



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN - MANAGUA

RECINTO UNIVERSITARIO RUBÉN DARÍO
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
CARRERA: QUÍMICA INDUSTRIAL

MONOGRAFÍA PARA OPTAR AL TÍTULO DE LICENCIADO(A) EN: QUÍMICA INDUSTRIAL

TÍTULO:

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico. Laboratorio de Biotecnología, UNAN-Managua. Mayo-noviembre 2021

Autores:

Br. Tania Ninoska Díaz Chamorro
Br. Heissell Indira Somarriba Briceño

Tutor:

Ing. Ena Rivers Carcache

Asesor:

Ing. Endiana Olivas
MSc. José Luis Prado Arróliga

Managua, noviembre 2021

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

Título

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico.

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

Dedicatoria

A Dios: Por darme el privilegio de llegar a este punto, por la sabiduría, amor y el don de la vida que me ha regalado, por guiarme sin apartarme de sus caminos infinitas gracias.

A mis padres: Norma Ampié Chamorro y Ángel Díaz Larios que con sus esfuerzos y dedicación me ha apoyado hasta llegar a cumplir mis sueños, por enseñarme a no rendirme durante el transcurso de esta carrera para mi formación profesional, gracias.

A mis hermanas: Geraldine Díaz Chamorro y Lilliam Díaz Chamorro por su paciencia y amor para conmigo por haberme ayudado cuando sentía que no podía, por su apoyo incondicional gracias.

Tania Díaz

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

Dedicatoria

A Dios:

Por regalarme salud, sabiduría, paciencia y haberme cuidado todos estos años en la travesía que empecé sin saber que me deparaba el futuro y gracias a su mano que me guio por el camino sin desfallecer. A él infinitas gracias.

A mis padres:

Mi madre Jeannette de los Ángeles Briceño López y mi padre Henry Somarriba Taleno por apoyarme en las buenas, las malas y las peores, gracias a sus consejos, por ser mi apoyo, mi guía, comprender mis enojos y problemas, gracias por la educación que me permitieron disfrutar, a ellos les dedico mis esfuerzos y logros.

A mi novio:

Lee Gerald O'neal Ruiz Morales por apoyarme emocional y psicológicamente desde el primer día, por siempre motivarme a dar lo mejor de mí, y estar cuando más necesito; gracias a sus consejos.

Heissell Somarriba Briceño

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

Agradecimientos

A Dios por su gran misericordia para conmigo por permitirme llegar a cumplir mis sueños porque cada día bendice mi vida.

A mis padres por todo el amor y apoyo que me han dado durante este tiempo por sus palabras de aliento, a mis hermanas Geraldine y Lilliam que me han brindado la ayuda necesaria para llegar a cumplir mis metas.

Al Laboratorio de Biotecnología (UNAN-Managua) por brindarnos el apoyo necesario y abrirnos sus puertas durante la realización de este trabajo, al personal que nos brindó los conocimientos para desarrollarnos como profesionales.

Al Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA) por brindar la oportunidad para la realización de esta investigación.

A nuestra tutora, Ing. Ena Rivers Carcache, quien nos apoyó en el transcurso de este trabajo, por compartir sus conocimientos para formarnos como profesional por su amistad y confianza, muchas gracias por su apoyo incondicional.

A la Dra. Martha Lacayo Romero, Directora del Laboratorio de Biotecnología, Msc. Samantha Miranda y también a nuestros asesores, Ing. Endiana Olivas y MSc. José Luis Prado, quienes nos brindaron sus conocimientos y aportes durante la investigación.

A mi compañera y amiga, Heissell Somarriba, por brindarme su confianza, apoyo incondicional durante muchos años; hoy puedo decir, llegamos a la meta.

A mis compañeros UPRO que nos brindaron sonrisas y alegrías durante todo este tiempo en especial a Nancy Hernández Rubio, Elvis Conde Velázquez y Alejandro Jaen Guevara que conformaron parte de la realización de este trabajo gracias a ustedes.

Tania Díaz

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

Agradecimientos

A Dios por permitirme culminar este proyecto, brindando sabiduría y principalmente paciencia; a mis padres por ser el pilar de mi familia y sacrificar muchas cosas para poder llegar hasta estas instancias.

Al Laboratorio de Biotecnología (UNAN-Managua) por brindarnos la confianza y realizar esta monografía, contribuyendo con su personal, conocimientos y equipos. Al Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA) por el aporte científico-técnico requerido para el desarrollo de la investigación.

A nuestra tutora, Ing. Ena Rivers Carcache, por siempre estar en cada paso del desarrollo del documento y análisis, infinitas gracias por su apoyo incondicional, comprensión y paciencia.

A la Dra. Martha Lacayo Romero y MSc. Samantha Miranda por abrirnos las puertas del laboratorio y permitir desarrollarnos como profesionales. A nuestros asesores Ing. Endiana Olivas y MSc. José Luis Prado, por su apoyo, confianza y tiempo brindado. Igualmente a la Lic. Meybis López por ser de apoyo en los viajes para continuar con la realización de esta investigación, muchas gracias.

A mi compañera y amiga Tania Díaz, gracias por todo tu apoyo, conocimiento y tiempo dedicado en la colaboración de esta investigación, gracias por la amistad y confianza brindada hacia mí, por soportar mi carácter y arranques de todo. Te quiero un montón.

De igual manera muchas gracias a los compañeros que nos apoyaron laboral y emocionalmente, Elvis Conde por brindarnos sus conocimientos, Alejandro Guevara por siempre apoyarnos y Nancy Hernández por el tiempo brindado y las palabras de aliento, al grupo UPRO: gracias por su amistad, chicos son los mejores.

Heissell Somarriba Briceño

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

Carta aval del tutor

Managua, lunes 13 de diciembre de 2021

MSc. Sara Negaresh
Directora
Departamento de Química
UNAN-Managua
Su despacho.

Estimada MSc. Negaresh:

Reciba un cordial saludo de mi parte.

Me dirijo a usted en carácter de tutor de la tesis de grado titulada: **“Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico. Laboratorio de Biotecnología, UNAN-Managua. Mayo-noviembre 2021”**, presentada por las estudiantes: Tania Ninoska Díaz Chamorro (Nº Carnet: 11040480) y Heissell Indira Somarriba Briceño (Nº Carnet: 12044363) para optar al título de Licenciatura en Química Industrial.

Este proyecto de investigación fue desarrollado en el Laboratorio de Biotecnología de la UNAN-Managua en coordinación con el Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria CNIA-INTA, y por este medio hago constar que cumple los requisitos para ser sometido a su presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

Agradeciendo la atención a la presente, me despido.

Atentamente,



Ing. Ena Mabel Rivers Carcache

Laboratorio de biotecnología

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

Carta aval del asesor

Managua, jueves 09 de diciembre de 2021

MSc. Sara Negaresh

Directora

Departamentos de Química / Facultad de Ciencias e Ingeniería

UNAN-Managua

Su despacho.

Estimada Maestra Negaresh:

Reciba un cordial saludo de mi parte.

Por este medio hago constar que la monografía desarrollada por las estudiantes: Tania Ninoska Díaz Chamorro (Nº Carnet: 11040480) y Heissell Indira Somarriba Briceño (Nº Carnet: 12044363), titulada **“Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico. Laboratorio de Biotecnología, UNAN-Managua. Mayo-noviembre 2021”** ha sido concluida y revisada bajo mi asesoría, cumpliendo con todas las disposiciones y requisitos relacionados en el área de investigación para optar al título de Licenciatura en Química Industrial.

Saludos cordiales



Ing. Endiana Olivas

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN - MANAGUA

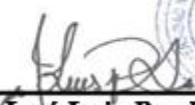
CARTA AVAL ASESOR METODOLÓGICO



La presente monografía titulado **“Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico, mayo-noviembre 2021**, ha sido realizado por los bachilleres **Tania Ninoska Díaz Chamorro y Heissell Indira Somarriba Briceño** bajo la asesoría metodológica de mi persona **MSc. José Luis Prado Arróliga**.

En mi facultad doy fe, que los bachilleres ha cumplido con todas las disposiciones y requisitos académicos en cuanto a la elaboración del presente estudio de modalidad de graduación para optar al título de Licenciada en Química Industrial, además declaro la autenticidad de la información reflejada en el documento.

Managua, 15 de noviembre de 2021



MSc. José Luis Prado Arróliga
Coordinador Química Industrial

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

Resumen

Las tortillas de maíz constituyen un alimento básico en la alimentación de los nicaragüenses, por ello el presente estudio tiene como objetivo evaluar la composición nutricional de tres tipos de tortillas: tortilla de maíz tradicional, de harina de maíz nixtamalizada comercial y tortilla de maíz (NB-6) fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*). Se determinó el contenido proximal según las metodologías establecidas por la Association of Official Analytical Collaboration (AOAC) International, los parámetros bioquímicos fueron analizados mediante la metodología de Folin-Ciocalteu y actividad antioxidante por el método 1,1-difenil -2-picrilhidrazilo (DPPH). Por último, se estimó el aporte energético de las tortillas según el sistema de recuento calórico Atwater. Los resultados proximales reflejaron que la tortilla fortificada con amaranto presentó mayor contenido de proteínas 10,731% y 53,359% de materia seca. Por otro lado, se determinó que la tortilla de harina nixtamalizada presentó el mayor contenido de polifenoles totales (0,306 mg GAE/100g) seguido de la tortilla fortificada con amaranto (0,127 mg GAE/100g), la tortilla tradicional presentó el mayor contenido de polifenoles libres (0,394 mg GAE/100g). Para actividad antioxidante, la tortilla tradicional presentó 70,362 % de inhibición, mientras que en las demás tortillas se encontraron valores no detectados. El contenido energético (Kcal), reflejó que la tortilla fortificada con amaranto aporta 219,152 Kcal, valor similar al contenido reportado por la FDA para tortillas caseras, y superior a las tortillas valoradas en el estudio, constituyendo de esta forma la alternativa que presentó un alto valor nutricional de acuerdo a lo establecido por FAO/OMS.

Palabras clave: Maíz, amaranto, tortilla, composición proximal, polifenoles, actividad antioxidante.

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

Índice de contenido

ASPECTOS GENERALES

Título	i
Dedicatoria	ii
Agradecimientos	iv
Carta aval del tutor	vi
Resumen	ix
Abreviaturas y siglas	xv
CAPÍTULO I	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Planteamiento de problema	3
1.3. Justificación.....	4
1.4. Objetivos de investigación.....	5
1.4.1. Objetivo general.....	5
1.4.2. Objetivos específicos.....	5
CAPÍTULO II	6
2.1. Marco teórico.....	6
2.1.1. Generalidades del maíz	6
2.1.1.1. Método de nixtamalización tradicional	7
2.1.1.2. Método de nixtamalización industrial	7
2.1.2. Cambios durante el proceso de nixtamalización.....	8
2.1.3. Generalidades de la tortilla	9
2.1.3.1. Consumo de tortilla	10
2.1.3.2. Valor nutritivo de las tortillas	10
2.1.3.3. Tipos de tortillas.....	11
2.1.4. Amaranto (<i>Amaranthus</i> spp)	12
2.1.4.1. Generalidades del amaranto.....	12

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

2.1.4.2. Características nutricionales y nutraceuticos del amaranto	12
2.1.4.3. Amaranto en Nicaragua	14
2.1.5. Biofortificación.....	15
2.1.6. Fortificación.....	15
2.1.6.1 Formas de fortificación.....	16
2.1.7. Alimento fortificado.....	17
2.1.7.1. Importancia de fortificación en cereales.....	17
2.1.8. Proximales.....	18
2.1.9. Contenido de Polifenoles.....	20
2.1.10.Actividad antioxidantes.....	20
2.2. Antecedentes.....	22
2.3. Hipótesis.....	24
CAPÍTULO III	25
3.1. Marco metodológico	25
3.1.1. Descripción de ámbito de estudio.....	25
3.1.2. Tipo de estudio.....	26
3.1.3. Población y muestra.....	27
3.1.4. Criterio inclusión.....	27
3.1.5. Criterio de exclusión.....	28
3.1.6. Variables y operacionalización.....	28
3.1.7. Materiales y métodos.....	29
CAPÍTULO IV.....	38
4.1. Análisis y discusión de resultados.....	38
4.1.1. Composición proximal.....	38
4.1.2. Compuestos fenólicos (PT y PL)	45
4.1.3. Aporte energético de las tortillas.....	48
CAPÍTULO V.....	50
5.1. Conclusiones.....	50
5.2. Recomendaciones.....	51

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

5.3. Referencias..... 52
ANEXOS 66

Índice de tablas

Tabla 1. Composición proximal de tortilla de maíz casera11
Tabla 2. Comparación proximal de amaranto y principales cereales.....13
Tabla 3. Equipos utilizados.....34
Tabla 4. Reactivos utilizados.....35
Tabla 5. Materiales utilizados.....36
Tabla 6. Contenido de actividad antioxidante.....47
Anexo 3
Tabla 7. Contenido proximal de tres tipos de tortillas (100g).....75
Tabla 8. Contenido proximal por peso de unidad de tortilla en base a datos de INCAP, 2012.....76
Tablas 3.1. Control de calidad de análisis en tortillas, determinación de humedad.....76
Tabla 3.2. Control de calidad de 3 tipos de tortillas, determinación de cenizas.....77
Tabla 3.3 Control de calidad de 3 tipos de tortillas, determinación de proteína.....80
Tabla 3.4. Control de calidad de 3 tipos de tortillas, determinación de grasa.....81
Tabla 21. Resultados de fibra dietaría total cálculo Megazyme.....82

Índice de figuras

Figura 1. Ubicación de INTA-CNIA ubicado en Managua, Nicaragua.....	25
Figura 2. Ubicación de laboratorio de biotecnología Recinto Universitario Ricardo Morales Avilés (RURMA).....	26
Figura 3. Contenido de humedad y materia seca.....	38
Figura 4. Contenido de cenizas.....	40
Figura 5. Contenido de grasa.....	41
Figura 6. Contenido de proteína.....	42
Figura 7. Contenido de fibra dietaría total.....	43
Figura 8. Contenido de carbohidratos totales.....	44
Figura 9. Contenido de compuesto polifenólicos.....	45
Figura 10. Contenido de energía (Kcal).....	48
Figura 11. Estructura del grano de maíz	73
Figura 12. Proceso de preparación de tortilla tradicional.....	67
Figura 13. Proceso industrial de harina de maíz nixtamalizado y tortilla.....	68
Figura 14. Proceso de nixtamalización y obtención de harina de tortilla tradicional.....	69
Figura 15. Proceso de elaboración y obtención de harina de tortilla de harina nixtamalizada.....	69
Figura 16. Determinación de humedad y materia seca.....	70
Figura 17. Determinación de cenizas.....	70
Figura 18. Determinación de proteína por el método micro Kjeldahl.....	70
Primera etapa: Digestión.....	70
Figura 19. Segunda etapa: Destilación.....	71

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

Figura 20. Tercera etapa: Titulación.....	71
Figura 21. Determinación de Grasa.....	71
Figura 22. Determinación de fibra dietaría total.....	72
Figura 23. Determinación de polifenoles totales, libres y actividad antioxidantes.....	72

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

Abreviaturas y siglas

AOAC:	Association of Official Analytical Collaboration (AOAC) International
CIAT:	Centro Internacional de Agricultura Tropical
DPPH:	1,1-difenil -2-picrilhidrazilo
ENDESA:	Encuesta Nicaragüense de Demografía y Salud
FAO:	Food and Agriculture Organization of the United Nations (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura)
FAOSTAT:	Base de datos estadísticos corporativos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
FDA:	Food and Drug Administration
IICA:	Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura
INCAP:	Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá
INTA:	Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria
INIDE:	Instituto Nacional de Información de Desarrollo
MAG:	Ministerio Agropecuario
OMS:	Organización Mundial de la Salud
UNESCO:	Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y Cultura

CAPÍTULO I

1.1. Introducción

A nivel mundial el maíz (*Zea mays* L.) es considerado uno de los rubros de mayor importancia económica y área cultivada. Cifras reportadas por la Base de datos estadísticos corporativos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAOSTAT], (2021), señalan que en 2019 se cosecharon 197 204,250 ha a nivel mundial. En países como México y Centro América, es considerado un cereal básico en la producción de alimentos de la población siendo utilizado como materia prima en la preparación de estos, entre los cuales resaltan tortillas, dulces y bebidas.

En Nicaragua, de acuerdo al Ministerio Agropecuario MAG, (2019), en el ciclo de producción 2018/2019 se obtuvieron 8,7 millones de quintales de maíz, utilizado principalmente para autoconsumo, y obtención de concentrados para animales (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria [INTA], 2000). Por otro lado la producción de este cereal en los últimos años se ha visto afectado por el cambio climático.

Por ello ante la sequía que afectó a 108 municipios del país en el año 2014 el gobierno de Nicaragua con apoyo de la FAO promovió la siembra del grano de amaranto por ser un cultivo tolerable a condiciones adversas, resistente a suelos pobres en nutrientes y con alto contenido de sales; aun así generando grandes volúmenes de biomasa resultando ser un cultivo rentable para los productores, otra característica importante es su alto valor nutricional y nutracéutico principalmente el contenido de aminoácidos, proteína y grasa.

El maíz provee los nutrientes necesarios en la dieta diaria de la población, por su alto contenido de carbohidratos, minerales y algunas vitaminas. Por otro lado, el amaranto es considerado como un cereal complementario para la fortificación, por su alto valor nutricional, por ello el asocio maíz-amaranto es un ejemplo para mejorar el contenido nutricional de productos a base de maíz.

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

Ante este contexto se desarrolla la presente investigación, que pretende generar información sobre la composición nutricional y bioquímica de una tortilla de maíz fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tortilla tradicional variedad NB-6 y tortilla de harina de maíz nixtamalizada.

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

1.2. Planteamiento de problema

De acuerdo a la FAO *et al.*, (2019), más de 190 millones de personas enfrentaron inseguridad alimentaria y nutricional en el año 2018, afectando en particular a países de América latina y el Caribe. Así mismo, en los últimos años se ha observado una importante variación en la producción mundial de cereales, afectando la disponibilidad y acceso para su consumo (ONU, 2006), lo que repercute en el progreso económico e impone costos adicionales a la sociedad. Esto es particularmente relevante cuando afecta rubros fundamentales para la dieta de las poblaciones.

En Nicaragua, de acuerdo a la Encuesta Nicaragüense de Demografía y Salud (ENDESA) realizada entre 2011-2012, refleja que el 17 % de los niños menores de 5 años sufren desnutrición a consecuencia de una malnutrición. La FAO (2003a), expresa que cuando se produce un desequilibrio entre los requerimientos nutricionales de un organismo y la ingesta diaria de nutrientes (proteínas, calorías, y vitaminas) se originan diversas afectaciones a la salud, contribuyen al incremento en la incidencia de distintas patologías como: desnutrición, anemia, marasmo, carencia proteica, entre otros.

La tortilla de maíz es un alimento que es consumido diariamente por la población nicaragüense, sin embargo, durante el proceso de nixtamalización la disponibilidad de proteína en el grano va disminuyendo hasta la tortilla, careciendo en gran parte de este macronutriente esencial para la alimentación; por otro lado no existen investigaciones enfocadas en la composición nutricional que verdaderamente brinda este alimento, del cual existen alternativas comerciales preparadas con aditivos alimenticios a base de maíz/trigo que poseen características organolépticas muy distintas a la tortilla tradicional.

Esta carencia de información se traduce en la poca innovación en la producción de este alimento, vinculado a la ausencia de programas de fortificación así como la ausencia de dietas balanceadas que aporten a la seguridad alimentaria, y por ende, a la calidad de vida de los nicaragüenses.

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

1.3. Justificación

La importancia de conocer la composición de los alimentos es fundamental, ya que a través de esta información se logra discernir si un alimento puede resultar nutritivo o no. Ningún alimento aporta por sí solo todos los nutrientes que requerimos, por ello a lo largo del día se deben de consumir en suficiente diversidad, cantidad y calidad para cubrir las necesidades diarias de energía.

Dentro de los diversos alimentos de mayor consumo y frecuencia a nivel nacional se encuentra el arroz, la tortilla y el frijol (Centro Internacional de Agricultura Tropical [CIAT], 2007). La FAO (2007) informa que 79.8 % de los nicaragüenses consumen tortillas de maíz como alimento básico en su dieta diaria.

Uno de los múltiples beneficios relacionados al consumo de tortilla es el significativo aporte calórico (175 Kcal) y grasas (0,7 %), además de vitaminas y minerales (INCAP, 2012); y al fortificar este alimento con el grano de amaranto compensa la deficiencia proteica contiene la tortilla; asimismo al ser un alimento tradicional representa una excelente alternativa para contribuir a la seguridad alimentaria nutricional.

Es debido a esta relevancia que se requiere evaluar la composición proximal, bioquímica y aporte calórico de las distintas tortillas en estudio en base a estos parámetros. Esta investigación pretende contribuir a la nutrición y la calidad de vida de la población debido a que será de gran apoyo para sustentar futuras investigaciones y posteriores formulaciones de fortificación, así como también se procura incentivar el consumo de tortillas para afrontar las carencias alimenticias por los beneficios que esta representa.

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

1.4. Objetivos de investigación

1.4.1. Objetivo general

- Evaluar la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar la composición proximal de las muestras en estudio.
- Cuantificar el contenido de polifenoles libres y totales, y la actividad antioxidante en las muestras de interés.
- Estimar el aporte energético calórico de las tortillas en relación a los requerimientos nutricionales establecidos por el comité de FAO/OMS.

CAPÍTULO II

2.1. Marco teórico

2.1.1. Generalidades del maíz

El maíz es uno de los granos básicos más importantes que se produce y consume a nivel mundial seguido del trigo y el arroz (FAO, 1993a). Usado como alimento para animales (aves, cerdos, y rumiantes), forraje, producción de biocombustible, igualmente para uso medicinal (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura [IICA], 2013).

Es un cereal de mayor producción en Nicaragua (Espinoza, 2018) y superior desde el punto de vista nutracéutico. El maíz es rico en grasas, fibra, y vitaminas exceptuando por el contenido de proteínas, compuesto por cuatro estructuras principales (Anexo 1, figura 11) que caracterizan al grano entre ellas:

Pericarpio: es la cubierta protectora exterior que rodea el endospermo y corresponde el 5% en la composición del grano y constituido principalmente por fibra cruda.

Endospermo: aporta el 83% del peso del grano, es la parte más importante y de mayor tamaño conformado por almidón y envuelto por una matriz de proteínas y trazas de aceite.

Germen: comprendido por la mayor cantidad de nutrientes, principalmente grasas, aceites, azúcares y un alto contenido proteico, vitaminas del complejo B y vitamina E. Se encuentra en el extremo más bajo y es la parte más susceptible al ataque de microorganismos e insectos, que afectan la calidad del grano.

Punta del grano o piloriza: es la estructura por donde la humedad y los nutrientes pasan a través del grano, durante el desarrollo y el secado y representa el 1% de la estructura.

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

2.1.1.2. Método de nixtamalización tradicional.

Este es un proceso mediante el cual se transforma el maíz entero a tortillas y consiste en la cocción del grano, adicionando una solución de cal y exceso de agua con el objetivo de facilitar la remoción del pericarpio. La obtención del nejayote ocurre al dejar en reposo el maíz durante la noche. Posteriormente el grano es lavado con agua limpia resulta el nixtamal y a través de la molienda se logra la masa que es a partir de ella que se preparan las tortillas (Anexo 1, figura 12).

En la época prehispánica el nixtamal era triturado con metate (rodillo de piedra) adicionando agua para formar así una pasta (masa), y en la actualidad es procesado en un molino semi-industrial. El producto resultante era llamado en náhuatl tlaxcalli y fue nombrado tortilla por los españoles según Paredes *et al.*, (2009a).

2.1.1.3. Método de nixtamalización industrial.

El consumo de tortillas preparadas tradicionalmente, a base de harinas nixtamalizadas o pre-cocidas; ha sido transmitida de generación en generación. Aunque, la calidad de las tortillas preparadas a partir de masa fresca, es superior a las obtenidas de harina nixtamalizadas, según Gómez citado por (Flores *et al.*, 2002) esta última ha ganado popularidad entre la población del área urbana debido a la fácil manipulación de harina y el poco esfuerzo requerido para la preparación de las tortillas.

Para optimizar el proceso tradicional de producción, se incluyó el uso de maquinarias para moler el grano, moldear y cocer la masa, teniendo como resultado un ahorro de tiempo, consumo de agua, energía y labores intensiva, es así como la industria de maíz nixtamalizado inicio en el año de 1949 en Cerralvo Nuevo León, México, por Roberto M. González Gutiérrez junto a su hijo, conocida como Grupo Industrial Maseca (GIMSA) hoy parte de la compañía GRUMA. (GRUMA S.A., s.f.).

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

Y como describe Mérida citado por (Rivera, 2013) este proceso está basado en el método tradicional utilizando los ingredientes básicos y como variantes del procedimiento la adición de distintos componentes para mejorar su sabor y extender la vida de anaquel.

El proceso inicia con la selección del grano según su contenido de humedad, seguido por la eliminación de material extraño (granos quebrados, etc.) El grano una vez limpio se almacena y se procede con la cocción a temperatura entre 70-95°C durante 40-55 minutos pasando por un periodo de reposo no especificado y posteriormente es lavado con agua a presión para eliminar todo el excedente.

En la molienda el nixtamal es triturado hasta obtener la masa, y secado para conseguir una harina de partícula fina llamada “harina basta” donde es pasada por un tamiz que separa las partículas de diferentes tamaños y constituye el producto final. Para las tortillas industrializadas, luego del proceso de molienda la masa es trasladada a una laminadora y cortadora industrial, donde es dada la forma, seguidamente introducida a un horno donde es cocida y luego empacada. (Anexo 2, figura 13).

2.1.2. Cambios durante el proceso de nixtamalización.

En el proceso de la transformación del maíz a tortillas suceden cambios fisicoquímicos que modifican las características estructurales del grano, la masa y las tortillas. Los cambios generados por las transformaciones ocurren principalmente en la estructura del almidón, dando lugar a modificaciones en su contenido de nutrientes, y consecuentemente los productos derivados de este tienen mayor calidad nutricional (FAO, 1993b).

Durante la cocción y reposo aumenta el contenido de calcio en el grano, controlando la actividad microbiana, mejora el sabor, aroma, color y valor nutricional de las tortillas, mejorando la disponibilidad de lisina, triptófano (Paredes et al., 2009b).

Se ha reportado que el maíz nixtamalizado proporciona el aumento de la mayoría de aminoácidos esenciales entre 39 y 56% de niacina, de 32 a 62% de tiamina y 19 a

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

36% de riboflavina del mínimo requerido diariamente por el ser humano; de igual manera la fibra dietaria soluble pasa de 0.9% en el maíz a 1.3% en la masa, y a 1.7% en la tortilla (Paredes *et al.*, 2009c).

2.1.3. Generalidades de la tortilla.

Es un alimento típico de Mesoamérica, de forma circular, delgada a base de masa de maíz nixtamalizado (Aldana, 2005); los náhuatl le llamaban “totonqui talxcalli tlacuelpacholli” que significa “tortilla blanca, caliente, cocida”, (Rojas y Gutiérrez, 2016), y sus medidas de diámetro y grosor varían por país y comunidad, pueden ser consumidas directamente o acompañadas con distintas comidas.

La producción de tortillas es realizada por un tratamiento térmico alcalino (Escalante-Aburto *et al.*, 2013), conocido como nixtamalización; como indica (Paredes *et al.*, 2009d), la palabra proviene del náhuatl Nixtli, que significa ceniza o cal y tamalli que significa masa y agua; y es considerada una excelente fuente de calorías debido a su alto contenido de almidón y zeína (tipo de proteína) y carencia de gluten; (Nicaragua, 2016) siendo una excelente opción de alimento para las personas que son intolerantes a este compuesto.

Existen dos tipos de tortilla (FAO & IICA, s.f):

La tortilla casera, que se elabora para consumo en el hogar o para venta en puestos de comidas, no lleva aditivos y tiene una vida útil no mayor de 2 días. Su tamaño y grosor varían según el país y región donde se produzca.

La tortilla industrial, es más delgada y con un sabor diferente a la tortilla casera ya que se le agrega un estabilizador y un preservante para alargar su vida útil, que puede ser de hasta 7 días en refrigeración. De acuerdo a Maya (2018), es elaborada a base de harina de trigo o maíz refinada, la cual es devaluada en cierta medida por su cantidad de aporte calórico.

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

2.1.3.1. Consumo de tortilla.

La tortilla es un componente básico de la alimentación de diversos países (Cruz y Verdalet, 2007) y ha sido clasificada por la UNESCO como patrimonio inmaterial de la humanidad en 2010 (Gasca, 2020) y es considerada un alimento tradicional que persiste a los cambios que se generan en el estilo de vida, siendo para los habitantes de México el más importante para su dieta. Como lo menciona (Novelo y García, 1987) es la principal forma de consumo del maíz.

En Nicaragua, Álvarez y González (2018a) en un estudio realizado para la introducción al mercado de una tortilla industrializada, reflejaron que el 98.9% de la población nicaragüense, consumen tortillas dentro de la dieta alimenticia. El 90.3% y 4% corresponde al consumo de tortilla casera e industrializada, respectivamente. El 64.6% de la población encuestada, refleja que consumen diariamente entre 1-3 unidades.

2.1.3.2. Valor nutritivo de las tortillas.

Está determinado por los ingredientes utilizados y el proceso aplicado para su elaboración. Debido a esto varía de un hogar a otro por las diferencias que se presentan en el proceso; sin embargo, como alimento la tortilla provee de 218 Kcal, 2,8 % de grasa, 5,7 g de proteína 81 mg de calcio por porción de 100 g de en la dieta diaria (Departamento de agricultura de los EE.UU [FDA], 2020).

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

Tabla 1

Composición proximal de tortilla de maíz casera

Composición	Cantidad (g)
Humedad	45,89
Energía (kcal)	218 Kcal
Proteína	5.7
Grasa	2,85
Carbohidratos	44.64
Fibra dietaría total	6,3
Calcio	81 mg

Fuente: FDA, 2020b

2.1.3.3. Tipos de tortillas.

El proceso de industrialización de tortillas y harinas de maíz nixtamalizadas surge luego de la segunda guerra mundial (FAO, 1993c), donde adquirió mucha importancia la producción mecanizada. Una de las desventajas de este proceso es la obtención de tortillas con menor textura, calidad, sabor, y aporte nutricional comparadas con las obtenidas a nivel casero o tortilla tradicional.

México, es el principal país productor de tortillas a base de maíz y trigo, y de harina nixtamalizada. En el comercio nicaragüense existen diferentes tipos de tortillas obtenidas mediante el proceso industrial, entre ellas Bimbo (Rapiditas) y Great Value (Flour) elaboradas a base de harina de trigo y TortiRicas (Gruma) a base de maíz.

En Nicaragua el consumo de tortillas obtenidas industrialmente representa el 4% de la población (Álvarez y González, 2018b), debido a que las tortillas tradicionales a base de maíz presentan mejor calidad y características organolépticas.

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

2.1.4. Amaranto (*Amaranthus* spp)

2.1.4.1. Generalidades del amaranto.

El Amaranto (*Amaranthus* spp.) o huauhtli en lengua náhuatl proviene del griego οἰμάραντος que no se marchita (Morán-Bañuelos *et al.*, 2012); pertenece a la familia Amaranthaceae y comprende alrededor de 70 especies. Es una planta dicotiledónea no gramínea ya que produce semillas tipo granos, por lo que es conocido como un pseudocereal; contiene altos niveles de proteínas y aminoácido lisina, generalmente deficiente en otros cereales.

En Mesoamérica es uno de los cultivos más antiguos y existe evidencia arqueológica que confirma el origen americano de las especies cultivadas para granos. Excavaciones realizadas por MacNeish, (1964) reporta que los indígenas ya cultivaban esta planta durante la fase Coxcatlán (5200 a 3400 años a. C.) lo cual indica que la domesticación del amaranto fue en la misma época que la del maíz.

El interés de este cultivo a nivel mundial, como grano y verdura, ha ido en aumento no solo por su contenido nutricional, sino también por las múltiples características agronómicas que presenta. (Délano-Frier y Martínez-Gallardo, 2012) Mencionan que el cultivo es tolerante a condiciones adversas del medio ambiente, suelos pobres y salinos. Por su versátil aprovechamiento, resulta ser un cultivo rentable para los pequeños productores, así como también la obtención de grandes volúmenes de biomasa.

2.1.4.2. Características nutricionales y nutraceuticos del amaranto.

El uso de este cereal es completo y puede ser consumido casi desde la siembra, en forma de germinado de hojas tiernas, en ensaladas o molidas para servirse como sopas, igualmente utilizado en la preparación de postres, papillas, tortas, budines, bebidas refrescantes, entre otros (Hernández y Herrarías, 1998).

La importancia en la producción de este grano, radica en las propiedades nutritivas presentes en la hoja y el grano. Las hojas poseen valores superiores referentes al

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

contenido de calcio, hierro, fósforo y magnesio, así como vitamina A y C, niacina, y fibra (Matías *et al.*, 2018), mientras que el grano contiene entre 13-18 % de proteína, grasa 6,3-8,1 %, y ceniza de 2,8-4,4 % (Huerta y Barba, 2012).

En Nicaragua valores reportados por Pavón Muñoz, (2020) en la evaluación proximal de harina cruda en 4 variedades de *A. cruentus*, refleja que el contenido de grasas fue entre 5,187 %-5,987 % y para el parámetro carbohidratos totales entre un 66,080 %-66,673 %. Estos resultados demuestran el alto contenido nutricional presente en el grano y que el consumo de amaranto como nuevo alimento debe ser promovido en la población nicaragüense.

Según Huerta-Ocampo, Maldonado-Cervantes y Barba de la Rosa (2012) las semillas contienen propiedades nutracéuticas benéficas para la salud. La digestión de las proteínas presentes en la semilla exhibe funciones biológicas principalmente inhibidores de la Enzima Convertidora de Angiotensina (ECA) y la enzima Dipeptidil Peptidasa IV (DPPIV), responsable de aumentar la presión arterial y la degradación de hormonas insulínótropas relacionadas con los niveles de glucosa en sangre, respectivamente.

Tabla 2

Comparación proximal de amaranto y principales cereales (en base seca)

Características	Amaranto	Maíz	Arroz	Trigo
Humedad	11,1	13,8	11,7	12,5
Proteína	17,9a	10,3b	8,5b	14,0c
Grasa	7,7	4,5	2,1	2,1
Fibra	2,2	2,3	0,9	2,6
Cenizas	4,1	1,4	1,4	1,9
Carbohidratos	57,0	67,7	75,4	66,9

Fuente: Amaranto: Ciencia y tecnología, 2012

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

De igual forma a este cultivo se le han atribuido propiedades inhibidoras en la proliferación de células cancerosas, a través de la presencia de una proteína similar a lunasin de soya, cuyas propiedades han sido demostradas contra químicos carcinogénicos, oncogenes e inhibidores de las proteínas supresores de tumores. (p 307).

2.1.4.3. Amaranto en Nicaragua

En el año 2010, la cooperativa CHINATLAN ubicada en la tejana, departamento de Chinandega, se establecieron parcelas demostrativas utilizando 12 cultivares de amaranto. Dentro de los hallazgos más relevantes se determinó que la variedad *A. cruentus* presentó un rendimiento estimado de 33 qq/mz, aún con la poca experiencia en el rubro. Los rendimientos obtenidos en la zona de estudio se consideran óptimos según comparaciones en base a referencias internacionales (Zelaya Morales, 2015).

A partir de la sequía del año 2014 (mayo-julio) que afectó 108 municipios del país y que generó pérdidas en la producción agrícola, el gobierno de Nicaragua con el apoyo de la FAO promovió la siembra de amaranto como nuevo alimento, iniciativa adoptada por la merma en la producción de granos básicos en el ciclo de primera (FAO, 2014).

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

2.1.5. Biofortificación

No existe una definición exacta de biofortificación, sin embargo se conoce que podría interpretarse como una referencia a la biotecnología moderna (HarvestPlus, 2020) lo define “como un proceso biológico para mejorar los cultivos de consumo masivo para su valor nutricional, donde se utiliza el fitomejoramiento natural (que es el cruce de plantas en los campos), ensayando diferentes variedades que poseen las características deseadas hasta obtener un cultivo altamente en nutrientes y eficiente en su productividad agronómica y que se adapte a las necesidades de los diferentes países”.

2.1.6. Fortificación

La FAO, (2002a) indica que la fortificación es una forma de procesamiento de alimentos de especial interés para los nutricionistas. La fortificación resultar ser una estrategia cuando es utilizada adecuadamente para controlar la carencia de nutrientes. Esta actividad se define, como la adición de uno o más nutrientes a un alimento a fin de mejorar su calidad.

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

2.1.6.1 Formas de fortificación.

Existen diferentes formas de fortificar los alimentos, esto depende del grupo de interés al que se está focalizado, y puede hacerse de varias maneras, entre las más destacadas están:

2.1.6.1.1. Fortificación masiva (universal).

Es el término utilizado para la adición de uno o más micronutrientes a los alimentos, este método solo es posible para alimentos que son consumidos ampliamente por la población como cereales, leches, condimentos, etc. Y es generalmente promovida ordenada y reglamentada por el sector gubernamental. Siendo la mejor opción cuando la población enfrenta un riesgo inaceptable.

2.1.6.1.2. Fortificación focalizada.

Este método es dirigido principalmente a grupos específicos de interés en la población por ejemplo los alimentos complementarios para los lactantes y niños pequeños, niños en edad escolar, o raciones para poblaciones desplazadas o en situación de emergencia.

2.1.6.1.3. Fortificación comercial (Voluntaria o industrial).

Este método parte principalmente de una motivación comercial para agregar uno o más micronutrientes a los alimentos procesados, esto es posible siempre que estén dentro de los límites reglamentarios especificados por cada país. Esta iniciativa voluntaria contribuye a cubrir necesidades de nutrientes y reducir las carencias de los mismos.

Aunque una de las desventajas de este método es por el aumento de alimentos procesados fortificados y también la suministración innecesariamente alta de micronutrientes.

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

2.1.7. Alimento fortificado

Como señala la FAO (2002b) son aquellos que han recibido un aporte adicional de proteínas, aminoácidos, minerales, ácidos grasos y/o vitaminas a su composición natural, con la finalidad de agregar y controlar la carencia de esos nutrientes que se han perdido debido a su procesamiento o por la falta de estos, en el consumo diario.

2.1.7.1. Importancia de fortificación en cereales

Los cereales y sus productos son los más convenientes a fortificar ya que estos tienen mayor demanda, y son de fácil acceso para la población. En el proceso de cosecha y elaboración estos rubros sufren cambios físicos-químicos y nutracéutico, generando la pérdida de elementos esenciales.

La fortificación se realiza con el propósito de complementar el consumo diario de nutrientes; garantizando así un mayor aporte de energía, siendo aprovechado en las actividades diarias.

Estudios realizados muestran que tanto niños como adultos que consumen alimentos fortificados, obtienen vitaminas y energía que necesitan consumir durante el día (Hannon *et al.*, 2007).

2.1.7.2. Importancia de la fortificación en tortillas

La importancia de la fortificación de alimentos es principalmente esencial ya que mejora el contenido nutricional de estos en (vitaminas, aminoácidos, proteínas, fibra y otros), estas estrategias se basan para beneficiar a la población que padece desnutrición por medio del mejoramiento de la calidad de los alimentos.

Según estudio realizado por (Figueroa Cárdenas *et al.*, 2001) acerca de la Fortificación y evaluación de tortillas de nixtamal la tortilla fortificada con vitaminas y, soya presenta un alto contenido de nutrientes (proteínas, calcio y vitaminas), superando las carencias de la tortilla nixtamalizada que pierde contenido nutricional al pasar por el

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

proceso de maíz a tortilla es por ello que la fortificación ayuda a suplir estas necesidades nutricionales de los alimentos básicos que consume la población.

Además, tiene la ventaja doble de proporcionar nutrientes a grandes segmentos de la población sin necesitar de cambios radicales de consumo de alimentos. La fortificación se ha utilizado durante más de 80 años en los países industrializados para restablecer los micronutrientes que se pierden durante el procesamiento de los alimentos, siendo un factor importante en la erradicación de las enfermedades relacionadas con la carencia de vitaminas y de nutrientes esenciales para una dieta saludable.

2.1.8. Proximales

Los análisis proximales comprenden la determinación de los porcentajes de humedad, materia seca, grasa, cenizas, proteínas, carbohidratos solubles, etc., conocer el valor alimenticio de un alimento sometido a su análisis, los resultados deberán ser analizados con un criterio estadístico y comparados con la normativa vigente.

- **Contenido de humedad, materia seca**

Conocer el contenido de humedad de un alimento, radica en la estabilidad del mismo, conociendo este parámetro se logra implementar la mejora en la conservación, lograr maximizar su uso, calidad de estado y almacenamiento. Evitando la proliferación principalmente de microorganismos, y de esta manera que el alimento tenga una vida de anaquel óptimo.

Conocer la cantidad de materia seca que contiene un alimento en la dieta, indica la cantidad total de nutrientes orgánicos e inorgánicos (exceptuando agua) que pueden ser aprovechados potencialmente por su consumo.

- **Contenido de cenizas**

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

Conocer la cantidad de ceniza de un alimento consiste en incinerar toda la materia orgánica dando como resultado el contenido de materia inorgánica o minerales (calcio, hierro, fósforo, potasio, etc.) llamada ceniza, que son esenciales para la alimentación cuando el contenido de ceniza es muy alto, se sugiere que hay presencia de un adulterante inorgánico.

- **Contenido de lípidos (grasa)**

Estos son los que presenta la mayor fuente de energía, es un componente importante no solo por su valor energético sino también por la presencia de vitaminas liposolubles y ácidos grasos, contenidos en la grasa del alimento. También, es componente esencial de todas las membranas celulares y subcelulares, ya que funciona como vehículo biológico para transportar ciertas vitaminas.

Aportan mayor valor energético que las proteínas y carbohidratos, he aquí que los lípidos se pueden utilizar como energía, de modo tal que las proteínas, nutrientes mucho más valiosos, se destinen exclusivamente para el crecimiento.

- **Contenido de proteínas**

Estos son macronutrientes fundamentales para la producción, reparación, desarrollo y mantenimiento de los músculos, tejidos, piel, hormonas, enzimas y huesos, vehículo para transportar sustancias en la sangre, como lípidos y minerales, ayudando a la defensa de agentes externos.

- **Contenido de fibra**

El contenido de fibra de un alimento es una sustancia de origen vegetal que no puede ser digerida por las enzimas del tracto digestivo humano, por lo que pasa de forma rápida por los intestinos, ya que, la fibra retiene agua y aumenta el volumen de las heces, haciéndolas más fluidas y facilitando su expulsión.

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

Se sabe que es clave para la prevención de distintas patologías y enfermedades, las que se encuentran disminución de la presión arterial, reducción del riesgo de cáncer colorrectal, menor riesgo de enfermedad cardiovascular, e incrementa la sensación de saciedad y mejora la composición bacteriana.

- **Contenido de carbohidratos totales**

Junto con la proteína y lípidos son los macronutrientes principales para la alimentación, el cuerpo descompone los carbohidratos en glucosa o azúcares en la sangre, lo que lo convierte en la principal fuente de energía de las células, tejidos y del cuerpo para poder desarrollar las actividades diarias de manera óptima y es componente principal de diferentes rutas metabólicas en el cuerpo ayudando a regular la actividad cerebral.

2.1.9. Contenido de Polifenoles

En el reino vegetal se pueden distinguir grandes grupos de compuestos bioactivos, entre los que incluyen sustancias simples (fenólicas), flavonoides y antocianinas siendo las más estudiadas, las fenólicas. Sin embargo, las presentes en las frutas pertenecen en su mayoría a las sustancias terpénicas y fenólicas (Martínez-Navarrete *et al.*, 2008).

Los compuestos fenólicos son metabolitos secundarios de las plantas, comprende alrededor de 8000 compuestos y se encuentran naturalmente en alimentos y bebidas de origen vegetal, tienen diversas funciones, contienen una serie de sustancias, además de aportar macro y micronutrientes, obteniendo un gran impacto potencial en la salud (Valencia-Avilés *et al.*, 2017).

2.1.10. Actividad antioxidante

La actividad antioxidante de los compuestos fenólicos parece estar relacionado con su capacidad para quelar metales, inhibir e interactuar (captura)

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

con los radicales libres evitando la degradación oxidativa, de tal manera que un antioxidante actúa principalmente, gracias a su capacidad, lo que les impide causar daño, daño, (Londoño, 2012) teniendo efectos beneficiosos para la salud actuando de manera biológica como antimutagénico, anticancerígeno, antienviejamiento entre otros. otros.

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

2.2. Antecedentes

En Nicaragua no se han reportado estudios donde se valore la calidad y composición nutricional, el contenido fenólico y la actividad antioxidante de la tortilla, sin embargo, se han realizados estudios sensoriales y sobre las características fisicoquímicas para la aceptación de tortillas fortificadas con otros complementos. En base a lo anteriormente expuesto, se puede afirmar que este es el primer estudio referente a los valores del contenido nutricional de la tortilla en nuestro país.

Por otro lado, a nivel internacional se han desarrollado diversos estudios sobre la tortilla fortificada con otros alimentos requeridos para su complementación, determinando su calidad, a partir de su composición nutricional y perfiles fitoquímicos.

En el año 2004, García realizó un estudio comparativo y evaluación biológica de tortillas de maíz elaboradas por diferentes métodos de procesamiento, estos métodos fueron la nixtamalización tradicional, a base de harina de MASECA, MINSA y por el método realizado por CICATA-IPN dando como resultado que el contenido cenizas y grasas por el método tradicional fue mayor en comparación a los otros métodos.

En el año 2005, en el municipio de Totonicapán y Jutiapa (México), González realizó una comparación a nivel proximal y mineral en tortillas elaboradas artesanalmente a partir de diferentes genotipos de maíz destinadas para venta y autoconsumo. Según resultados encontrados se concluyó que, las tortillas destinadas para autoconsumo y venta en el municipio de Jutiapa, presentaron mayor contenido de proteínas, y carbohidratos totales, a excepción de grasa, fibra cruda, energía y menor contenido de agua. En el caso del municipio de Totonicapán para tortillas de autoconsumo presentaron mayor contenido de energía grasa y fibra cruda, valores superiores a los reflejados en Jutiapa.

En 2007, de la Parra y colaboradores investigaron el “Efecto del procesamiento sobre los perfiles fitoquímicos y la actividad antioxidante del maíz para la producción de masa, tortillas y totopos” en cinco genotipos de maíz (blanco, amarillo, carotenoide alto,

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

azul y rojo), realizado en el departamento de ciencias de la universidad de Cornell, Ithaca, New York.; obteniendo que el proceso de nixtamalización redujo significativamente los fenólicos totales de 260,7 mg GAE/100g en grano a 166,2 mg GAE/100g en tortillas y los granos nixtamalizados exhibieron una mayor concentración de fenoles libres de 34,7 mg GAE/100g en granos a 47,2 mg GAE/100g en tortilla.

Colín-Chávez *et al.*, (2020) en su estudio “Comparación de propiedades nutricionales y compuestos bioactivos entre tortillas frescas, industriales y artesanales de variedades locales de maíz” en Cuautitlán Izcalli, estado de México, donde reportaron valores de antioxidantes de 43,6 % de inhibición DPPH; concluyendo que las tortillas artesanales (blanca y azul) presentaron propiedades nutricionales-nutracéuticas superiores en comparación con tortillas de maíz blanco producidas comercialmente.

En 2020, Brenda Franco realizó una caracterización fisicoquímica y reológica a una tortilla enriquecida con diferentes cantidades de amaranto e hidrocoloides en Cuautitlán Izcalli, estado de México, concluyendo que la tortilla con el tratamiento de 4 % de amaranto y 96 % de maíz, presentó características reológicas y fisicoquímicas más estables en comparación con los otros tratamientos, aportando a la tortilla un mayor valor nutritivo en comparación a una tortilla de maíz; de igual manera al adicionar amaranto disminuyó la viscosidad de las masas, debido al contenido de amilosa y amilopectina que se encuentra en menor cantidad.

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

2.3. Hipótesis

La composición nutricional de las tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, no difieren en su análisis proximal y bioquímico.

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

CAPÍTULO III

3.1. Marco metodológico

3.1.1. Descripción de ámbito de estudio

La tortilla de maíz fortificada con amaranto fue preparada en el Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CNIA) perteneciente al Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA). localizado en el km 14.5 carretera norte de Managua, ubicado en las coordenadas 12°07'54.6"N y 86°08'53.2"O. En base a ello el CNIA-INTA realizó dos formulaciones de fortificación de tortillas para determinar cuál de estas es la que obtuvo mayor aceptación sensorial-organoléptica por la población.

Figura 1

Ubicación de INTA-CNIA ubicado en Managua, Nicaragua



Fuente: Google maps. [Recuperado 22 de julio 2021]

Concluyendo que la tortilla formulada con 50-50% maíz-amaranto, respectivamente, no fue de agrado para la población tanto el sabor, color y textura; por otro lado la formulación 75-25% maíz-amaranto respectivamente, fue del agrado con mayor aceptación respecto a los parámetros ya descritos anteriormente, Por ello del

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

interés en determinar la evaluación de la composición nutricional de las distintas tortillas y de esta manera conocer la tortilla con mayor valor y contenido nutricional.

El presente estudio desde el punto de vista geográfico se llevó a cabo en el Laboratorio de Biotecnología, ubicado en el Recinto Universitario Ricardo Morales Avilés, (RURMA) de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua (UNAN-Managua) 12°07'00.1" N y 86°16'26.4" W

Esta investigación está orientada al área académica de procesos industriales en la línea de alimentos en el procesamiento de alimentos para consumo humano.

Figura 2

Ubicación de laboratorio de biotecnología Recinto Universitario Ricardo Morales Avilés (RURMA)



Fuente: Google maps [Recuperado 23 de julio 2021)

3.1.2. Tipo de estudio

Conforme a lo establecido por Sampieri (2014) la presente investigación es cuantitativa, con un enfoque descriptivo ya que se especifican las características y propiedades de los grupos que se someten a análisis.

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

3.1.3. Población y muestra

3.1.3.1. Población

Constituida por tortillas elaboradas a base de la combinación de maíz y amaranto, tortilla de maíz tradicional (elaboradas el 25 de octubre 2020) y tortillas de harina nixtamalizada (elaboradas el 07 de junio 2020) realizadas en casa, bajo condiciones de limpieza.

3.1.3.2. Muestra

10 unidades de tortillas elaboradas a partir de harina de maíz nixtamalizada (Maseca), con un peso promedio de 59,65 g, codificadas y almacenadas en refrigeración a temperaturas de 4°C.

35 unidades de tortillas de maíz variedad NB-6, con un peso promedio de 105,65 g, codificada y almacenada en refrigeración a temperaturas de 4° C.

20 unidades de tortilla de maíz (NB-6) fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), proporcionadas por el CNIA INTA, con un peso promedio de 115,210 g, codificadas y almacenadas en refrigeración a temperaturas de 4°C.

Posteriormente las muestras serán homogenizadas y transformadas en harina de tortilla para los análisis requeridos. Elaboradas a partir de harina de maíz nixtamalizada comercial (MASECA) y maíz NB-6 con un diámetro de 12 y para la tortilla tradicional y 2mm de grosor, producidas a partir de 2,268 kg de materia prima.

3.1.4. Criterio inclusión

- Tortillas con el mismo grosor
- Tortillas con el mismo diámetro
- Tortillas sin quebrar

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

3.1.5. Criterio de exclusión

- Tortillas con características organolépticas no aceptable
- Tortillas con mayor tiempo de cocción
- Tortillas cuarteadas después del tiempo de cocción

3.1.6. Variables y operacionalización

3.1.6.1. Variables independientes

- Contenido nutricional
- Proceso de nixtamalización (temperatura, molienda y textura)

3.1.6.2. Variables dependientes

- Composición proximal
- Contenido polifenólicos totales y libres
- Actividad antioxidante

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

3.1.6.3. Operacionalización de las variables

Objetivos Específicos	Variable Conceptual	Subvariables o Dimensiones	Variable Operativa o Indicador	Técnica de recolección de datos e información y actores participantes, Categorías, Estadísticas			Tipo de variable estadística
				Análisis Documental	Experimento de Laboratorio	Matriz comparativa	
Determinar la composición proximal de las muestras de los tres tipos de tortilla en estudio	Composición proximal: La determinación de estos compuestos es esencial para la nutrición humana	Análisis proximal	Humedad, Materia seca, Ceniza, Lípidos, Fibra dietaria total, Proteínas, Extracto libre de nitrógeno (carbohidratos)		*	*	Cuantitativa Continua
Cuantificar el contenido de polifenoles libres y totales, actividad antioxidante de las muestras de interés	Son un grupo presentes en frutas, vegetales y cereales beneficiosos para la salud	Cuantificación de los polifenoles y determinación de la actividad antioxidante.	1. Polifenoles totales 2. Polifenoles libres 3. Capacidad antioxidante a partir de polifenoles totales y libre		*	*	Cuantitativa Continua
Comparar el aporte energético calórico de las tortillas en relación a los requerimientos nutricionales establecidos por el comité de FAO/OMS.	Conocer el valor nutricional de los alimentos es el primer elemento en la dieta alimenticia del ser humano	<ul style="list-style-type: none"> • Tortilla de maíz fortificada con amaranto • Tortilla de maíz • Tortilla de maíz nixtamalizado 	Lípidos Proteínas Carbohidratos	*		*	Cualitativo Ordinal

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

3.1.7. Materiales y métodos

3.1.7.1. Métodos

- **Limpieza del grano de maíz**

La limpieza del grano se realizó de forma manual, con la finalidad de eliminar materia extraña, grano dañado, manchado y cualquier tipo de contaminación física. Seguidamente se lavó con agua de grifo, posteriormente se realizó triple lavado con agua destilada. El grano se procedió a secar a temperatura ambiente, para luego almacenarlo en bolsas con cierre hermético en condiciones de refrigeración (4°C), hasta el proceso de nixtamalización. (Anexo 1, figura 14).

- **Método nixtamalización del maíz**

La elaboración de la tortilla de maíz se realizó según el procedimiento de nixtamalización descrito por Illescas (1943) citado por FAO (1993d).

La cocción del grano se realizó por un periodo entre 20 a 45 minutos, con el objetivo de separar el pericarpio del endospermo. La preparación se hizo en proporciones 1:1:2 (grano, cal $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ al 1% y agua) esta solución se calentará aproximadamente entre 80-90°C y dejará reposar durante toda la noche. Con el objetivo de eliminar la cubierta seminal, el maíz (denominado nixtamal) se lavará de dos a tres veces con agua de grifo, desechando el líquido conteniendo impurezas del grano, la capa terminal, y los sobrantes de cal. (Anexo 1, figura 14).

- **Elaboración de las tortillas**

El maíz nixtamalizado será procesado a través de un molino semi-industrial, donde se agregará agua para adquirir la consistencia deseada. Posteriormente se tomaran porciones de masa y se dará forma de discos. Colocándolos en un comal metálico o placa de arcilla, sometiéndolos a cocción a ambos lados, para la formación de la capa gruesa y permitir el inflado hasta el obtener la tortilla. (Anexo 1, figura 14).

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

Las muestras serán almacenadas en bolsas con cierre hermético en refrigeración (4°C), hasta el momento de realizar los análisis de interés.

- **Procedimiento de preparación de la tortilla de harina nixtamalizada**

Las tortillas serán elaboradas de acuerdo al procedimiento realizado por Gaytán-Martínez *et al.*, (2012) con modificaciones en laboratorio.

En un recipiente de tamaño adecuado, se adicionará un kilogramo de harina de maíz y 800 mL de agua purificada, ambas porciones se homogenizarán hasta obtener una mezcla homogénea. Para la elaboración de las tortillas, se tomarán porciones de masa y se le dará forma de discos, sometiéndolos a cocción a ambos lados, utilizando un comal metálico o placa de arcilla. Este proceso finalizará hasta la formación de la capa gruesa y permitir el inflado para obtener la tortilla. (Anexo1, figura 15).

Las muestras serán almacenadas en bolsas con cierre hermético, en condiciones de refrigeración (4°C), hasta el momento de realizar los análisis de interés.

- **Determinación de análisis proximales (AOAC)**

La composición química de las muestras en estudio se determinará utilizando las metodologías establecidas por la AOAC. Humedad y materia seca (AOAC 925.10), proteína (AOAC 2001.11), análisis de cenizas (AOAC 923.03), extracto etéreo (AOAC 920.39), y fibra dietaría total (AOAC 985.29).

- **Humedad y materia seca**

Se realizó empleando un horno de convección por gravedad para someter a las muestras a $103 \pm 2^\circ\text{C}$ hasta llegar a peso constante. El contenido de agua presente en la muestra, corresponde a la diferencia del peso de la muestra húmeda y seca. (Anexo 1, figura 16).

- **Cenizas**

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

El contenido de materia inorgánica o minerales, llamada ceniza, se realizó a través de la determinación por diferencias de peso después de la incineración, utilizando una mufla a 550°C. El contenido se obtuvo entre la masa del crisol que contiene el residuo y el crisol vacío. (Anexo 1, figura 17).

- **Extracto etéreo (grasa o lípidos)**

Se extrajeron los componentes solubles de la matriz por un período de 6-8 horas utilizando un equipo de extracción soxhlet a temperatura de ebullición del solvente (éter de petróleo). El residuo lipídico extraído se obtuvo por diferencia de peso entre la masa del balón que contiene el residuo y el balón vacío. (Anexo 1, figura 21)

- **Determinación de Proteína**

Utilizando el bloque de digestión se realizó la oxidación con ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4) de la materia orgánica de la muestra. Durante 1 hora a 400°C con el fin de reducir el nitrógeno orgánico a iones amonio (NH_4^+) retenido como sulfato de amonio $(NH_4)_2SO_4$. (Anexo 1, figura 18).

Proteína a partir de determinación de nitrógeno

El producto generado en la etapa de oxidación fue destilado en un equipo micro-Kjeldahl neutralizo por medio de una solución concentrada de hidróxido sodio (NaOH) a 40%.

Durante este proceso los iones amonio (NH_4^+) se convierten en amoníaco (NH_3) que es arrastrado al vaso receptor por medio de una corriente de vapor de agua (destilación al vapor). Recepcionando con una solución de H_3BO_4 concentrado al 4 %. (Anexo 1, figura 19).

Posteriormente se llevará a cabo una valoración ácido-base utilizando una solución estandarizada de ácido sulfúrico (HCl) 0.1 N. (Anexo 1, figura 20)

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

- **Fibra dietaría total**

El método consiste en la digestión de los carbohidratos y proteínas empleando el uso de enzimas (amyloglucosidasa, amylasa y proteasa). Este método permitirá cuantificar la fibra dietaría de alto peso molecular (lignina, inulina y algunos almidones resistentes). Se incubaron a distintas temperaturas, posterior del agregado de cada enzima. El producto obtenido fue filtrado a través de crisoles esmerilados y luego llevados a incineración a 525°C por 5 horas. (Anexo 1, figura 22)

- **Determinación de carbohidratos (extracto libre de nitrógeno) (AOAC 986.25)**

Se calculó por medio de la diferencia de 100, menos el resultado de cada análisis proximal realizado para cada muestra, de acuerdo a la ecuación:

$$\% \text{ carbohidratos} = 100 - (\% H + \% C + \% P + \% G)$$

- **Determinación de polifenoles totales y libres**

Se determinó el contenido de compuestos fenólicos presentes en los productos vegetales. Basándose en la reacción de los compuestos con el reactivo de Folin-Ciocalteu a pH básico, dando lugar a una coloración azul susceptible determinada por espectrofotometría a 765 nm. (Anexo 1, figura 23).

- **Determinación de antioxidantes (Método DPPH) a partir de polifenoles totales y libres**

Se determinaron los compuestos fenólicos y antioxidantes mediante los métodos de Folin-Ciocalteu (FCR) y 1,1 difenil -2-picrilhidrazilo (DPPH). Se basa en la estabilidad del radical 1,1-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH), atribuida a la deslocalización del electrón desapareado, que también le otorga una coloración violeta caracterizada por una banda de absorción, en solución etanólica, centrada alrededor de 517 nm. (Anexo 1, figura 23).

- **Determinación del contenido energético**

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

El aporte energético de cada tortilla fue calculado por el sistema propuesto por Atwater y colegas a finales del siglo XIX e inicios del siglo XX, en la universidad de Wesleyan en Middletown, Connecticut. Para lo cual se multiplicó el porcentaje de carbohidratos y proteínas por 4 Kcal y el porcentaje de grasa por 9 Kcal.

3.1.7.2. Materiales para recolectar información

Para la recopilación de información se realizará una revisión bibliográfica de artículos y revistas científicas, monografías, libros, publicaciones en sitios web. También se efectuó una entrevista, con el objetivo de recopilar información sobre el proceso de elaboración de las tortillas de maíz fortificada con amaranto.

3.1.7.3. Materiales para procesar la información

La información recolectada será procesada mediante:

- Microsoft Excel 2010: Software de hoja de cálculo, herramienta avanzada de análisis y visualización de datos, es importante por su uso en la construcción de tablas de datos.
- Microsoft Word 2010: Software desarrollado al procesamiento de textos e información recolectada.
- Microsoft PowerPoint 2010: Software para realizar la presentación una vez culminada la investigación.

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

3.1.7.2. Equipos, reactivos y materiales de laboratorio

Tabla 3

Equipos utilizados

Nombre	Marca	Modelo
Horno de convección	Thermo Scientific	Precision 23EM
Horno tipo Mufla	Fisher Scientific	550-58
Baño María agitación recíproca	Fisher Scientific	Isotemp® 2884
Campana extractora de gases	Kewaunee Scientific	IMAN-UL
pH metro	Inolab®	Ph7310
Balanza analítica	OHAUS	Explorer pro EP-114
Balanza analítica	Sartorius	TE214S
Balanza de precisión	Sartorius	CP2202S
Espectrofotómetro	-----	-----
Mantas de calentamiento	Electrothermal	EM0250/CX1
Plato caliente con agitador	CIMAREC	SP131325
Licuadaora	Osterizer® BLENDER	10 speed/ Metal driv
Bloque digestor	LABCONCO	-----
Refrigerador/Freezer	CENTRON	ULRACOOOL
Temporizador	Fisher Scientific	-----
Microcentrifuga	EPPENDORF	S417R
Digestor Kjeldahl	LABCONCO	Rapid-423080
Digestor Kjeldahl	LABCONCO	Rapid-423080
Bomba de vacío	GE-MOTORS	5KH336N293-KX

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

Tabla 4

Reactivos utilizados

Nombre	Fórmula química	Grado	Marca
Ácido Clorhídrico	HCl	ACS PLUS	Fisher Chemical alert®
Folin-Ciocalteu (FCR)	Mezcla de fosfomolibdato y fosfotungstato	-----	-----
Hidróxido de Sodio	NaOH	-----	Fisher Chemical®
Radical DPPH	C ₁₈ H ₁₂ N ₅ O ₆	-----	-----
Buffer Fosfato	-----	-----	-----
Enzima proteasa, α-amilasa, amyloglucosidasa	-----	-----	Megazyme
Tris-HCl	-----	-----	-----
Etanol 78°-98°	C ₂ H ₅ OH	-----	-----
Cetona	C ₃ H ₆ O	-----	-----
Éter de petróleo		ACS	Fisher
Celite	SiO ₂	Analítico	Megazyme
Sulfato de sodio anhídrido	Na ₂ SO ₄	-----	-----
Ácido sulfúrico	H ₂ SO ₄	-----	-----
Indicador de verde de bromocresol	C ₂₁ H ₁₄ Br ₄ O ₅ S	-----	-----
Indicador rojo de metilo	C ₁₅ H ₁₅ N ₃ O ₂	-----	-----
Tabletas Kjeldahl	-----	-----	-----
Buffer para pH metro	-----	-----	-----
Hidróxido de calcio	Ca(OH) ₂	-----	-----

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

Tabla 5

Materiales utilizados

Material	Marca	Capacidad	Clase/Tolerancia
Balones aforado	Kimax®	250, 1000 mL	Clase A/±0.12
		500 mL	Clase A/±0.20
Beackers	Pirex®	25,50,100,1000 mL	Clase -/±0.5%
	Kimax®	600 mL	Clase -/±0.5%
Bureta	Pirex®	10 mL	Clase-/±10
Termómetro mercurio	Durac® Plus™	-10°C-260°C	Clase-/±2
Probeta	Duran®	10,50,100mL	Clase-/±0.5mL
Micro pipetas	-----	10-50µL;50- 200µL;200-1000 µL	-----
Crisoles con filtro	Pirex®	50mL	Clase-/±0.5mL
Pinzas para crisoles	-----	-----	-----
Refrigerante	-----	-----	-----
Tubo cónico falcón	Fisherbrand®	10 mL	-----
Tubos eppendorf	-----	1.5 mL	-----
Perlas de ebullición	-----	-----	-----
Espátulas de acero inoxidable	-----	-----	-----
Peras de succión	-----	-----	-----
Pipeta automática		10 mL	
Tubos para digestión Kjeldahl	-----	-----	-----
Papel toalla			
Papel aluminio			
Guantes de nitrilo	-----	-----	-----
Tamiz	-----	#30	-----
Crisoles de porcelana	-----	-----	-----
Regla y Vernier	-----	-----	-----

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

Pinzas de tres dedos	-----	-----	-----
Extractor Soxhlet	-----	-----	-----
Kitasato	-----	-----	
Celda de Cuarzo	-----	-----	-----
Crises de porcelana	-----	-----	-----
Desecadores	-----	-----	-----
Espátulas de acero inoxidable	-----	-----	-----
Bolsa de polietileno Ziploc	-----	-----	-----

CAPÍTULO IV

4.1. Análisis y discusión de resultados

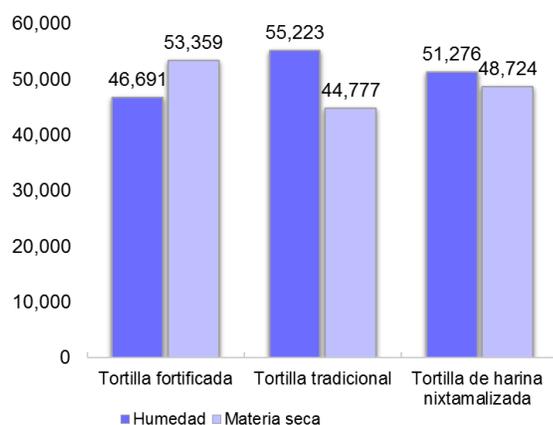
4.1.1. Composición proximal

El contenido de humedad en un alimento es frecuentemente uno de los criterios más importantes para establecer su comercialización (local o industrial), almacenamiento, seguridad y estabilidad, esto por la relación que existe entre el contenido de agua y la susceptibilidad a deterioro (Luna Muñoz, 2014).

La figura 3 presenta el contenido de humedad y materia seca de las diferentes tortillas en estudio, reflejando que la tortilla tradicional (TT) (55,223 %) exhibió un mayor contenido, seguido por la tortilla de harina nixtamalizada (THN) y la tortilla fortificada con amaranto (TFA), con valores de 51,276 % y 46,691 %, respectivamente.

Figura 3

Contenido de humedad y materia seca



Fuente: Propia

El contenido de humedad obtenido en la TT es superior a lo informado por la FDA (2020) e INCAP (2012) quienes señalan valores del 45,890 y 50 % en tortillas caseras. Salinas-Moreno *et al.*, (2007) indican que este parámetro está relacionado a factores como el genotipo, dureza y tiempo de cocción del grano también que parte del pericarpio

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

solubilizado permanece en el nixtamal, contribuyendo a la retención de agua, las características organolépticas y textura de la tortilla.

En cuanto a la THN refleja un valor ligeramente mayor (51,276 %) a lo reportado por Bressani y Billeb (2001) quienes señalan un contenido de humedad entre 42,40 y 48,96 % e INCAP (2012) en un 45,20 %; expresando de esta manera que la THN contiene mayor humedad en comparación a dichos autores. Esto puede deberse que de acuerdo a la NTON 03 096-11, que la harina contiene como producto seco, un máximo de 14 % de humedad, y de acuerdo a Flores *et al.*, (2002) la capacidad de absorción de agua subjetiva (CAAS) de esta, depende de la consistencia que se desea en la masa.

Finalmente en México, Franco, (2020) reportó valores para una tortilla fortificada con amaranto e hidrocoloides entre el 48-54 % de humedad; sin embargo la TFA presentó resultados relativamente menores (46,691 %), no obstante estos valores se encuentran dentro de lo reportado por FAO, (1993e). Según García (2004) la cantidad de humedad contenida en las tortillas se debe a que estos son productos realizados con materia prima fresca y todavía contiene agua retenida.

En el parámetro materia seca no se encontraron reportes a nivel internacional, sin embargo, este corresponde al peso del alimento menos el agua contenida, y de acuerdo el grafico 1, la tortilla con mayor contenido fue la TFA (53,359 %), seguido por la THN 48,724 % y TT (44,777 %).

Los resultados obtenidos de materia seca en la TFA con respecto a la TT y THN presenta un incremento relativamente mayor, esto debido a que el grano de amaranto contiene entre el 90 y 97 % de materia seca Pavón Muñoz (2020) e incorporado en la fortificación aumenta el contenido de este parámetro en la tortilla.

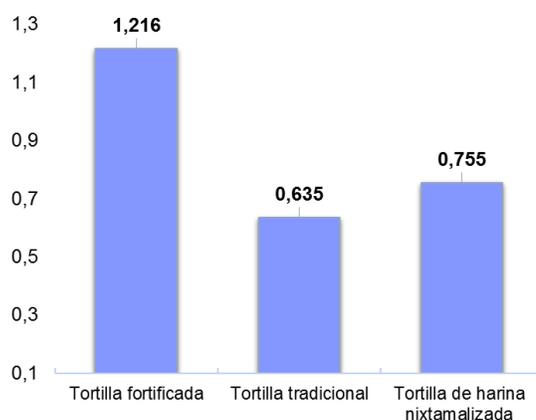
Por otro lado la cantidad (pérdida o ganancia) de materia seca puede estar ligado a diferentes factores como el tipo y la integridad del grano (entero o quebrado), el método, tiempo de cocción y remojo, la cantidad de cal empleada, así como también el tratamiento durante el lavado, donde se eliminan partes de grano como la pilorriza, germen, etc. (en el caso del grano de maíz) (FAO, 1993f).

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

La figura 4 refleja este contenido de cenizas, y se conoce que es el residuo de materia inorgánica (resultante después del proceso de incineración en condiciones determinadas), y micro elementos que cumplen funciones metabólicas importantes en el organismo; la tortilla con valores mayores fue la TFA (1,216 %) seguido de la THN y finalmente la TT con (0,755 % y 0,635 %) respectivamente.

Figura 4

Contenido de cenizas



Fuente: Propia

El contenido de ceniza obtenido en la TT (0,635 %) es ligeramente menor a lo reportado por el INCAP, (2012) quien reporta un 0,7 % en tortillas caseras, por otro lado se encuentra dentro de lo referido por González, (2005) donde reporta un 0,6-0,7 % en tortillas artesanales. El INCAP, (2012) reporta 0,9 % de cenizas en comparación con lo reflejado por la THN, (0,755%) el cual fue menor a lo obtenido en las tortillas industriales.

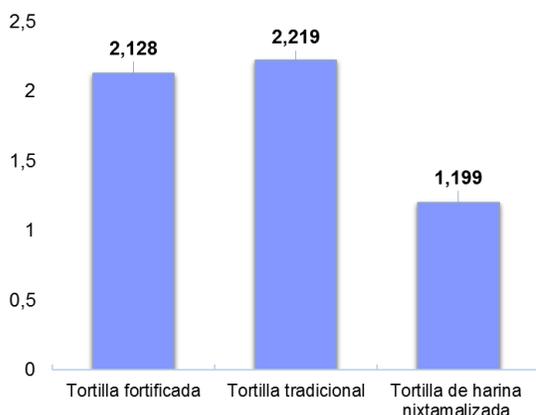
Finalmente Franco, (2020) reporta entre 2,07-2,15 % de cenizas, mientras tanto los resultados de la TFA se encuentran por debajo (1,216 %) a lo reportado por dicho autor; sin embargo, exhibe un mayor contenido a diferencia de las TT y THN. El aumento de cenizas depende principalmente del contenido de minerales presente en el germen de los dos cereales, por la absorción de cal (CaOH_2) en el proceso de la nixtamalización FAO, (1993g).

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

Se conoce que el germen de maíz está mayormente caracterizado por su elevado contenido de grasas, 33 % y otros elementos, sin embargo, el valor nutritivo de éste, tras su procesamiento y elaboración de la tortilla difiere considerablemente su contenido FAO, (1993h). En la figura 5, se presenta el contenido de grasa obtenido en las tortillas en estudio, exhibiendo que la TT (2,219 %) tiene mayor grasa, seguido por la TFA (2,128 %) y finalmente la THN (1,199 %).

Figura 5

Contenido de grasa



Fuente: Propia

Contrastando los resultados en la TT, se observa que presentan menor contenido a lo reportados por González (2005) (0,3 %-1,1 %) y se aproximan a lo referido por FDA (2020), (2,85 %); por otro lado el contenido en la TFA exhibe un valor significativamente inferior con lo reportado por Franco (2020) (2,81-4,88%). Finalmente el INCAP (2012) y García (2004) informan el contenido de grasa entre 1,10 % y 1,49 % con respecto a la THN, y se observa que lo reportado se encuentra dentro del rango de dichos autores.

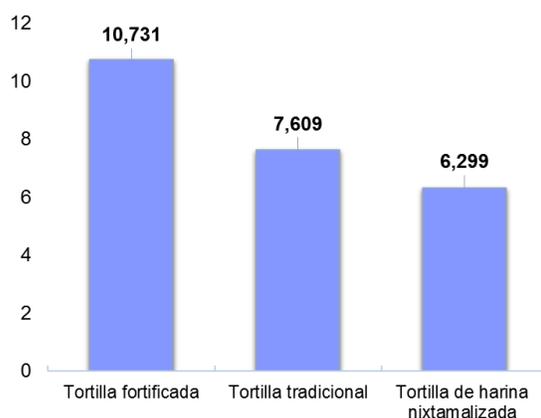
El contenido de proteína y demás nutrientes como la composición y valor nutricional de un producto depende mucho del genotipo, el ambiente y manejo agronómico al que es sometido el grano y el producto final (González-Córtés *et al.*, 2016).

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

Con respecto al parámetro proteína reflejada en la figura 6, la matriz que presentó mayor contenido fue la TFA (10,731 %), seguido de la TT (7,609 %) y finalmente la THN (6,299 %).

Figura 6

Contenido de proteína



Fuente: Propia

Los resultados obtenidos de proteína en la TT son superiores a lo reportado por la FDA (2020) e INCAP (2012) quienes reportan 5,7 % y 4,8 %; respectivamente, por otro lado el INCAP (2012) y García (2004) reportan en tortillas industriales valores de 5,10 % y 9,36 % de proteína, obteniendo que la THN contiene mayor contenido a lo reportado por el INCAP (2012) y valores cercanos a lo obtenido por García (2004).

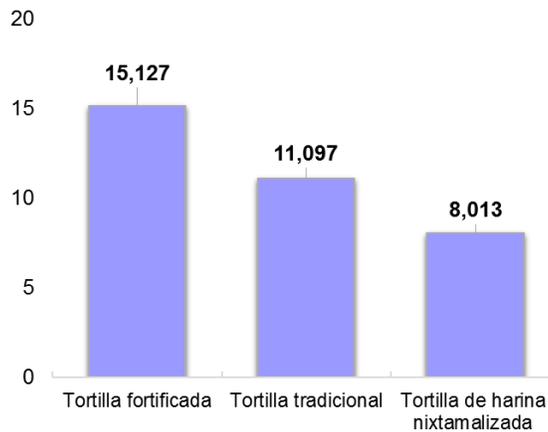
Valores de 10,731 % en la TFA de proteína resultan menores y difieren a lo reportado por Franco, (2020) (14,01-34,32 %), sin embargo estos se asemejan a lo obtenido por Vázquez, (2013) (9,166-10,5%); mostrando un mayor aumento proteico en comparación con la TT y THN, lo que genera un aporte positivo a la dieta.

En la figura 7 presenta el contenido de fibra dietaría total, donde la TFA fue la que presentó valores mayores con 15,127 %, seguido de la TT con 11,097 % y finalmente la THN con 8,013 %.

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

Figura 7

Contenido de fibra dietaria total



Fuente: Propia

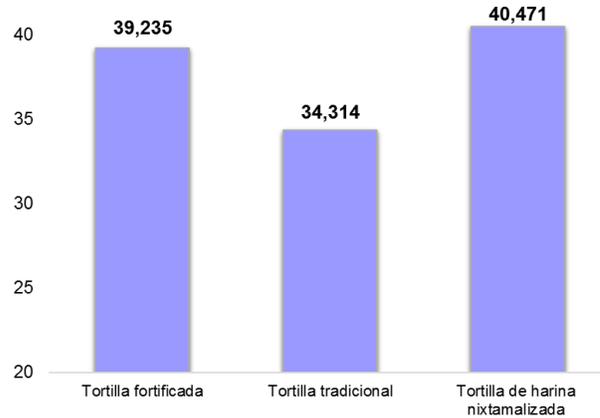
El INCAP (2012) reporta valores de 7,0 % en fibra dietaria total para el caso de las tortillas industriales, siendo el contenido en la THN (8,013 %) mayor a lo referido. En el caso de la TT los resultados encontrados 11,097 % difieren con lo reportado por la FDA (2020) e INCAP (2020) (6,3 %-6,5 %), presentado mayor contenido de fibra en este estudio; de igual forma Franco (2020) reporta entre 1,81-2,43 %, siendo los resultados de la TFA superior a lo reportado por dicho autor.

Con respecto a los resultados obtenidos en este estudio de carbohidratos totales, el mayor contenido fue reflejado por la THN (40,471 %) seguido de la TFA (39,234 %) y finalmente la TT con (34,314 %) (Figura 8).

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

Figura 8

Contenido de carbohidratos totales



Fuente: Propia

En base a INCAP (2012) y Blanco-Metzler *et al.*, (2000) reportan valores del 47,70 % de carbohidratos totales en las tortillas industriales, en el caso de la THN el contenido de este parámetro (40,471 %) se asemeja a lo reportado por dichos autores.

Franco (2020) reporta valores de 58,33-77,23 % en una tortilla fortificada con amaranto, siendo superior a lo reportado en este estudio para la TFA (39,234 %). En la TT el contenido obtenido 34,314 % es menor y difiere a lo indicado por FDA (2020) e INCAP (2012) (44,64 % y 43,8 %).

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

4.1.2. Compuestos fenólicos (PT y PL)

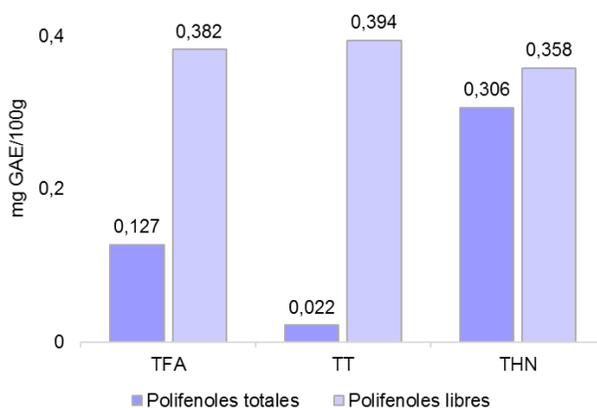
El estudio de los compuestos fenólicos es de fundamental importancia por sus diversas propiedades en la salud. Para efectos de este estudio se determinaron los compuestos fenólicos y actividad antioxidante en tres tipos de tortillas con la finalidad de evaluar estos compuestos.

En la figura 9, muestra los resultados de la concentración del contenido de polifenoles totales y libres evaluados a partir de tres muestras de tortilla. Al comparar los resultados obtenidos para PT se determinó que la TFA mostró valores de 0,127 mg GAE/100g, seguido de la THN 0,306 mg GAE/100g y la TT con 0,022 mg GAE/100g.

En el caso de los PL, reflejan valores similares para las matrices en estudio. La TT presentó una concentración del 0,394 mg GAE/100g, 0,382 mg GAE/100g para TFA y THN con 0,358 mg GAE/100g.

Figura 9

Contenido de compuesto polifenólicos



Fuente: Propia

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

El contenido de PT para la TFA (0,127 mg GAE/100g), refleja que este valor obtenido es menor a lo reportado por Vázquez (2013) (0,63-0,68 mg GAE/100g) en tortillas fortificadas con maíz, frijol y amaranto (90-3-7); (90-5-5%) (90-7-3)

Según estudios realizados por Colín-Chávez *et al.*, (2020) y de la Parra *et al.*, (2007), el contenido para polifenoles totales en tortillas blancas es entre 74,4-166,2 mg GAE/100g respectivamente y para polifenoles libres de 47,2 mg GAE/100g, Los resultados obtenidos para polifenoles totales y libres en los tres tipos de tortillas, difieren a los valores reportados por dichos autores.

De acuerdo a lo expresado por Haminiuk *et al.*, (2012) el contenido de polifenoles en plantas y frutos tiene variaciones que dependen del genotipo, especie, condiciones ambientales, grado de madurez, composición del suelo, ubicación geográfica y condiciones de almacenamiento. Y según Preciado y Montes (2011) las variaciones del contenido fenólico se ven afectados por el proceso de nixtamalización que se le da al maíz donde se pierde una cantidad importante de estos compuestos durante el proceso.

4.1.3. Actividad antioxidante

La actividad antioxidante ha tomado mucha notoriedad en investigaciones sobre materiales vegetales, debido a su capacidad de inactivar los radicales libres, provocado por la oxidación de las células en sistemas biológicos por los múltiples beneficios que generan a las especies reactivas oxidantes y así mantener el equilibrio en el organismo contra enfermedades degenerativas como cáncer, desórdenes cardiovasculares, además del envejecimiento.

Así el objetivo de este análisis fue determinar el % inhibición del radical DPPH en tres tipos de tortillas en estudio, En base a la comparación no se encontraron estudios específicos de la actividad antioxidante a partir de los polifenoles totales y libres. La tabla 6, expresa estos resultados a partir de polifenoles totales y libres, mostrando que la TT presentó el valor más alto de 70,362 % y 48,795 %, respectivamente en inhibición de DPPH a diferencia de la TFA y THN que no se detectaron resultados.

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

Tabla 6

Contenido de actividad antioxidante

Tortilla	Actividad antioxidante	
	PT	PL
TFA	ND	ND
TT	70,362	48,795
THN	ND	ND

ND: No detectado

Fuente propia

Sin embargo Colín-Chávez *et al.*, (2020) reporta 43,6 % de inhibición para una tortilla blanca de igual manera Salinas-Moreno *et al.*, (2007), refleja 44,8 % de inhibición DPPH en tortillas de grano azul/morado comparando estos valores con la TT en estudio, esta exhibe mayor actividad antioxidante a lo reportado por dichos autores. Se debe considerar que varios factores pueden afectar el resultado, como son el tipo y variedad del grano, el tiempo de almacenamiento del material a analizar, entre muchos otros (Dimitrios, 2006).

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

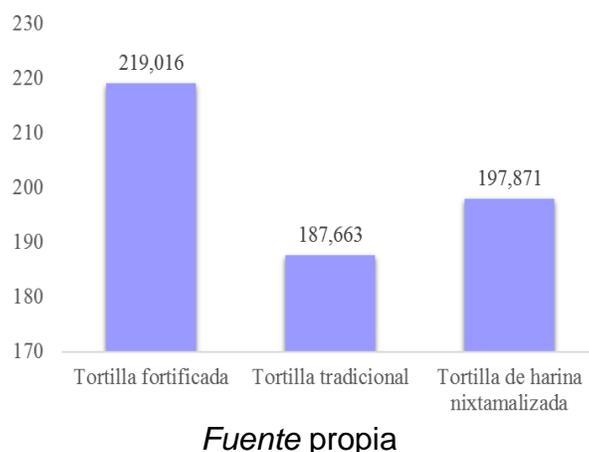
4.1.3. Aporte energético de las tortillas

El maíz transformado en tortilla es una fuente importante de hidratos de carbono que proporciona la energía necesaria gracias al valor nutricional aportado (González-Cortés *et al.*, 2016). El aporte energético de cada tortilla fue calculado por el sistema propuesto por Atwater y colegas de la universidad de Wesleyan en Middletown, Connecticut. Para lo cual se multiplicó el porcentaje de carbohidratos y proteínas por 4 Kcal y el porcentaje de grasa por 9 Kcal.

De acuerdo a la figura 10, la tortilla, que presentó el mayor contenido energético fue la TFA con 219,016 Kcal seguido de la THN con 197,871 Kcal y con menor contenido la TT con 187,663 Kcal.

Figura 10

Contenido de energía (Kcal)



En estudios realizados referente a la TFA no reportan contenido energético, sin embargo, este contenido es cercano a lo reportado por la FDA, (2020) de 218 Kcal en una tortilla de maíz; este contenido es superior con respecto a la TT y THN.

Por otro lado, los resultados en la TT se encuentran dentro de los rangos reportados por INCAP (2012) y FDA (2020) con valores entre 175 Kcal y 218 Kcal, respectivamente;

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

en el caso la THN el aporte de esta se encuentra dentro de lo reportado por INCAP (2012) y Blanco-Metzler *et al.*, (2000) entre 193 Kcal y 247 Kcal, respectivamente.

De acuerdo a lo reportado en esta investigación, la FAO, (2003b) recomienda para niños entre la edad de 1-10 años un consumo entre 1,200 a 2,150 Kcal/día y para niñas entre 1,140 a 1,880 Kcal/día; en el caso de los varones entre 10-18 años el promedio es de 2,140 a 2,870 Kcal/día y mujeres 1,910 a 2,140 Kcal/día.

Para hombres entre la edad 18-30 años con un peso de 60-80 Kg recomienda un promedio de energía entre 2 250 a 3 800 Kcal/día y para mujeres con un peso de 50-70 Kg se recomienda un promedio de 1 700 a 2 750 Kcal/día y en dependencia de la actividad física realizada.

Las dietas con mayor concentración de calorías están asociadas con bajos costos y mayor accesibilidad, lo cual suelen ser las más adoptadas por la población, la FAO/OMS, (2003) recomienda una ingesta de calorías que incluya entre un 10-15 % de proteínas, un 55-75 % de carbohidratos, del 15-30 % de grasas y que la ingesta de azúcar no supere el 10 % de las calorías totales.

CAPÍTULO V

5.1. Conclusiones

Las tortillas estudiadas presentan diferencias en su contenido nutricional con respecto a su contenido proximal, presentaron aproximadamente entre 46-51 % de humedad; 47-53 % materia seca; 0,6-1,2 % ceniza; 1,1-2,2 % de lípidos; 6-10 %, proteínas; 8-15,12% de fibra dietaria; 34-40 % carbohidratos totales y 187-219 % energía (Kcal).

Con respecto a la concentración de polifenoles totales las tortillas presentaron un valor entre 0,022-0,127 mg GAE/100g. En cuanto a polifenoles libres reflejaron valores de 0,3582-0,394 mg GAE/100g. La actividad antioxidante a partir de los polifenoles totales presento un valor fue de 70,362 % y en polifenoles libres fue de 48,795%.

Al evaluar la composición proximal y actividad antioxidante de las tortillas, se determinó que hubo diferencias en el contenido nutricional de estas, debido a ello la hipótesis propuesta se rechaza. La tabla 7 (anexo 3), describe los resultados obtenidos en las tres tortillas, en base a estos, la que presentó mayor contenido nutricional con respecto a proteínas (10,731 %) y energía (219,016 %) es la tortilla fortificada con amaranto (TFA); siendo está la que cubre los requerimientos de consumo de energía y proteína por día, recomendado por FAO/OMS. siendo también la que presentó menor contenido de agua, lo que la hace óptima para su almacenamiento.

Y de acuerdo a la tabla 8 (anexo 3) se sugiere un consumo de 2 unidades de tortillas/día de TFA por el contenido de energía (10,081 %) en base a los requerimiento diario de 2000 Kcal por día, proteína (6,8%) y grasa (3,52%) por unidad de tortilla; aportando una gran parte requerimientos promedio de energía. que se requiere para consumo por persona, seguido de la tortilla tradicional y finalmente la tortilla de harina de maíz nixtamalizada.

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

5.2. Recomendaciones

A los estudiantes de química industrial realizar estudios en la calidad nutricional en las tortillas (tipos de proteínas, grasas, carbohidratos (almidones y azúcares), fibras).

Determinar la cantidad de calcio, minerales y elementos traza que aporta este alimento.

Así como también la realización de estudios microbiológicos para garantizar la inocuidad de este alimento, siendo una clave importante de la seguridad alimentaria.

Al INTA-cooperativas a continuar promoviendo nuevos alimentos fortificados con alto contenido proteico como el grano de amaranto, que puede ser incorporado en la dieta alimenticia de la población nicaragüense.

A la población a promover una cultura de alimentación sana y de alto contenido nutricional.

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

5.3. Referencias

- Aldana, A. (2005). Ingredientes, características funcionales, costos de producción y precio de las tortillas elaboradas artesanalmente en algunos municipios de los departamentos de Jutiapa y Totonicapán. Guatemala, Guatemala. Recuperado el 20 de enero de 2020, de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_2309.pdf
- Álvarez, K., González, J. (2018). Plan de Negocio para optar al título de Licenciados en Mercadotecnia. Tortilla industrializada. TORTI-NICA. Managua, Nicaragua. Recuperado el 16 de Diciembre de 2020 de <https://repositorio.upoli.edu.ni/383/1/Plan%20de%20negocio%20Tortilleria%20Semi%20industrial%202018.pdf>
- Blanco-Metzler, A., Montero-Campos, M. y Fernández-Piedra M. (2000). Composición química de productos de alimentos derivados de trigo y maíz elaborados en Costa Rica. *Archivos latinoamericanos de nutrición*, 50(1), 91-96. Recuperado el 15 de Mayo de 2021, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222000000100013
- Bressani, R. (1994). El amaranto y su potencial en la industria alimentaria. *Alimentos hoy*, 7(7), 15-19. Recuperado el 18 de Marzo de 2021, de <https://alimentos hoy.acta.org.co/index.php/hoy/article/view/180>
- Bressani, R. y *Billeb*, A. (2001). Características de cocción por nixtamalización de once variedades de maíz. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 51(1).

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

Recuperado el 27 de octubre 2021 de

<https://www.alanrevista.org/ediciones/2001/1/art-13/>

Centro Internacional de Agricultura Tropical [CIAT]. (2007). *Estudio sobre la situación alimentaria y nutricional en los departamentos de Madriz, Nueva Segovia y la Región Autónoma del Atlántico Norte (RAAN)*. Managua, Nicaragua. Recuperado el 28 de Febrero de 2021, de <http://lac.harvestplus.org/wp-content/uploads/2008/02/Diagnostico-alimentario-nutricional-Nicaragua-dic-2007.pdf>

Colín-Chávez, C., Virgen-Ortiz, J., Serrano-Rubio, L., Martínez-Téllez, M. y Astier, M. (2020) Comparison of nutritional properties and bioactive compounds between industrial and artisan fresh tortillas from maize landraces. *ELSEVIER*, 189-194. Recuperado el 21 de Octubre de 2021, de <http://doi.org/10.1016/j.crfs.2020.05.004>

Cruz, E. y Verdalet I. (2007) Tortillas de maíz: una tradición muy nutritiva. *La Ciencia y el Hombre. Revista de Divulgación Científica y Tecnológica de la Universidad Veracruzana* 20(3). Recuperado el 22 de enero de 2020 de <http://www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol20num3/articulos/tradicion/>

De la Parra, C., Serna, O. y Rui Hai Liu. Effect of Processing on the phytochemical Profiles and Antioxidant Activity of Corn for Production of Masa, Tortillas, and Tortilla Chips. *Agricultural and food chemistry*, 55(10), 4177-4183. Recuperado el 21 de Octubre de 2021, de <http://pubs.acs.org>

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

Délano-Frier, J. y Martínez-Gallardo, N. (2012). *El transcriptoma de Amaranthus*

hypocondriacus L.: una poderosa herramienta para profundizar en su

conocimiento y aprovechamiento (Primera ed.). (E. E. Rangel, Ed.) Guanajuato,

México, 31-48. INIFAP. Recuperado el 11 de Septiembre de 2020, de

www.researchgate.net/publication/256422672_AMARANTO_Ciencia_y_Tecnologia_2012

Dimitrios, B. (2006). Fuentes de antioxidantes fenólicos naturales. *17*(9), 505-512.

Recuperado el 28 de octubre de 2021 de

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224406001427>

ENDESA, E. N. (2014). *Encuesta Nicaragüense de demografía y Salud (ENDESA)*.

Managua, Nicaragua. Recuperado el 09 de Junio de 2020, de

<https://nicaragua.unfpa.org/sites/default/files/pub-pdf/ENDESA-2011-12-completa.pdf>

Escalante-Aburto, A., Ramírez-Wong, B., Torres-Chávez, P., Barrón-Hoyos, J.,

Figuroa-Cárdenas, J. y López-Cervantes, J. (2013). La nixtamalización y su

efecto en el contenido de antiocianinas de maíces pigmentados, una revisión.

Fitotecnica mexicana, *36*(4), 429-437. Recuperado el 21 de Enero de 2021, de

https://www.researchgate.net/publication/261223333_La_nixtamalizacion_y_su_efecto_en_el_contenido_de_antocianinas_de_maices_pigmentados_una_revision

Espejel-García, M., Mora-Flores, J., García-Salazar, J., Pérez-Elizalde, S. y García-

Mata, R. (2016). Caracterización del consumo de tortillas en el estado de México.

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

AS&D, 13(3), 375-384. Recuperado el 18 de Marzo de 2021, de
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-54722016000300371

Espinoza, W. (2018). Los cereales como fuente de alimentación primaria para la humanidad. *Revista Multi-Ensayos*, 4(7), 48-54. Recuperado el 20 de Enero de 2020, de
<https://www.revistasnicaragua.net.ni/index.php/multiensayos/article/view/4785/4737>

FAO, y IICA. s.f. ficha técnica, procesado de cereales. Recuperado el 15 julio de 2020 de <https://www.fao.org/3/au166s/au166s.pdf>

FAO. (1993). El maíz en la nutrición humana. Roma. N° 25. Recuperado el 01 de diciembre de 2020 de <https://www.fao.org/3/t0395s/t0395s00.htm>

FAO. (2002). Nutrición humana en el mundo. En M. C. Latham, *Nutrición humana en el mundo/Colección FAO: Alimentación y nutrición N° 29* (Vol. 1, págs. 309-322). Roma, Italia. Recuperado el 01 de Febrero de 2021, de <http://www.fao.org/3/w0073s/w0073s00.htm#Contents>

FAO e INTA (Ministerio de Educación y el Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos) (2003). Educación en alimentación y nutrición en la enseñanza básica Santiago-Chile. Recuperado el 05 de agosto de 2021 de <https://www.fao.org/3/am401s/am401s.pdf>

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

FAO. (2007). *Informe preliminar del registro de uso semanal de alimentos en familias de pescadores artesanales del pacífico, RAAN, RAAS, y aguas continentales de Nicaragua. INPESCA/FAO 2007*. Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura. Recuperado el 20 de Febrero de 2021, de http://www.fao.org/tempref/FI/DOCUMENT/fishcode/stf/web/nicaragua/informe_pescaadores.pdf

FAO, UNA, INTA e IPSA. (2014). con el acompañamiento de la FAO, concluye primer diplomado en desarrollo de sistemas sostenibles de semillas para la agricultura familiar. pp 1-12. Recuperado el 06 de Octubre de 2020, de <http://www.fao.org/nicaragua/noticias/detail-events/es/c/240985/>

FAO, FIDA, OMS, PMA y UNICEF. (2019). *El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2019. Protegerse frente a la desaceleración y el debilitamiento de la economía*. Roma, FAO. Recuperado el 14 de septiembre 2021 de <https://www.fao.org/3/ca5162es/ca5162es.pdf>

Figueroa, J., Acero, M., Vasco, N., Lozano, A., Flores, L., y González J. (2001). Fortificación y evaluación de tortillas de nixtamal. (Nº3) Vol. 51. Recuperado el 08 de Noviembre 2020 de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222001000300013

Franco, B., (2020). Tortillas de maíz adicionadas con hidrocoloides y enriquecidas con amaranto obtenidas con harina de tortilla: caracterización fisicoquímica, química y

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

reológica. Cuautitlán, Izcalli, estado de México. Recuperado el 02 de noviembre de 2020

Flores, R., Martínez, F., Salina, Y. y Ríos E. (2002). Caracterización de harinas comerciales de maíz nixtamalizado. *Agrociencia*, 36(5). Recuperado el 11 de marzo de 2021 de <https://www.redalyc.org/pdf/302/30236507.pdf>

Gasca, F. (14 de mayo de 2020). Tortilla, más que solo maíz. (J. L. Poo, Editor) Recuperado el 08 de septiembre de 2020, de Amhigo: <https://www.amhigo.com/actualidades/ultimas-noticias/120-nutricion-e-higado/1068-tortillas-mas-que-solo-maiz>

García, S. (2004). Estudio nutricional comparativo y evaluación biológica de tortillas de maíz elaboradas por diferentes métodos de procesamiento. Querétaro. Recuperado el 18 agosto 2021 de <https://tesis.ipn.mx/handle/123456789/2601>

Gaytán-Martínez, M., Figueroa, J., Vázquez-Landaverde, P., Morales-Sánchez. E., Martínez-Flores, H. y Reyes-Vega M. (2012). Caracterización fisicoquímica, funcional y química de harinas nixtamalizadas de maíz obtenidas por calentamiento óhmico y proceso tradicional. *CYTA Journal of food*, 10(3), 187-195. Recuperado el 03 de Marzo de 2021, de <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/19476337.2011.606478?needAccess=true>

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

González, K. (2005). Composición química proximal y mineral, características físicas y vida de anaquel de las tortillas elaboradas artesanalmente para la venta y autoconsumo. Guatemala. Recuperado el 30 de Agosto de 2021

González-Córtés, N., Silos-Espino, H., Estrada, J., Chávez-Muñoz, J. y Tejero, L. (2016). Características y propiedades del maíz (*Zea mays* L.) criollo cultivado en Aguascalientes, México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(3), 669-680. Recuperado el 03 de Septiembre de 2021, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342016000300669&script=sci_abstract

GRUMA S.A. (s.f.). *GRUMA S.A.* Recuperado el 20 de Diciembre de 2020, de GRUMA S.A.: <http://www.gruma.com/es/nuestras-marcas/tipos-de-productos.aspx?year=0>

Haminiuk, C., Maciel, G., Plata-Oviedo, M. & Peralta, R. (2012). Phenolic compounds in fruits /an overview. *International Journal of Food Science and Technology*. 47(10), 2023-2044. Recuperado el 15 de octubre de 2021 de <https://ifst.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1365-2621.2012.03067.x>

Hannon, E., Kiely, M. y Flynn, A., (2007). The impact of voluntary fortification of foods on micronutrient intakes in Irish adults. *British Journal of Nutrition*, 97(6), 1177-11786. Recuperado el 12 septiembre de 2021, de doi: 10.1017/S0007114507669207

HarvestPlus. (2020). *HarvestPlus: America Latina y el Caribe*. (C. Zapata, Editor) Recuperado el 21 de Enero de 2021, de HarvestPlus: America Latina y el Caribe:

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

<http://lac.harvestpus.org/respuesta-a-la-crisis-y-generacion-de-la-resiliencia-con-cultivos-biofortificados-en-2020/>

Hernández, R. y Herrarías, G. (1998). Tehuacán: Horizonte del Tiempo; Vol. 1.

Amaranto: Historia y promesa. Recuperado el 22 de Marzo de 2021 de

<http://www.alternativas.org.mx/Amaranto.pdf>

Huerta, J. y Barba, A. (2012). *Amaranto: Ciencia y Tecnología*; Caracterización

bioquímica y estructural de las proteínas de reserva de amaranto. (Espita Rangel, Ed.) 2, 293-302. Recuperado el 19 de Octubre de 2020, de

https://www.researchgate.net/publication/256422672_AMARANTO_Ciencia_y_Tecnologia_2012

Huerta-Ocampo, J., Maldonado-Cervantes, E. y Barba, A. (2012). *Amaranto: Ciencia y*

Tecnología. Amaranto: propiedades benéficas para la salud (Vol. 2). (E. Espitia, Ed.) Recuperado el 23 de Marzo de 2021, de

https://www.researchgate.net/publication/256422672_AMARANTO_Ciencia_y_Tecnologia_2012

Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria [INTA], (2000). Manejo integrado

del cultivo de maíz, Recuperado el 11 de marzo de 2021 de

https://www.paho.org/nic/index.php?option=com_docman&view=download&alias=214-manejo-integrado-del-cultivo-de-maiz&category_slug=publicaciones-antteriores&Itemid=235

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

INCAP. (2012). *Tabla de composición de alimentos de Centroamérica* (Tercera

reimpresión/2012 ed.). (N. Alfaro, Ed.) Guatemala, Guatemala. Recuperado el 09 de Septiembre de 2020 de

<http://www.incap.int/mesocaribefoods/dmdocuments/tablacalimentos.pdf>

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura [IICA]. (2013). *Estudio de las cadenas del valor del maíz blanco y frijol en centroamerica*. Recuperado el 02

de Marzo de 2021, de IICA: <http://repiica.iica.int/docs/b3540e/b3540e.pdf>

Londoño, J. (2012). Antioxidantes: importancia biológica y métodos para medir su

actividad. pp 130-162. Recuperado el 02 de Marzo de 2021, de

<http://repository.lasallista.edu.co/dspace/handle/10567/133>

Luna, Z. (2014). Determinación de humedad en alimentos, Balance de materia y

energía, Costos de calidad. Recuperado el 21 de mayo 2021 de

<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/4184/1Alumuz009.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

MacNeish, R. (1964). Civilización mesoamericana antigua. *Science*, 143(3606), pp 531-

537. Recuperado el 10 de Septiembre de 2020, de

<https://www.jstor.org/stable/1713607>

Martínez-Navarrete, N., Camacho, M. y Martínez, J. (2008). Los compuestos bioactivos

de las frutas y sus efectos en la salud. *ELSEVIER/Revista Española de Nutrición*

Humana y Dietética, 12(2), 64-68. Recuperado el 02 de Febrero de 2021, de

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

<https://www.elsevier.es/es-revista-revista-espanola-nutricion-humana-dietetica-283-articulo-los-compuestos-bioactivos-frutas-sus-13131455>

Matías, G., Hernández, B., Peña, V., Torrez, N., Espinoza, V. y Ramírez L. (2018).

Usos actuales y potenciales del Amaranto (*Amaranthus* spp.). *Journal of Negative and No Positive Results: JONNPR*, 3(6), 423-436. Recuperado el 12 de

Noviembre de 2020, de

<https://revistas.proeditio.com/jonnpr/article/view/2410#:~:text=El%20amaranto%20C%20considerado%20uno%20de,obtenci%C3%B3n%20de%20aceites%20y%20p>
productos

Maya. (2018). Recuperado el 09 de Septiembre de 2020, de Tortillas de maíz. Aprende a elaborar el producto más típico de México: <https://mayasl.com/tortillas-de-maiz/>

Ministerio Agropecuario [MAG]. (2019). Plan nacional de producción, consumo y comercio 2019-2020. En MAG, *Plan nacional de producción, consumo y comercio 2019-2020* (pág. 68). Managua, Nicaragua. Recuperado el 11 de Marzo de 2021, de https://www.lavozdelsandinismo.com/wp-estaticos/2019/05/PPCC-2019-2020_100519.pdf

Morán-Bañuelos, S., Cortés, L., Espita, E. y Sangerma-Jarquín, D. (2012). *Amaranto: Ciencia y tecnología*: Tzoalli, de cuerpo de dioses a alegría de mortales. En E. E. Rangel (Ed.), (Primera ed., pp.15-27). Guanajuato, México: INAFAP. Recuperado el 30 de Septiembre de 2020, de

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

www.researchgate.net/publication/256422672_AMARANTO_Ciencia_y_Tecnologia_2012

Nicaragua, A. (2016). *Estudio de pre-factibilidad del aguardiente “La Diablita” en el municipio de Juigalpa, departamento de Chontales*. Chontales, Nicaragua.

Recuperado el 08 de Septiembre de 2020, de <https://repositorio.unan.edu.ni/3770/>

Novelo, V. y García, A. (1987). *La tortilla: alimento, trabajo y tecnología*. México:

Dirección General de Publicaciones. Recuperado el 21 de Enero de 2020, de <http://www.librosdehumanidades.unam.mx/libro.php?id=PUB-001854>

Organización de las Naciones unidas para la agricultura y la alimentación [ONU].

(2006). *Desnutrición infantil en América Latina y el Caribe*. (U. CEPAL, Ed.)

Desafíos (Boletín de la infancia y adolescencia sobre el avance de los objetivos de desarrollo del milenio (2), 2-12. Recuperado el 20 de Enero de 2021, de

<http://www.ceapl.org/cgi->

[bin/getProd.asp?xml=/prensa/noticias/comunicaciones/9/24389/P24389.xml&xsl=prensa/tpl/p6f.xsl&base=/prensa/tpt/top-bottom.xsl](http://www.ceapl.org/cgi-bin/getProd.asp?xml=/prensa/noticias/comunicaciones/9/24389/P24389.xml&xsl=prensa/tpl/p6f.xsl&base=/prensa/tpt/top-bottom.xsl)

Paredes, O., Guevara, F. y Bello, L. (2009). La nixtamalización y el valor nutritivo del maíz. En *La nixtamalización y el valor nutritivo del maíz* (págs. 60-70). México,

México. Recuperado el 21 de Agosto de 2020 de

<https://www.researchgate.net/profile/Octavio-Paredes->

[Lopez/publication/43070745_La_nixtamalizacion_y_el_valor_nutritivo_del_maiz/lin](https://www.researchgate.net/profile/Octavio-Paredes-Lopez/publication/43070745_La_nixtamalizacion_y_el_valor_nutritivo_del_maiz/lin)

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

ks/00b4952a8a84b3f839000000/La-nixtamalizacion-y-el-valor-nutritivo-del-maiz.pdf

Pavón , K. (2020). *Análisis de la composición proximal y actividad antioxidante de la harina cruda y tostada de cuatro variedades de Amaranthus cruentus cultivados en Managua, Agosto 2019-Marzo 2020*. Managua, Nicaragua . Recuperado el 23 de Marzo de 2021

Preciado, R. y Montes, S. (2011). Amplitud, Mejoramiento, Usos y Riesgos de la Diversidad Genética de Maíz en México. Sociedad Mexicana de Fitogenética, 34(4). Recuperado el 21 de marzo de 2021 de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802011000400001

Rivera, S. (2013). Identificación y cuantificación de calcio, hierro, como suplementos nutricionales en tortillas elaboradas a base de harina de maíz fortificadas industrialmente, en tortillerías de la zona 15 de la ciudad de Guatemala. Guatemala. Recuperado el 16 de Enero de 2021, de <https://biblioteca-farmacia.usac.edu.gt/Tesis/QF1311.pdf>

Rojas, T., y Gutiérrez, I. (2016). Letras y huellas del maíz: del siglo XVI a 1914 (1a. ed.). (J. Pablos, Ed.) México, México: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Red de Etnoecología y Patrimonio Biocultural. Recuperado el 30 de Enero de 2021, de <https://patrimoniobiocultural.com/archivos/publicaciones/libros/LETRAS-Y-HUELLAS-DEL-MAIZ.pdf>

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

Salinas-Moreno, Y., López-Reynoso, J., González-Flores, G. y Vásquez-Carrillo, G.

(2007). Compuestos fenólicos del grano de maíz y su relación con el oscurecimiento de masa y tortilla. *AGROCIENCIA*, 41(3), 294-305. Recuperado el 01 de Marzo de 2021, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952007000300295

Sampieri, R. (2014). *Metodología de la investigación* (6 ed.). (M. I. Martínez, Ed.) México, México: MCGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. Recuperado el 02 de Marzo de 2021

Valencia-Avilés, E., Ignacio-Figueroa, I., Sosa-Martínez, E., Bartolomé-Camacho, M., Martínez-Flores, H. y García-Pérez, M. (2017). Polifenoles: Propiedades antioxidantes y toxicológicas. *Revista de la Facultad de Ciencias Químicas* (16), pp 15-29. Recuperado el 01 de Marzo de 2021, de <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/29781/1/2.%201583-4794-2-PB.pdf>

Vázquez, J. (2013). *Desarrollo de tortillas de maíz fortificadas con fuentes de Proteína y fibra y su efecto biológico en un modelo animal*. Monterrey, México. Recuperado el 21 de Octubre de 2021, de <http://eprints.uanl.mx/3750/1/1080256828.pdf>

Zelaya Morales, M. (2015). *Evaluación agronómica de la variedad adaptada de amaranto (*Amaranthus spp*) bajo las condiciones climáticas en el Centro de Desarrollo Tecnológico CDT-INTA San Isidro, del departamento de Matagalpa*.

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

Matagalpa, Nicaragua. Recuperado el 12 de Febrero de 2021, de

<https://repositorio.unan.edu.ni/1888/1/5353.pdf>

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

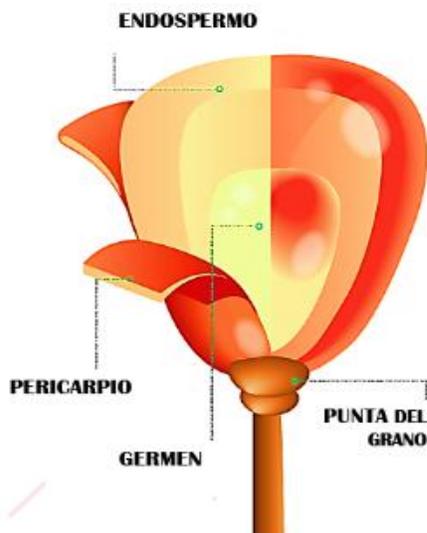
ANEXOS

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

Anexo 1

Figura 11

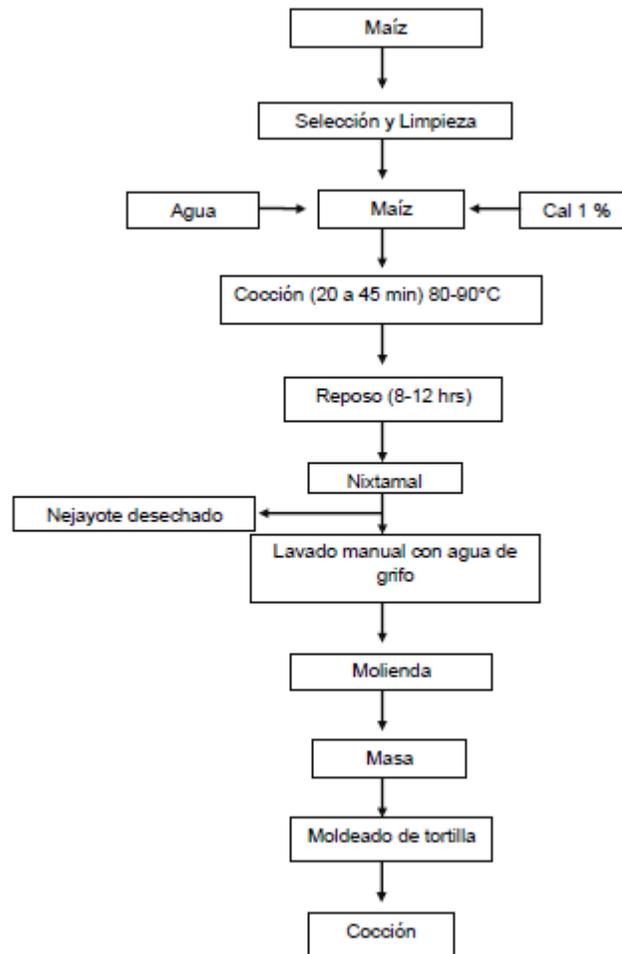
Estructura del grano de maíz



Fuente: NutriNews

Figura 12

Proceso de preparación de tortilla tradicional

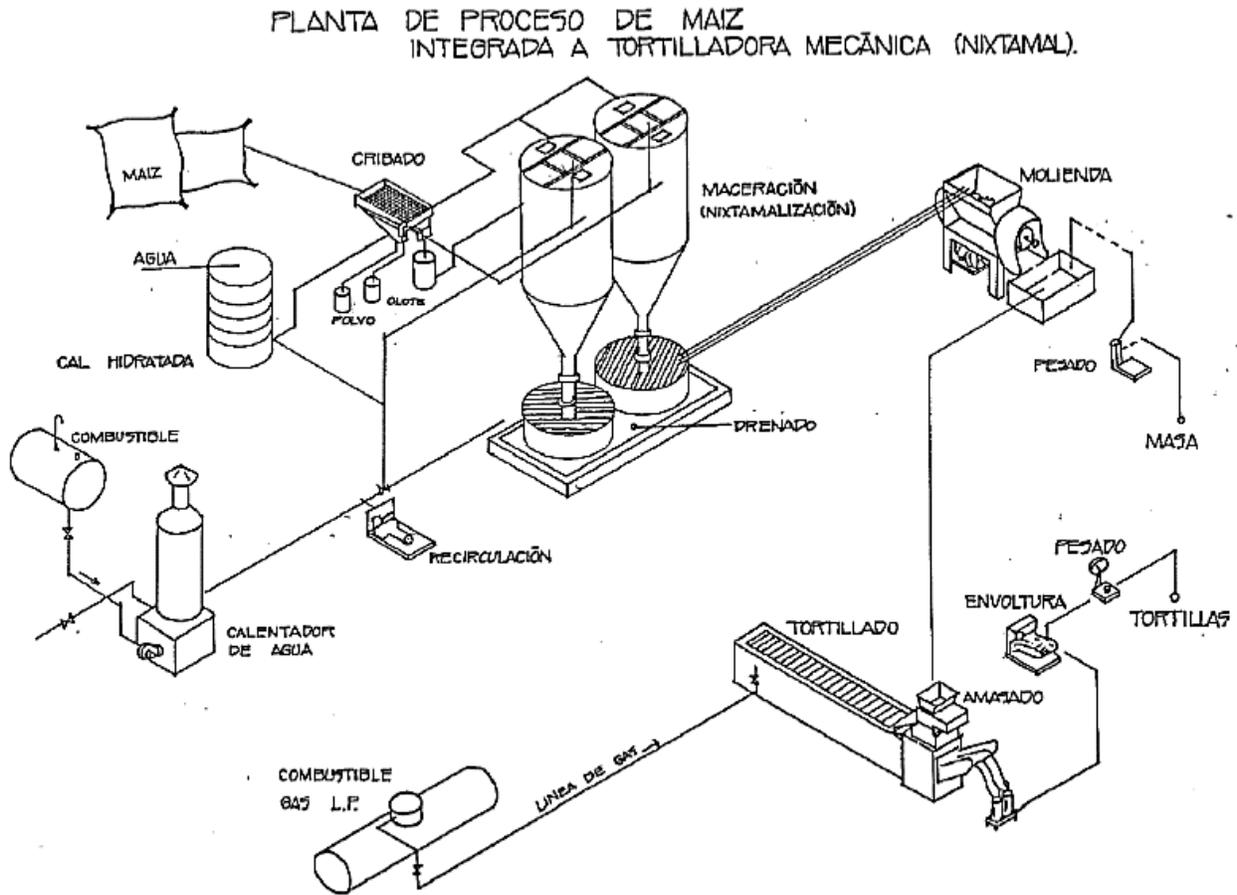


Fuente: Propia elaborado según (FAO 1993/Illescas 1943)

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

Figura 13

Proceso industrial de harina de maíz nixtamalizado y tortilla

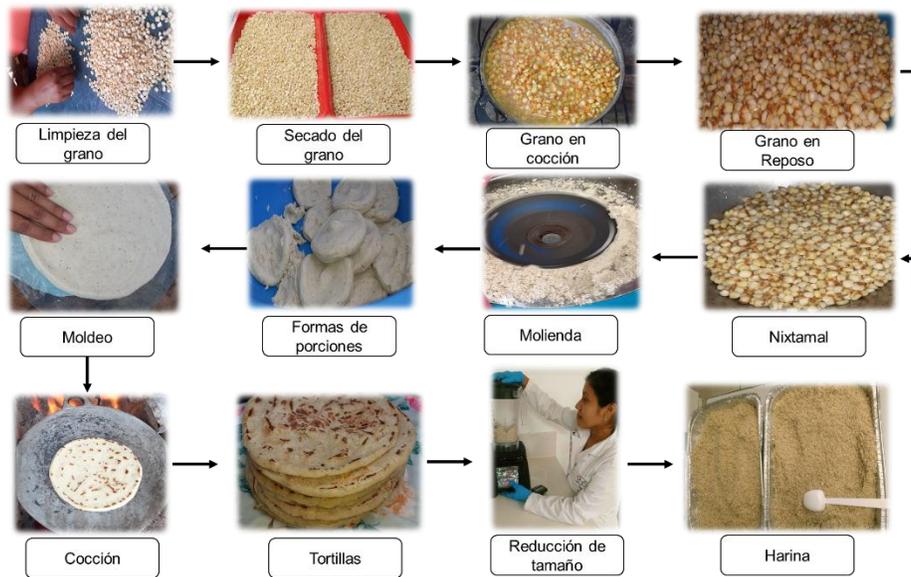


Fuente: www.gob.mx

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

Figura 14

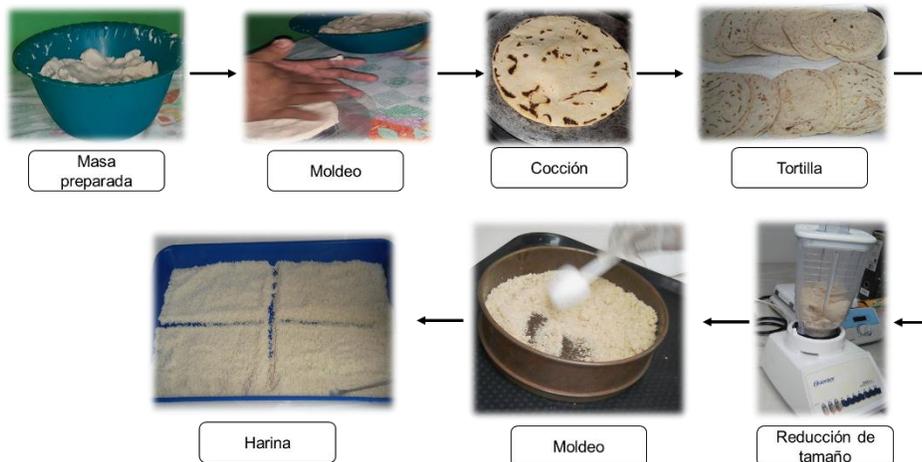
Proceso de nixtamalización y obtención de harina de tortilla tradicional



Fuente: Propia

Figura 15

Proceso de elaboración y obtención de harina de tortilla de harina nixtamalizada

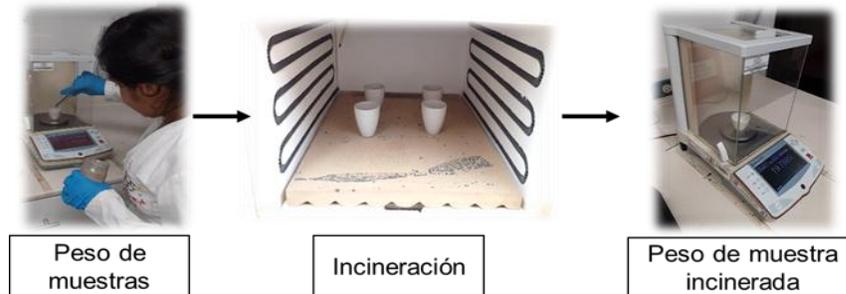


Fuente: Propia

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

Figura 16

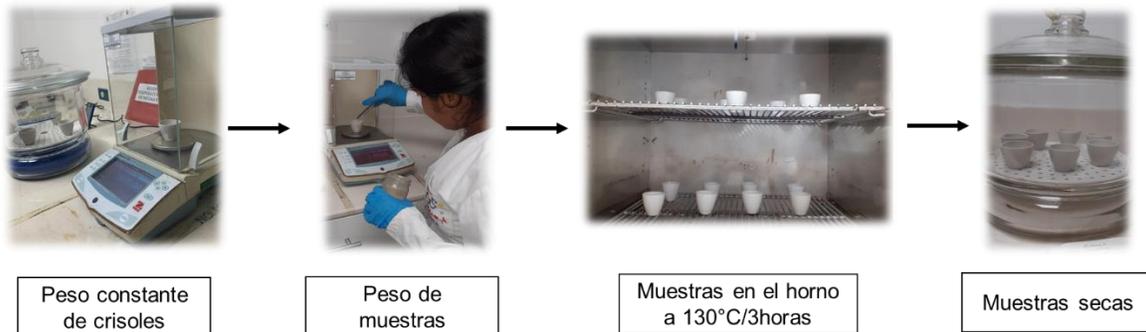
Determinación de humedad y materia seca



Fuente: Propia

Figura 17

Determinación de cenizas



Fuente: Propia

Figura 18

Determinación de proteína por el método micro Kjeldahl

Primera etapa: Digestión

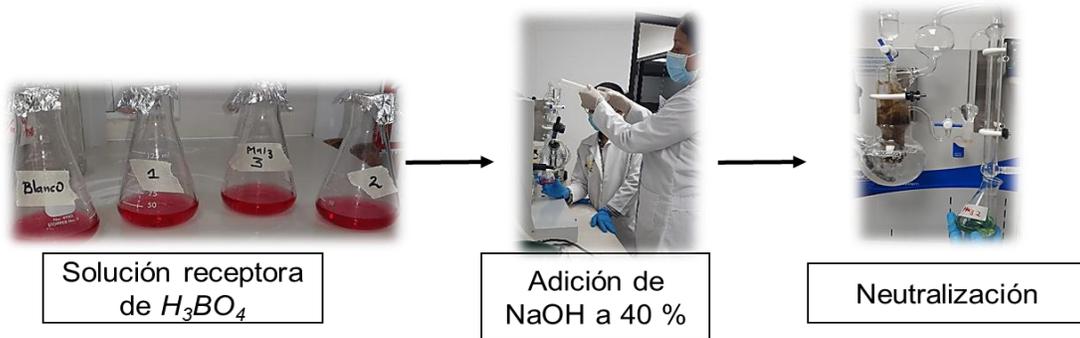


Fuente: Propia

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

Figura 19

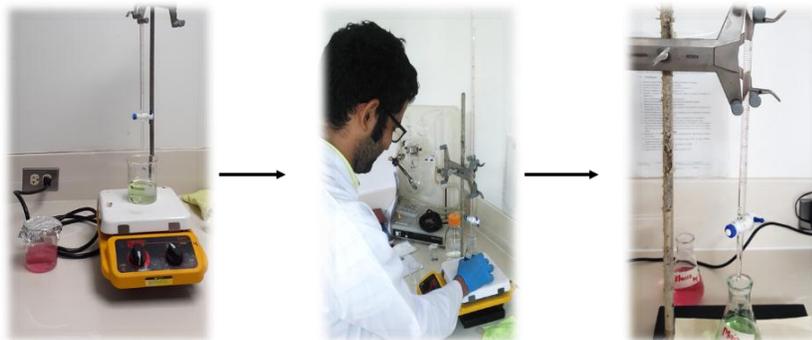
Segunda etapa: Destilación



Fuente: Propia

Figura 20

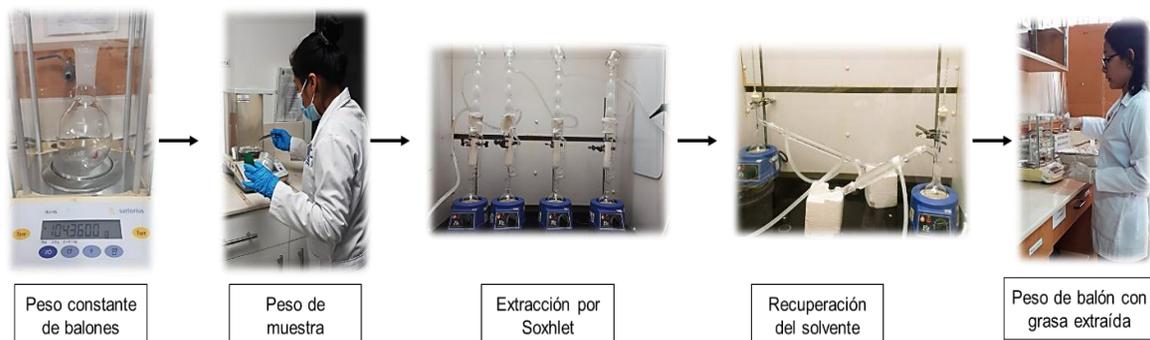
Tercera etapa: Titulación



Fuente: Propia

Figura 21

Determinación de Grasa

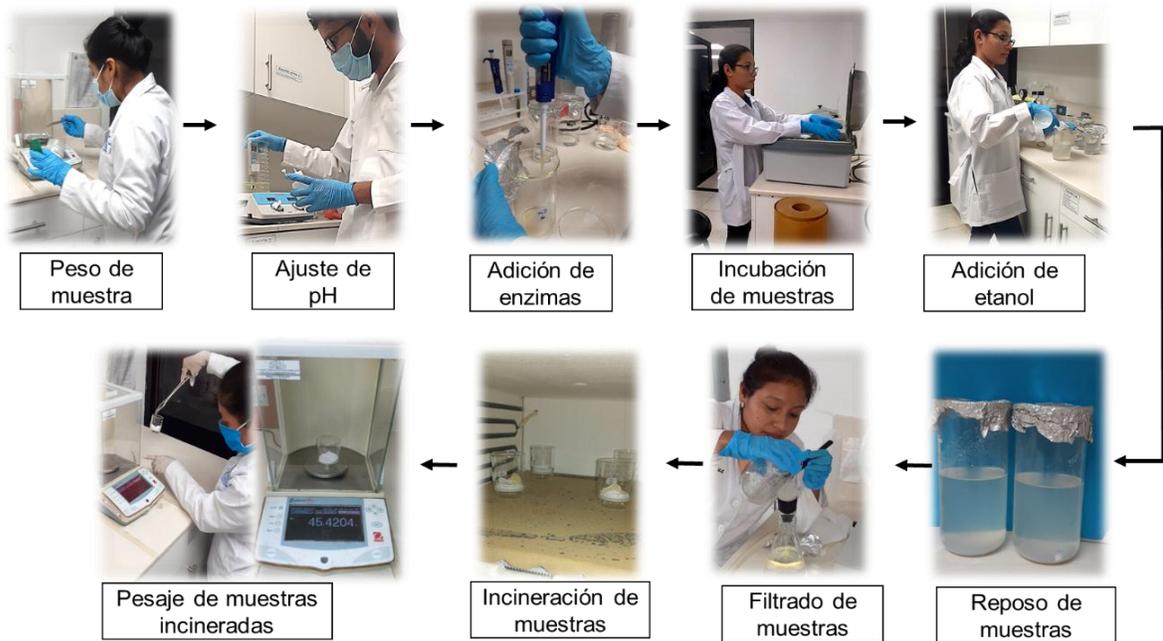


Fuente: Propia

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

Figura 22

Determinación de fibra dietaria total



Fuente: Propia

Figura 23

Determinación de polifenoles totales, libres y actividad antioxidantes



Fuente: Propia

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

Figura 24

Contenido de nutrientes en tortilla de maíz, (FDA, 2020)

USDA U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE
Agricultural Research Service

HOME | **FOOD SEARCH** | COMPONENT SEARCH | DATA TYPE DOCUMENTATION | DOWNLOAD DATA | API GUIDE | HELP | FAQ | ABOUT US

FoodData Central Search Results

ARS HOME | FOODDATA CENTRAL | TORTILLA, CORN (SURVEY (FNDDS), 1100857)

Tortilla, corn

Data Type: Survey (FNDDS) FDC ID: 1100857 Food Code: 52215100 Start Date: 1/1/2017 End Date: 12/31/2018 Food Category: Tortillas
FDC Published: 10/30/2020

Nutrients | Portions | Other Information | Ingredients | Ingredient Nutrient Values

Details about FNDDS 2017-2018 development, content, and Excel files can be found at:
<https://www.ars.usda.gov/northeast-area/beltsville-md-bhnrc/beltsville-human-nutrition-research-center/food-surveys-research-group/docs/fndds-download-databases/>

Portion:

Name	Amount	Unit
Water	45.9	g
Energy	218	kcal
Protein	5.7	g
Total lipid (fat)	2.85	g
Carbohydrate, by difference	44.6	g
Fiber, total dietary	6.3	g
Sugars, total including NLEA	0.88	g
Calcium, Ca	81	mg

Recuperado el 09 agosto de 2021

Entrevista realizada a técnicos del INTA



Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua
UNAN-Managua
Laboratorio de Biotecnología
Entrevista



Nombre del entrevistado: _____

Institución: _____

Nombres de entrevistadores: _____

Fecha: _____ Hora: _____

Presentación

De acuerdo al Codex alimentario (1994) un alimento fortificado es aquel al que se le ha adicionado uno o más nutrientes esenciales con el propósito de prevenir o corregir una deficiencia demostrada en uno o más nutrientes en la población. El consumo de alimentos fortificados mejora el estado nutricional de las personas a un costo razonable, por esta razón deben ser consumidos en cantidades adecuadas (Allen et al. 2017).

El objetivo de esta investigación versará en la evaluación de la composición nutricional de la tortilla fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tortilla de maíz tradicional y tortilla de harina de maíz nixtamalizada mediante su análisis proximal y bioquímico.

Para obtener más detalles sobre la fortificación de la tortilla de maíz con amaranto se entrevistará a la Ing. Endiana Olivas, investigadora del Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA), institución líder en la promoción del amaranto en Nicaragua, sobre el impacto de la fortificación de alimentos para la mejora del estado nutricional de las personas.

1. ¿Qué variedad de maíz se utilizó para elaborar las tortillas fortificadas con amaranto?
2. ¿Qué cantidad en kilogramos o libras de maíz fue nixtamalizado?
3. ¿Qué tipo de sal utilizaron para la nixtamalización?
 Hidróxido de calcio Cloruro de calcio
 Sulfato de calcio Carbonato de calcio
4. ¿Cuántas horas estuvo en cocimiento el maíz con la sal?
5. ¿Cuántos lavados con agua fueron realizados?
6. ¿Qué tipo de molino utilizaron?

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN - MANAGUA

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua
UNAN-Managua
Laboratorio de Biotecnología



7. → ¿Cuáles fueron las condiciones usadas? (en caso de ser molino mecánico)
 8. → ¿Qué variedad de amaranto fue utilizada para elaborar la tortilla fortificada?
 9. → ¿Qué proporción fue la mejor (relaciones entre maíz y amaranto)?
 10. → ¿Cómo fue preparada la materia prima (amaranto)?
 11. → ¿En qué momento se incorporó para la elaboración de las tortillas?
 12. → ¿Cuál fue el tiempo de cocción de las tortillas?
 13. → ¿Qué tipo de cocina o fuente de calor fue utilizada?
 14. → ¿Qué cantidad de tortillas fueron elaboradas?
 15. → ¿Cuál fue el peso total en gramos o libras del total de tortillas elaboradas?
 16. → ¿Cómo fue almacenada la tortilla fortificada?
 17. → ¿En base a parámetros de sabor, textura, y color de la tortilla fortificada, que percepción tuvieron las personas que participaron en la degustación del producto?
 18. → ¿Cuántas personas participaron en el análisis sensorial?
- (Consultar si desea hacer algún cierre o conclusión).

Agradecemos la anuencia y el tiempo de la investigadora Olivas del INTA. Finalizamos la entrevista a las _____ Nuevamente gracias.

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

Anexo 2.1

Resultados de entrevista realizada

Nombre del entrevistado: Endiana Olivas

Institución: Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA)

Nombres de entrevistadores: Tania Díaz y Heissell Somarriba

Fecha: 10 febrero 2021 Hora: 2:30 pm

1. Variedad NB-6
2. 1 kg
3. Hidróxido de calcio Ca(OH)_2
4. 2 horas
5. Dos y al final tres lavadas
6. Molino semi industrial
7. Realizadas en casa
8. INTA-soberano
9. Proporción 75 % maíz y 25 % amaranto
10. Limpieza, tostado, molienda y tamizado
11. Cuando la masa de maíz estaba preparada, se agregó la harina de amaranto
12. No determinado
13. Cocina de gas
14. Treinta tortillas elaboradas
15. Parámetro no realizado
16. No se almacenaron (se realizó la degustación una vez terminadas) y luego se procesaron
17. Color: Entre el 50-75% de las personas encuestadas no les llamo la atención el color (gris)
Sabor: El 75 % de las personas encuestadas no les gusto el sabor amargo, muy fuerte

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

Textura: Rugoso

Tuvo mayor aceptación la proporción de 75-25% y 50-50% maíz-amaranto. Sin embargo la tortilla utilizada en esta investigación fue la proporción 75-25% amaranto por ser la tortilla de mayor aceptación por las personas encuestadas.

18. Treinta personas en estudio

Agradecemos la anuencia y el tiempo de la investigadora Olivas del INTA. Finalizamos la entrevista a las 2:45 pm. Nuevamente gracias.

Anexo 3

Tabla 7

Contenido proximal de tres tipos de tortillas (100g)

Contenido (%)	TFA	TT	THN
Humedad	46,691	55,223	51,276
Materia seca	53,359	47,777	48,724
Cenizas	1,128	0,635	0,755
Grasa	2,128	2,219	1,199
Proteína	10,731	7,609	6,299
Fibra dietaría T	15,127	11,097	8,013
Carbohidratos totales	39,235	34,314	40,471
Carbohidratos disponibles	24,108	23,217	32,457
Energía (Kcal)	219,016	187,663	197,871

Fuente: propia

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

Tabla 8

Contenido proximal por peso promedio de unidad de tortilla

Contenido (%)	TFA	TT	THN
Humedad	53,792	58,343	30,586
Materia seca	46,208	41,657	69,413
Cenizas	1,40	0,6708	0,450
Grasa	2,451	2,344	0,715
Proteína	12,363	8,038	3,757
Fibra dietaría T	17,427	11,723	4,779
Carbohidratos totales	29.994	30,604	64.492
Carbohidratos disponibles	12.567	18.881	59.713
Energía (Kcal)	191.487	175.664	260.315

Tablas 3.1

Control de calidad de análisis en tortillas, determinación de humedad

Tabla 9

Tortilla fortificada con amaranto (TFA)

Código	%	% Materia seca	SD	%RSD	% RSD < 1.9 % PASA
	Humedad		0,0586	0,1364	
Muestra	42,8993	57,1007			
Muestra Dup.	42,9821	57,0179			
Promedio	42,941	57,059			

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

Tabla 10

Tortilla tradicional (TT)

Código	% Humedad	% Materia seca	SD	%RSD	% RSD < 1.9 % PASA
Muestra	55,0140	44,9860	0,2957	0,5355	
Muestra Dup.	55,4322	44,5678			
Promedio	55,223	44,777			

Tabla 11

Tortilla de harina nixtamalizada (THN)

Código	% Humedad	% Materia seca	SD	%RSD	% RSD < 1.9 % PASA
Muestra	50,7998	49,2002	0,6734	1,3134	
Muestra Dup.	51,7522	48,2478			
Promedio	51,2760	48,724			

Tabla 3.2

Control de calidad de 3 tipos de tortillas, determinación de cenizas

Tabla 12

Tortilla fortificada con amaranto (TFA)

Código	% Cenizas	SD	%RSD	% RSD < 1.9 % PASA
Muestra	1,2248	0,0122	1,0072	
Muestra Dup.	1,2074			
Promedio	1,216			

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

Tabla 13

Tortilla tradicional (TT)

Código	% Cenizas	SD	%RSD	% RSD < 1.9 % PASA
Muestra	0,6349	0,000	0,011	
Muestra Dup.	0,6350			
Promedio	0,635			

Tabla 14

Tortilla de harina nixtamalizada (THN)

Código	% Cenizas	SD	%RSD	% RSD < 1.9 % PASA
Muestra	0,7598	0,007	0,933	
Muestra Dup.	0,7499			
Promedio	0,755			

Tabla 3.3

Control de calidad de 3 tipos de tortillas, determinación de proteína

Tabla 15

Tortilla fortificada con amaranto (TFA)

Código	% Proteínas (N*6.25)	SD	%RSD	% RSD < 1,9 % PASA
Muestra	10,7334	0,003	0,028	
Muestra Dup.	10,7291			
Promedio	10,731			

Tabla 16

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

Tortilla tradicional (TT)

Código	% Proteínas (N*6.25)	SD	%RSD	% RSD < 1,9 % PASA
Muestra	7,5654	0,061	0,803	
Muestra Dup.	7,6519			
Promedio	7,609			

Tabla 17

Tortilla de harina nixtamalizada (THN)

Código	% Proteínas (N*6.25)	SD	%RSD	% RSD < 1.9 % PASA
Muestra	6,2647	0,049	0,776	
Muestra Dup.	6,3338			
Promedio	6,2992			

Tabla 3.4

Control de calidad de 3 tipos de tortillas, determinación de grasa

Tabla 18

Tortilla fortificada con amaranto (TFA)

Código	% Grasa	SD	%RSD	% RSD < 1,9 % PASA
Muestra	2,1252	0,0047	0,2214	
Muestra Dup.	2,1318			
Promedio	2,128			

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

Tabla 19

Tortilla tradicional (TT)

Código	% Grasa
Muestra	2,2342
Muestra Dup.	
Promedio	

Tabla 20

Tortilla de harina nixtamalizada (THN)

Código	% Grasa	SD	%RSD	
Muestra	1,2027	0,0048	0,3972	% RSD < 1.9 % PASA
Muestra Dup.	1,1960			
Promedio	1,199			



Tabla 21

Resultados de fibra dietaría total calculo Megazyme

Código	%Fibra Dietaría T.
Tortilla fortificada con amaranto (TFA)	15,127
Tortilla tradicional (TT)	11,0967
Tortilla de harina nixtamalizada (THN)	8,0134

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

Anexo 3.1

Resultados de carbohidratos totales

$$\% \text{ Carbohidratos Totales} = 100 - (\%H + \%C + \%G + \%P)$$

Tortilla fortificada con amaranto (TFA)

$$100 - (46,6905 + 1,216 + 2,128 + 10,731)$$

$$\% \text{ Carbohidratos totales} = 39,235\%$$

Tortilla tradicional (TT)

$$100 - (55,223 + 0,635 + 2,219 + 7,609)$$

$$\% \text{ Carbohidratos Totales} = 34,314\%$$

Tortilla de harina nixtamalizada (THN)

$$100 - (51,276 + 0,755 + 1,199 + 6,299)$$

$$\% \text{ Carbohidratos Totales} = 40,471\%$$

Resultados de carbohidratos disponibles

$$= \text{Total de fibra dietaria total} - \text{carbohidratos totales}$$

Figura 24

Curva de calibración de Ácido Gálico para la determinación de Polifenoles totales por el método Folin- Ciocalteu

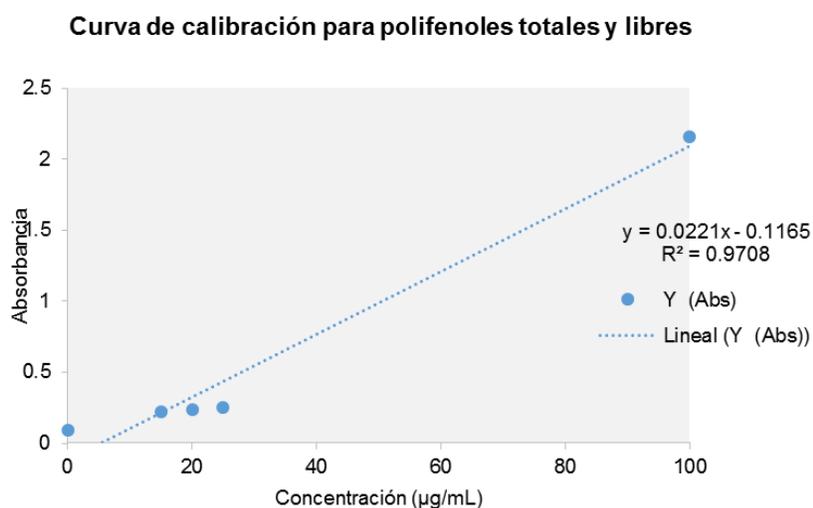


Tabla 22

Resultado de absorbancia de patrones para curva de polifenoles

Patrón	Concentración µg/mL	Media (Absorbancia)
Patrón 1	0,00	0,0916
Patrón 2	10,00	0,3496
Patrón 3	15,00	0,2182
Patrón 4	20,00	0,2340
Patrón 5	25,00	0,2504
Patrón 6	50,00	2,2164
Patrón 7	100,00	2,1543

$$\text{Absorbancia} = 0,02207 \cdot \text{con.} - 0,11654$$

$$\text{Concentración} = \frac{\text{Absorbancia} + 0,11654}{0,02207}$$

Anexo 5.1

Protocolos para determinación de composición proximal

- Análisis de humedad (**AOAC 925.10**)

El método se basa en la determinación de gravimétrica de la pérdida de masa, de la muestra, hasta masa constante a una temperatura determinada. Se ejecutó el análisis de humedad por secado en horno de convección.

- Pesar 2 gramos en crisoles que están a peso constante.
- Poner a secar en un horno de convección durante 6 horas a 130 °C.
- Enfriar en desecador por 90 minutos y pesar la muestra seca si es posible a peso constante.
- Calcular el contenido de humedad con peso perdido de la muestra durante el secado según la siguiente ecuación.

Cuantificación del contenido de humedad y solidos totales

$$\% \text{ Humedad} = \left(\frac{P_2 - P_3}{P_2 - P_1} \right) * 100$$

$$\% \text{ Solidos totales} = \left(\frac{P_3 - P_1}{P_2 - P_1} \right) * 100$$

Donde

P₁= peso de crisol

P₂= peso de crisol + muestra humedad

P₃= peso de crisol + muestra seca

- Análisis de cenizas (AOAC 923.03)

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

El método está basado en la determinación de la pérdida de peso del material sometido a incineración a una temperatura de 600°C. La determinación de cenizas permite verificar la adición de materias orgánicas al alimento.

El procedimiento es el siguiente:

- De la muestra utilizada en humedad se procede a incinerar en mufla a 600°C por 6 horas hasta que la muestra presente un color gris.
- Dejar enfriar la mufla a 40 °C y sacar los crisoles e introducir a un desecador para enfriar a temperatura ambiente (45 minutos) y pesar.
- Calcular el porcentaje de cenizas totales por diferencia de peso. Mediante la ecuación.

$$\% \text{ Ceniza} = \left(\frac{P_3 - P_1}{P_2 - P_1} \right) * 100$$

Donde:

P1= peso de crisol

P2= peso de crisol + muestra humedad

P3= peso de crisol + muestra incinerada

- Análisis de proteínas por método micro Kjeldahl (AOAC 2001.11)

El método micro Kjeldahl determina el contenido de nitrógeno de origen orgánico. Se utilizará este método con ligeros cambios que comprenden las siguientes etapas:

a. Digestión

- Pesar 0.6 gramos de muestra y colocar la muestra en un tubo Kjeldahl con 4 perlas de ebullición.
- Añadir 1 tableta Kjeldahl (sulfato cálcico CaSO₄ al 4% y sulfato de potasio K₂SO₄ al 96%), añadir previamente 10 ml de 98 % H₂SO₄.

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

- Colocar los tubos Kjeldahl dentro del bloque calefactor que debe estar a 400 °C por una hora.
- A los 60 minutos se apaga el equipo y se enfría por 5 minutos agregándole posteriormente 30 ml de agua destilada y agitar.

b. Destilación

- Añadir a un Erlenmeyer (125 ml) 25 mL de ácido bórico al 4 %, agregando 4 gotas de rojo de metilo y 4 gotas de bromocresol.
- Colocar el Erlenmeyer debajo del extremo del tubo colector del destilador, asegurándose que el tubo esté sumergido en el Erlenmeyer encender el equipo de destilación y regular la temperatura en posición 9, esperar el punto de ebullición del agua contenido en el balón de resistencia.
- Añadir la muestra que fue digerida en el embudo luego proceder a agregar 50 ml de NaOH al 40% cuidadosamente hasta que la muestra debe adquirir color café.
- Esperar 8 min hasta concluir el proceso de destilación.

c. Titulación

- La muestra destilada se titula con 0.1 N de HCl, hasta el punto de cambio de coloración. Este reactivo se llevó a la concentración dicho según la AOAC.

c.1. Cuantificación del compuesto de interés

$$\% \text{ Proteínas} = \frac{V_g * N * 14.100}{1000 * m} * f$$

V_g=Volumen gastado de HCl (0.1N)

N= Normalidad de HCl

m= masa de la muestra

f= factor de conversión para proteína (6.25)

- Determinación de lípidos (AOA 945.39)

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

El método por solvente caliente o Soxhlet, necesita que las muestras sean deshidratadas previamente, luego se desarrolla según los siguientes pasos:

- Pesar 10 gramos de muestra, dentro del dedal de celulosa.
- Colocar el balón (ya llevado a peso constante) sobre la manta calefactora y añadir 100 ml de éter de petróleo, proceder a colocar el dedal de celulosa con los 10 gramo de muestra dentro delos tubos de condensadores y agregar 20 ml de éter de petróleo.
- Fijar la pieza sobre el balón, completar el montaje del dispositivo de extracción (refrigerante, mangueras de flujo de agua).
- Tapar la parte superior de reflujo con sulfato sódico anhídrido envuelto en un pedazo de algodón, conectar la manta calefactora y regular la temperatura en un rango 30-54°C.
- Mantener el reflujo con un aproximado de 6 horas. Durante este tiempo los lípidos se irán acumulando en el balón. Retirar el condensador, extraer el dedal y retirar de la manta el balón contenido éter recuperado.

Cuantificación del contenido de grasa

$$\% \text{ Grasax} = \left(\frac{m_2 - m_1}{M} \right) * 100$$

Donde:

m₁= masa en gramo del balón vacío

m₂= masa en gramo del balón con grasa después de secado

M= masa de la muestra en gramos

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

- Determinación de fibra dietaria ACC 32.05.01 y AOAC 985.29 (se siguió el procedimiento de Megazyme®)

Adicionar a los blancos y muestras 50 ml de buffer fosfato y ajustar el pH a (6.0 ± 0.1).

Adicionar 50 ml de la enzima α -amylase.

Colocar muestras en el baño maría a 100 por 15 minutos, agitar cada 5 minutos.

Dejar reposar por 30 minutos para bajar la temperatura de las muestras.

Ajustar pH (7.5 ± 0.1) y adicionar 5ml de NaOH, luego agregar con el gotero hasta alcanzar el pH deseado aproximadamente 10 ml.

Adicionar 100ml de la enzima α -proteasa.

Colocar las muestras en el baño maría a 60 °C con agitación por 30 minutos.

Dejar reposar as muestras por 30 minutos (a temperatura ambiente).

Ajustar pH (4.5 ± 0.2) con HCl aproximadamente 10 ml.

Adicionar 200 μ l de amiloglucosidase.

Someter a incubación en baño maría a 60 °C con agitación continua.

Adicionar 280 ml de Et OH 95% precalentado a 60 °C (dejar reposar por 1 hora).

Filtrar las muestras en el crisol que contiene celite, de la siguiente manera:

- Formar una estructura plana de celite, para ello se debe adicionar Et OH 70%.
- Filtrar la muestra y los blancos poco a poco adicionar 6 porciones de 10 ml de Et OH 70% y dos porciones de 10 ml de Et OH 95% y por ultimo 2 porciones de 10ml de acetona.
- Colocar las muestras en el horno de convección por 16 h 00 a 105 °C.
- Apagar el horno y esperar que baje la temperatura a 70 °C, sacar las muestras y dejar por 2 horas en el desecador para estabilizar la temperatura.
- Pesar las muestras y colocar en la mufla a 550 ° C por 5 h 00
- Colocar en el desecador y esperar 1 h 00.
- Registrar peso de crisoles.

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

- Determinación de carbohidratos

La determinación de carbohidratos por diferencia se calcula de 100 menos los contenidos proximales. La ecuación matemática utilizada fue:

$$\% \text{ Carbohidratos} = 100 - (\% \text{ H} + \% \text{ C} + \% \text{ P} + \% \text{ G})$$

% H = porcentaje de Humedad

% C = porcentaje de cenizas

% P = porcentaje de proteínas

% G = porcentaje de grasa

- Determinación de energía (Kcal)

La determinación de energía fue realizada por el método propuesto por Atwater a finales del siglo XIX e inicios de XX. Y consiste en multiplicar el porcentaje de carbohidratos y proteínas por 4 Kcal y el porcentaje de grasa por 9 Kcal

- Protocolos para determinación de composición de Actividad antioxidante

- Extracción de poli fenoles libres y solubles

1. Pesar 10 mg (0.01000 g) de muestra de amaranto en un tubo eppendorf de 1.5 ml.
2. Agregar 1.3 ml de metanol al 50 %.
3. Incubar la muestra en el baño maría a 65 °C por 30 minutos, agitando la muestra en intervalo de 10 minutos en vórtex por un minuto a 10 rpm.
4. Dejar enfriar la muestra a temperatura ambiente durante 5 minutos.
5. Centrifugar a 700 rpm a 20 °C por 10 minutos.
6. Extraer el sobrenadante cuidadosamente y transferir a un nuevo tubo eppendorf.

- **Extracción de polifenoles totales**

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

1. Pesar 10 mg (0.01000 g) de muestra de amaranto en un tubo eppendorf de 1.5 ml
2. Agregar 1.3 ml de 1.2 M HCl
3. Incubar la muestra en el baño maría a 42 °C por 30 minutos, agitando la muestra en intervalo de 10 minutos en vórtex por un minuto a 10 rpm.
4. Dejar enfriar la muestra a temperatura ambiente durante 5 minutos.
5. Centrifugar a 700 rpm a 20 °C por 10 minutos.
6. Extraer 500 µl de sobrenadante cuidadosamente y transferirlo a un nuevo tubo eppendorf.
7. Añadir 800 µl al 50 % de metanol.

Estas muestras se almacenarán a -20 °C hasta su análisis.

- **Determinación de polifenoles libres y totales**

Preparación de curva de calibración para determinación de polifenoles libre y totales en tortillas

1. A partir de la solución stock de 100 µg/ml ácido gálico realizar diluciones de 0, 10, 15, 20, 25,50 y 100 µg/ml en 50 % de metanol

N tubo	Solución concentrada de AG 100 µg/ml (mL)	Metanol a 50 % mL	Volumen total	Concentración de mg AG/mL
AG1	0	10	10	0
AG2	1	9	10	10
AG3	1.5	8.5	10	15
AG4	2	8	10	20
AG5	2.5	7.5	10	25
AG6	5	5	10	50
AG7	10	0	10	100

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

2. Realizar la reacción colorimétrica tomando 100 µl de cada disolución y transferirlas a un nuevo tubo falcón de 15 ml
3. Adicionar 200 µl Folin-Ciocalteu
4. Agregar 1.7 ml de carbonato de sodio (Na₂CO₃)
5. Incubar las muestras en baño maría a 42 °C por 10 minutos
6. Dejar enfriar las muestras a temperatura ambiente por 5 minutos, protegerlas de la luz.
7. Tomar la muestra y transferirlas a las cubetas de medición, leer la concentración a una absorbancia de 765 nm.

- Determinación de capacidad antioxidante con el método DPPH

Los extractos son los de polifenoles libre y totales, se determinará la capacidad antioxidante libre y total.

Preparación de curva de calibración para determinación de actividad antioxidante en harina de amaranto.

1. A partir de la solución stock de 100 µg/ml ácido gálico realizar diluciones de 0,10, 20, 40, 60,80 y 100 µg/ml en 50 % de metanol.

N tubo	Solución concentrada de AG 100 µg/ml (mL)	Metanol a 50 % mL	Volumen total	Concentración de mg AG/mL
AG1	0	10	10	0
AG2	1	9	10	10
AG3	2	8	10	20
AG4	4	6	10	40
AG5	6	4	10	60
AG6	8	2	10	80
AG7	10	0	10	100

Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (*Amaranthus cruentus*), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico

Medición actividad antioxidante por método de DPPH

1. Tomar 100 µl de extracto de polifenoles y transferirlo a un tubo falcón
2. Adicionar 900 µl de 50 mM de Tris-HCl.
3. Adicionar 1.8 ml de 0.1 mM de DPPH.
4. Dejar reposar a temperatura ambiente por 30 minutos.
5. Tomar la muestra y transferirlas ala cubetas de medición, leer la concentración a una absorbancia de 517 nm.

Los resultados fueron expresados como porcentaje de decoloración del radical DPPH utilizando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Decoloración DPPH} = 1 \frac{A_m - A_{bm}}{DPPH} * 100$$

Donde:

Am: Es la absorbancia de la mezcla de reacción (DPPH + extracto)

Abm: Es la absorbancia del blanco de la muestra (Tris HCl)

DPPH: Absorbancia de DPPH