taninos y ácido fitico, se presentaron en bajas concentraciones mientras que no hubo presencia de inhibidores de tripsina en el pan para hot dog seleccionado, por lo que no presentan riesgos en su consumo.

Por último, el producto tuvo una buena aceptación por parte del consumidor en una prueba sensorial de nivel de agrado ya que estos lo catalogaron como un producto innovador de sabor agradable.

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar un perfil de aminoácidos y ácidos grasos para complementar los resultados relacionados con su valor nutrimental del pan para hot dog elaborado con harina integral de amaranto.

Realizar un estudio de factibilidad financiera de la elaboración de pan para hot dog de amaranto para ver qué tan viable es realizar este producto para comercializarlo.

Así como también se recomienda medir la calidad proteica del pan para hot dog elaborado con harina integral de amaranto por medio de un estudio de la Relación de eficiencia Proteica (PER).

5. REFERENCIAS

A.O.A.C. (2002). *Official Methods of Analysis*. 17th ed. Association of Official Analytical Chemists-International Gaithersburg, Maryland, USA.

AACC INTERNATIONAL. (2000). *Pautas para la medición del volumen por desplazamiento de semilla de colza o nabo*. Método 10-05.01 . Fecha de consulta: mayo 2018. Disponible en: <http://methods.aaccnet.org/summaries/10-05-01.aspx>.

Alasino María Celia. (2009). *Harina de Arveja en la Elaboración de Pan. Estudio del Efecto de Emulsionantes como Mejoradores de Volumen y Vida Útil*. Tesis de Maestría. Ciencia y Tecnología de Alimentos. Facultad de Ingeniería Química. Universidad Nacional del Litoral.

Alimentación. (2014). *PAN: Conoce lo que comes*. Fecha de Consulta: mayo 2018. Disponible en: www.alimentacion.es/es/conoce_lo_que_comes/bloc/pan/denominaciones-de-pan/#

Amaranto. (2007). *El Valor Nutritivo del Amaranto*. Fecha de Consulta: junio 2018. Disponible en: <http://www.amaranto.cl/informacion-nutricional.html>

Amarantole. (2017). *El Amaranto*. Fecha de Consulta. mayo 2018. Disponible en: <http://amarantole.com.mx/el-amaranto/>

Arendt, E. & Zannini, E. (2013). *Cereal Grains for the Food and Beverage Industries*. Wodhead Publishing. Ireland.

Ariza J., Cano M., Resendiz M., Ronces R., Betanzos G., Suárez T y Hernández J. (2016). *Cuantificación de escualeno en el aceite de amaranto crudo y refinado*. Educación y Salud Boletín Científico de Ciencias de la Salud del ICSa. Vol. 4 No. 8.

Badui, S. (2006). *Química de los Alimentos*. Cuarta Edición. México. Pearson.

Baena E. y Galisteo J. (2015). *El Ácido Fólico, ¿Nutriente O Antinutriente?* Fecha de Consulta: mayo 2018. Disponible en: <http://www.dietistasvegetarianos.com/2015/11/el-acido-fitico-nutriente-antinutriente-2/>

BCS Noticias. (2014). *La historia del hot dog en La Paz; su evolución desde 1970*. Fecha de consulta: marzo 2018. Disponible en: <http://www.bcsnoticias.mx/la-historia-del-hotdog-en-la-paz-su-evolucion-desde-1970-que-lo-llevo-a-llamarse-jate/>.

Becerra R. (2000). *El Amaranto: nuevas tecnologías para un antiguo cultivo*. CONABIO. Biodiversitas 30: 1-6.

BIMBO. (2015). *Nutrición BIMBO*. Fecha de Consulta: marzo 2018. Recuperado de: <http://www.nutriciongrupobimbo.com/es/nuestras-marcas/bimbo/panes/medias-noches>.

Botanical. (2011). *El Amaranto*. Fecha de Consulta: junio 2018. Disponible en: <https://www.botanical-online.com/amaranto.htm>

Bourges, H. (2008). *Reflexiones acerca de la alimentación en México*. CANIMOLT No. 1, 20-22.

Calzetta A. (1999). *Almidón de amaranto: Obtención y evaluación de sus características fisicoquímicas*. Tesis Posgrado. Bromatología y Tecnología de la Industrialización de los Alimentos. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.

CANAINPA. (2016). *Las Panaderías en México Promoción del Consumo del pan*. Fecha de Consulta: mayo 2018. Disponible en: <http://uibaker.org/pdf/Promotions/MEXICO-MESA%20REDONDA%20MEXICO.pdf>

CANIMOLT. (2005). *Definición de Trigo*. Fecha de Consulta: mayo 2018. Disponible en: www.canimolt.org/trigo

Chica, S. (2015). *Elaboraciones de Panadería y Bollería*. Fecha de Consulta: junio 2018. Disponible en: <https://es.calameo.com/books/00474182779525d92805f>

Chiva, R., Jiménez, A., Espinosa, M., Angeles, M. & Tamame, M. (2014). *Nuevas levaduras para nuevos panes*. Fecha de Consulta: mayo 2018. Disponible en: <http://digital.csic.es/bitstream/10261/116215/1/Nuevas%20levaduras%20para%20nuevos%20panes.pdf>

CUERPOMENTE. (2017). *Amaranto*. Fecha de Consulta: junio 2018. Disponible en: <http://www.cuerpomento.com/guia-alimentos/amaranto>

Díaz, I. (2011). *Historia y presente del pan. Importancia alimentaria y cualidades nutricionales*. Fecha de Consulta: junio 2018. Disponible en: http://www.mercasa.es/files/multimedios/1298393176_pag_070-079_Pan_yubero.pdf.

Elizalde A., Portilla Y. y Chaparro D. (2009). *Factores Antinutricionales En Semillas*. SciELO. Vol 7. No 1. 46-54.

Fennema, O.R. (1997). *Química de los Alimentos*. Segunda Edición. España: Editorial Acribia.

Flecha, M. (2015). *Panorama Panadero*. Fecha de Consulta: junio 2018. Disponible en: <http://www.pandecalidad.es/revista-socio/tecnica-copy/722-tecnica-d15-privada>

Food and Agriculture Organization (FAO). (2017). *Obesidad y sobrepeso matan más que el crimen organizado*. Fecha de Consulta: junio 2018. Disponible en: <http://imagenagropecuaria.com/2017/obesidad-sobrepeso-matan-crimen-organizado-fao/>

Garcia, M. (2015). *Diccionario Panadero*. Fecha de Consulta: mayo 2018. Disponible en: <https://invitadoinvierno.com/recursos/diccionario-panadero/>

González V., Rodeiro C., Sanmartín C. y Vila S. (2014). *Introducción al Análisis Sensorial*. Fecha de Consulta. junio 2018. Disponible en: <http://www.seio.es/descargas/Incubadora2014/GaliciaBachillerato.pdf>

Haug, W., Lantzsch, H., (1983). *Sensitive method for the rapid determination of phytate in cereals and products*. *J. Sci. Food Agric*, 34, 14232-14261

Hernández, R. & Herrerías, G. (1998). *Amaranto: Historia y Promesa*. Tehuacán: Horizonte del Tiempo Vol. 1, 529.

Hsu, H., Vavak, D.L., Satterlee L. D. & Miller, G. A. (1977). *A multienzyme technique for estimating protein digestibility*. *Journal Food Science and Technology*, 42(5), 1269-1273

INTI. (2003). *Panificados*. Fecha de Consulta: mayo 2018. Disponible en: www.emprendedorxxi.coop/pdf/panificados.pdf

ISO 9648; (1988). *Determinación del contenido de taninos en sorgo*. *International Organization of Standardizations*, ISO/DIS 9648, 175-215.

Juárez Z., Bárcenas M. & Hernández L. (2014). *El grano de trigo: características generales y algunas problemáticas y soluciones a su almacenamiento*. *Temas Selectos de Ingeniería en Alimentos*, 8-1, 80-83.

Kakade, M., Rackis, J., McGhee, J., & Puski, G. (1974). *Determination of trypsin inhibitor activity of soy product: A collaborative analysis of an improved procedure*. *Cereal Chem*, 51, 376-381.

- Mapes, C. (2015). *El Amaranto*. Revista Ciencia. Vol. 66. No.3, 10-15.
- Massari T., Nair Plencovich R. y Trouilh D. (2017). *Harina de amaranto y semillas de lino en la elaboración de Scones: aportando aminoácidos y ácidos grasos esenciales*. Tesis de Licenciatura. Nutrición. Escuela de Nutrición. UNC.
- Mercawise. (2017). *Hábitos en el consumo de pan en México: La dulce costumbre de las familias*. Fecha de Consulta: mayo 2018. Disponible en: <https://www.mercawise.com/blog/estudios-de-mercado/panaderias-consumo-pan-mexico/>
- Mesas, J. & Alegre, M. (2002). *El Pan y su Proceso de Elaboración*. Ciencia y Tecnología Alimentaria. Vol. 3, No. 5., 307-313.
- Montero-Quintero K., Moreno R. y Molina E. (2015). *Evaluación de panes enriquecidos con amaranto para regimenes dietéticos*. Revista INTERCIENCIA. Vol. 40 No. 7. 473-478.
- Moreno, L. (2014). *Diseño De Una Línea De Elaboración De Panes Especiales: Revalorización del residuo la industria azucarera rico en fibra*. Tesis de Licenciatura. Ingeniería Alimentaria. Escuela Técnica Superior De Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid.
- NOM-147-SSA1-1996. (1999). *Bienes y Servicios. Cereales y sus Productos. Harinas de cereales, Semolas o semolinas. Alimentos a base de cereales, de semillas comestibles, harinas, Semolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificación*. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales. Diario Oficial de la Federación. México, D.F.
- Ortega E. (2012). *El amaranto. Pequeñas semillas con fuerzas colosales*. Fecha de Consulta: mayo 2018. Disponible en: <http://www.madeleine-porr.de/Amaranto2.pdf>
- Perelló J. (2004). *Fitato: Estudios sobre su actividad biológica y los efectos sobre la presencia de las calcificaciones patológicas*. Tesis Doctoral. Universidad de las Illes Balears.
- Pichardo, J., Jiménez-Vera, V., & Martínez-Manrique, E. (2013). *Influencia del deterioro de amaranto (Amaranthus hypochondriacus) provocado por un almacenamiento inadecuado sobre su calidad nutrimental*. XV Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología e Alimentos. Colima, Colima.
- Prieto A. y Villaseñor, S. (2009). *Fibra*. Fecha de Consulta: junio 2018. Disponible en:

https://www.kelloggsnutrition.com/content/dam/globalnutrition/es_MX/resources/Resources-Dieta_y_Salud_Fibra.pdf

QUADRA PANIS. (2015). *Los Ingredientes del Pan*. Fecha de Consulta: mayo 2018. Disponible en: http://www.quadrapanis.com/wp-content/pdf/Los_ingredientes_del_pan.pdf

Quaglia, G. (1991). *Ciencia y Tecnología de la Panificación*. Acribia Editorial. España.

Rama, R. M., Tara, R., Krishnan, C., (1974). *Colorimetric estimation of tryptophan content of pulses*. Journal Food Science and Technology. 11, 213-216

Ramírez, J. (2012). *Análisis Sensorial; Pruebas Orientadas al Consumidor*. ReCiTeIA, 84-97.

Ramos, F. (2013). *Maíz, Trigo y Arroz: Los Cereales que Alimentan al Mundo*. UANL. México.

Robles M. (2015). *Amaranthus Hypochondriacus L. Por vía enzimática* Tesis de Especialista. Biotecnología. UAM.

Rodriguez A. (2009). *Contenido nutricional de harinas de sorgo (Sorghum bicolor L. Moench) RCV y De Leche, harina de trigo (Triticum aestivum) y su uso en la elaboración de un muffin*. Tesis de Licenciatura. Ingeniera en Agroindustria Alimentaria. Escuela Agrícola Panamericana.

Rosell CM. , Cortez G. y Repo-Carrasco R (2009) *Breadmaking use of Andean crops quinoa, Kañiwa, Kiwicha, and Tarwi*. Cereal Chem. 86: 386-392.

Safont S. (2003). *Triptófano: aminoácido amigo*. NATURA M. Vol. 21 No. 1. 34-38.

SAGARPA. (2015). *Trigo*. Fecha de Consulta: mayo 2018. Disponible en: <https://www.gob.mx/sagarpa/>.

Sanz, P. (2011). *Desarrollo de panes especiales con harina integral de amaranto*. Máster en Gestión y Seguridad Alimentaria. Universidad Politécnica de Valencia.

Sanz-Penella JM., Wronkoswska M., Soral-Smietana M. & Haros M (2013). *Effect of whole flour on bread properties and nutritive value*. LWT - Food Science and Technology. Vol. 50. 679-685.

Seghezzo, L. & Molfese E. (2006). *Calidad en Trigo Pan*. INTA. Argentina.

Shamah Levy T., Amaya Castellanos M. A. y Cuevas Nasu L. (2015). *Desnutrición y obesidad: doble carga en México*. Revista digital universitaria. Vol. 16, Núm. 5, 2-17.

Smith, A. (2006). *Encyclopedia of junk food and fast food*. 1ª Edition. U.S. Greenwood Press.

Tejero F. (2012). *Asesoría Técnica en Panificación*. Fecha de Consulta: junio 2018. Disponible en: <http://www.franciscotejero.com/>

Ulmer, G. (2017). *El Valor Nutricional del Trigo vs. Maíz*. Fecha de Consulta: abril 2018. Disponible en: https://muyfitness.com/nutricional-del-trigo-info_28694/

Valle V. P. y Lucas F. B. (2000). *Toxicología de Alimentos*. Instituto Nacional de Salud Pública. Centro Nacional de Salud Ambiental. México.

Vázquez A. (2010). *Taninos hidrolizables y condensados: naturaleza química ventajas y desventajas de consumo*. Tecnociencia. Vol.I, No.2, 84-93.

Viagourmet. (2013). *Pan de Viena*. Fecha de Consulta: junio 2018. Disponible en: <http://e.viagourmet.com/noticias/gourmet/pan-de-viena-el-secreto-esta-en-la-coccion.html>

Wasserman R. (2017). *¿Qué es el estearoil lactilato de sodio?*. Fecha de Consulta: junio 2018. Disponible en: https://muyfitness.com/que-es-el-estearoil-lactilato-de-sodio_13116654/

6. ANEXOS

ANEXO 1. FORMATO PARA PRUEBA SENSORIAL DE PREFERENCIA

Edad: _____ Sexo: H M Fecha: _____

NOTA: Tome agua antes de iniciar la prueba, y posteriormente entre degustación consuma una galleta y agua

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

MUESTRAS	541	451	361
VALOR	_____	_____	_____

¿Por qué?

_____ ¡GRACIAS!

CLAVES UTILIZADAS

MUESTRA	CLAVE
Amaranto-Trigo-Gluten (40-50-10%)	541
Amaranto-Trigo-Gluten (50-40-10%)	451
Amaranto-Trigo-Gluten (60-30-10%)	361

ANEXO 2. RESULTADOS DE LA PRUEBA SENSORIAL DE PREFERENCIA

Juez	541	451	361				
1	1	2	3	43	2	3	1
2	1	2	3	44	2	3	1
3	1	2	3	45	2	3	1
4	1	2	3	46	2	3	1
5	1	2	3	47	2	3	1
6	1	2	3	48	1	3	2
7	1	2	3	49	1	3	2
8	1	2	3	50	1	3	2
9	1	2	3	51	1	3	2
10	1	2	3	52	1	3	2
11	1	2	3	53	1	3	2
12	1	2	3	54	1	3	2
13	1	2	3	55	1	3	2
14	1	2	3	56	1	3	2
15	1	2	3	57	1	3	2
16	1	2	3	58	1	3	2
17	1	2	3	59	1	3	2
18	1	2	3	60	1	3	2
19	1	2	3	61	1	3	2
20	1	2	3	62	1	3	2
21	1	2	3	63	1	3	2
22	2	1	3	64	1	3	2
23	2	1	3	65	1	3	2
24	2	1	3	66	3	2	1
25	2	1	3	67	3	2	1
26	2	1	3	68	3	2	1
27	2	1	3	69	3	2	1
28	2	1	3	70	3	2	1
29	2	1	3	71	3	2	1
30	2	1	3	72	3	2	1
31	2	1	3	73	3	2	1
32	2	1	3	74	3	2	1
33	2	1	3	75	3	2	1
34	2	1	3	76	3	2	1
35	2	1	3	77	3	2	1
36	2	1	3	78	3	2	1
37	2	3	1	79	3	2	1
38	2	3	1	80	3	2	1
39	2	3	1	81	3	1	2
40	2	3	1	82	3	1	2
41	2	3	1	83	3	1	2
42	2	3	1	84	3	1	2
				85	3	1	2

86	3	1	2
87	3	1	2
88	3	1	2
89	3	1	2
90	3	1	2
91	3	1	2
92	3	1	2
93	3	1	2
94	3	1	2
95	3	1	2
96	3	1	2
97	3	1	2
98	3	1	2
99	3	1	2
100	3	1	2
TOTAL	196	194	210

ANEXO 3. FORMATO PARA PRUEBA DE NIVEL DE AGRADO

Edad: _____

Sexo: H M

Fecha: _____

NOTA: Tome agua antes de iniciar la prueba

INSTRUCCIONES: Pruebe el pan para hot dog y sobre la línea indique con una "X" su nivel de agrado hacia el producto. En el espacio de abajo, explique brevemente porque tomó esa decisión.

Escala

Disgusta Mucho Es indiferente Gusta Mucho

¿Por qué?

¡GRACIAS!

Escala Utilizada

Calificación

Gusta Mucho= 10

Es Indiferente= 5

Disgusta Mucho= 0

ANEXO 4. RESULTADOS DE LA PRUEBA SENSORIAL DE NIVEL DE AGRADO

Juez	Calificación		
1	9.4	39	7.2
2	9.4	40	7.2
3	9.4	41	7.2
4	9.4	42	7
5	9.3	43	7
6	9.3	44	7
7	9.3	45	7
8	9.2	46	7
9	9.2	47	7
10	9	48	7
11	9	49	7
12	9	50	7
13	9	51	6.5
14	9	52	6.4
15	9	53	6
16	9	54	6
17	9	55	6
18	9	56	6
19	9	57	6
20	9	58	6
21	9	59	6
22	9	60	6
23	9	61	6
24	9	62	6
25	8.9	63	6
26	8.9	64	6
27	8.9	65	5.8
28	8.8	66	5.5
29	8.8	67	5.5
30	8.7	68	5.5
31	8.6	69	5.5
32	8.5	70	5.5
33	8.5	71	5.5
34	8	72	5.5
35	8	73	5.4
36	8	74	5.4
37	7.5	75	5.4
38	7.5	76	5.4
		77	5.3

78	5.3
79	5
80	5
81	5
82	5
83	5
84	5
85	5
86	5
87	5
88	5
89	5
90	5
91	5
92	5
93	5
94	5
95	5
96	5
Promedio	7.00520833