

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

DESARROLLO DE TORTILLA DE HARINA DE MAÍZ (*Zea mays* L.) CON
ADICIÓN DE REMOLACHA (*Beta bulgaris* L.) Y SEMILLAS DE CHÍA (*Salvia*
hispanica L.)

POR:

EDGAR FABRICIO VASQUEZ JUAREZ

TRABAJO PROFESIONAL SUPERVISADO



CATACAMAS

OLANCHO

DICIEMBRE, 2023

DESARROLLO DE TORTILLA DE HARINA DE MAÍZ (*Zea mays* L.) CON
ADICIÓN DE REMOLACHA (*Beta vulgaris* L.) Y SEMILLAS DE CHÍA (*salvia
hispanica* L.)

POR:

EDGAR FABRICIO VASQUEZ JUAREZ

RAMÓN ANTONIO HERRERA ANTÚNEZ, M. Sc.

Asesor Principal

TRABAJO PROFESIONAL SUPERVISADO

PRESENTADO A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN TECNOLOGIA ALIMENTARIA

CATACAMAS

OLANCHO

DICIEMBRE, 2023

DEDICATORIA

A Dios, quien supo guiarme por el buen camino siendo mi sustento en todo el proceso y dándome fuerzas para salir adelante y no quebrantarme en los problemas que se me presentaron.

A mis padres, por darme su apoyo incondicional en todo momento, tanto económico como emocional a lo largo de este camino, depositando su confianza en mí y por enseñarme el camino que debo seguir para ser una gran persona.

AGRADECIMIENTO

Le agradezco a Dios todo poderoso. por haberme permitido llegar hasta este punto, por darme salud para poder lograr mis sueños y metas, por darme la sabiduría y fortaleza en los momentos que más la necesitaba y por no dejar rendirme nunca.

A mis padres por darme su apoyo, guiándome por el camino correcto con sus consejos y corrigiendo mis errores para así seguir siempre adelante.

A cada una de las personas que me apoyaron dentro y fuera de la universidad para poder llevar a cabo el proyecto de investigación, a mis amigos, por estar conmigo en los buenos y malos momentos.

CONTENIDO

DEDICATORIA.....	3
AGRADECIMIENTO	4
LISTA DE TABLAS	1
LISTA DE FIGURAS	2
LISTA DE ANEXOS	3
RESUMEN	4
I. INTRODUCCIÓN.....	5
I. OBJETIVOS.....	6
2.1 Objetivo general.....	6
2.2 Objetivos específicos	6
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	7
3.1 El maíz (<i>Zea mays</i> L.)	7
3.1.1 Beneficios del maíz	7
3.1.2 Importancia del maíz en Honduras	7
3.1.3 Uso del maíz en la alimentación.....	8
3.1.4 Composición nutricional del grano de maíz.....	8
3.1.5 Beneficios de su consumo.....	9
3.2 La remolacha (<i>Beta vulgaris</i> L.).....	9
3.2.1 Uso de la remolacha en la alimentación en la industria alimentaria	10
3.2.2 Composición nutricional de la remolacha	11
3.2.3 Jugo concentrado de remolacha	11
3.3 La chía (<i>Salvia hispánica</i> L.).....	11
3.4 Tortilla nixtamalizada de maíz.....	12
3.2 Evaluación sensorial	12
3.5.1 Prueba Hedónica.....	12
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	13
4.1 Descripción y localización del área de investigación.....	13
4.2 Materia prima.....	14
4.3 Materiales y equipos	14
4.4 Metodología	14
4.4.1 Fase 1: Diseñar distintas formulaciones con variaciones en los ingredientes	15
4.4.2 Fase 2. Proceso de elaboración de las distintas formulaciones.	17
4.4.3 Fase 3. Realización de análisis sensorial y estadístico	19
4.4.4 Fase 4. Realizar pruebas de cocción a la tortilla a escala de laboratorio	19
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	20

5.1	Evaluación sensorial sobre el grado de aceptación mediante pruebas hedónicas de 5 puntos.....	20
5.2	Pruebas de cocción a escala de laboratorio para medir la calidad de la tortilla obtenida bajo parámetros de tiempo y de temperatura	23
VI.	CONCLUSIONES	25
VII.	RECOMENDACIONES	26
VIII.	BIBLIOGRAFIA.....	27
	ANEXOS	29

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Composición nutricional del grano de maíz en base a 100 g.....	8
Tabla 2. Composición nutricional de la remolacha en base a 100 g.....	11
Tabla 3. Materiales y equipos utilizados en la investigación	14
Tabla 4. Formulaci3n utilizada en la elaboraci3n de la tortilla de ma3z fortificada con jugo concentrado de remolacha y semillas de ch3a.....	15
Tabla 5. Ingredientes variables en relaci3n al 77 %	15
Tabla 6. Ingredientes fijos al 23%	15
Tabla 7. Corridas experimentales dadas por el programa STATGRAPHICS Centurion	16
Tabla 8. Corridas experimentales transformadas a libras	16
Tabla 9. Comparaci3n del sabor evaluado en los diferentes tratamientos (n=30).....	20
Tabla 10. Comparaci3n del aroma evaluado en los diferentes tratamientos (n=30).....	21
Tabla 11. Comparaci3n de la textura evaluada en los diferentes tratamientos (n=30) ..	22
Tabla 12. Comparaci3n de la aceptabilidad general evaluada en los diferentes tratamientos (n=30).....	23
Tabla 13. Tiempos y temperaturas utilizados en las pruebas	24

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Instalaciones de la Universidad Nacional de Agricultura vía satélite.....	13
Figura 2. Fases de la investigación	14
Figura 3. Flujograma para la elaboración de tortilla de maíz fortificada con jugo concentrado de remolacha y semillas de chía.....	17
Figura 4. Índice de aceptabilidad del sabor en los diferentes tratamientos.....	20
Figura 5. Índice de aceptabilidad del aroma en los diferentes tratamientos.	21
Figura 6. Índice de aceptabilidad de la textura en los diferentes tratamientos.....	22
Figura 7. Índice de aceptabilidad general en los diferentes tratamientos	23

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Formato de Evaluación Sensorial	29
Anexo 2. Medición de grados Brix.....	30
Anexo 3. Elaboración de la tortilla	31
Anexo 4. Evaluación sensorial	31

Vasquez Juarez, Edgar Fabricio (2023), Desarrollo de tortilla de harina de maíz (*Zea mays* L.) con adición de remolacha (*Beta vulgaris* L.) y semillas de chía (*Salvia hispánica* L.) Trabajo profesional supervisado por tesis de grado ingeniería en Tecnología Alimentaria, facultad de Ciencias Tecnológicas, Universidad Nacional de Agricultura. Catacamas, Olancho, Honduras. C.A.

RESUMEN

La tortilla de maíz es un alimento altamente consumido en nuestro país. Es debido a esta gran demanda la necesidad de adicionar ciertos componentes ajenos a este grano, como lo es la betalaína encontrada en la remolacha y las semillas de chía. El objetivo de este trabajo fue desarrollar una tortilla de maíz amarillo (*Zea mays* L.) adicionando jugo concentrado de remolacha (*Beta vulgaris* L.) y semillas de chia (*Salvia hispánica* L.) con atributos sensoriales aceptables. Por ende, se elaboró una tortilla de maíz sustituyendo el agua por jugo concentrado de remolacha y semillas de chía, llevando las remolachas al proceso de lavado, para posteriormente llevarlas a cocción a 70 °C durante 20 minutos antes de transportarlas a la despulpadora. Contando con un tratamiento testigo y cuatro tratamientos con variaciones en las concentraciones de grados Brix del jugo (A= 1%, B= 2%, C= 3.5%, D= 4%) para posteriormente realizar análisis sensoriales con 30 jueces no entrenados, tomando en cuenta el aroma, textura, sabor y aceptación general. Para el análisis de los resultados se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y una prueba de comparación múltiple de Tukey en el programa Infostat. Se realizaron pruebas de temperatura a la tortilla con el fin de establecer una temperatura para no afectar el punto isoeléctrico. Los resultados demostraron que de las cuatro formulaciones elaboradas solo los tratamientos C (3,5%) y A (1%) contaron con diferencias estadísticas en el sabor, las otras dos no obtuvieron diferencias en los atributos antes mencionados, en cuanto a la aceptación general, solo el tratamiento (C) obtuvo mayor aceptación, superando al tratamiento testigo. La evaluación de los tiempos y temperaturas para la elaboración de la tortilla oscila entre los 170 a 180 °C durante un tiempo de 5 a 8 minutos. Se puede decir que se elaboró una tortilla con la incorporación de jugo de remolacha, observando cambios en el color, aroma y sabor sin afectar la aceptación general.

Palabras clave: grados Brix, punto isoeléctrico, diferencias estadísticas.

I. INTRODUCCIÓN

El maíz, es el grano básico más importante de Estados Unidos, México y Centroamérica por ser la fuente principal de energía en la dieta de la población, además, el maíz es materia prima fundamental en la elaboración de concentrados para la alimentación animal y está presente en forma de componentes o aditivos en un sin número de productos alimentarios como ser siropes, almidones modificados, espesantes, estabilizantes y extensores. En Honduras este grano se cultiva en casi todas las regiones del país y la producción está destinada principalmente a satisfacer la demanda interna de la población (INE 2019).

Los alimentos funcionales se definen como: “Alimentos naturales o procesados que contienen compuestos biológicamente activos conocidos o desconocidos; que, en cantidades definidas y efectivas no-tóxicas, proporcionan un beneficio a la salud clínicamente probado y documentado para la prevención, el manejo o el tratamiento de enfermedades crónicas” (Moreno y Dorado 2020). Una gran variedad de alimentos funcionales puede desarrollarse mediante el procesamiento adecuado de granos integrales subutilizados [maíz, frijol, amaranto, chía].

Según (Moreno y Dorado 2020). El proceso tradicional de nixtamalización para preparar tortillas o para producir harina de maíz nixtamalizado consume mucho tiempo y energía. Además, presenta problemas de altas descargas de desechos líquidos. La extrusión-cocción, proceso alternativo a la nixtamalización, no genera efluentes contaminantes; puede ser utilizada para el desarrollo de alimentos funcionales, generando así, una tortilla con mayor contenido de fibra, es por ello que el objetivo de esta investigación FUE desarrollar una tortilla de maíz amarillo (*zea mays L.*) con adición de remolacha (*Beta Vulgaris L.*) y semillas de chía (*Salvia hispánica L.*) que aporten atributos sensoriales y de calidad aceptables para el consumidor.

I. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Desarrollar una tortilla de maíz amarillo (*zea mays L.*) con adición de jugo concentrado de remolacha (*Beta vulgaris L.*) y semillas de chía (*Salvia hispánica L.*) con atributos sensoriales y de calidad aceptables.

2.2 Objetivos específicos

Determinar las proporciones de formulación de la harina de maíz nixtamalizada, jugo concentrado de remolacha y semillas de chía a escala de laboratorio.

Evaluar sensorialmente el grado de aceptación por parte de los jueces consumidores mediante pruebas hedónicas de 5 puntos a escala de laboratorio.

Realizar pruebas de cocción a escala de laboratorio para medir la calidad de la tortilla obtenida y bajo que parámetros de tiempo y de temperatura se deben procesar a escala de laboratorio.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 El maíz (*Zea mays* L.)

El maíz (*Zea mays* L.) pertenece a la familia de las gramíneas y es una planta anual alta dotada de un amplio sistema radicular fibroso. El grano constituye aproximadamente el 42 % del peso en seco de la planta. El maíz tuvo su origen, probablemente, en América Central, especialmente en el sur pacífico de México en las vegas del río Balsas, de donde evolucionó a partir del teocintle un tipo de gramínea originaria de la región se difundió hacia el norte hasta Canadá y hacia el sur hasta Argentina. La evidencia más antigua de la existencia del maíz, data de unos 7 000 años de antigüedad (Argüello et al., 2017).

3.1.1 Beneficios del maíz

- Baja la presión sanguínea
- Promueve la buena circulación sanguínea
- Protege los vasos sanguíneos del daño oxidante
- Mejora la microcirculación
- Es antiinflamatorio
- Fomenta la regeneración del tejido conectivo
- Promueve la formación de colágeno
- Elimina los radicales libres

3.1.2 Importancia del maíz en Honduras

En Honduras, el maíz es uno de los alimentos principales para la población. Representa el 48 % y el 26 % de las calorías consumidas por los habitantes de zonas rurales y urbanas. El maíz ocupa un 35 % del área sembrada en el país, equivalente a 630,000 ha. Se estima que, en Honduras, como en otros países de América Central, la demanda de la población

por granos básicos como el maíz está aumentando rápidamente, mientras que los rendimientos de este cultivo siguen siendo bajos (2.28 ton/ha). De hecho, la producción nacional (675 mil toneladas en 2017) únicamente alcanza a satisfacer el 53 % de la demanda nacional, mientras que el 47 % restante debe ser importado. Los factores limitantes del rendimiento de maíz incluyen el estrés hídrico, la deficiencia de nutrientes y la presión por plagas y enfermedades (Puerto *et al* 2021).

3.1.3 Uso del maíz en la alimentación

El maíz es, junto al trigo y a otros cereales, uno de los alimentos básicos de toda la Humanidad ya que permite la generación de una gran variedad de preparaciones y platos que son tanto accesibles en términos económicos como ricos en energía y nutrientes. Por otro lado, el maíz es también altamente utilizado como alimento de ganado o de animales de los cuales se obtiene otros alimentos como la leche. De este modo, ya sea para consumo humano o animal, la producción del maíz es importantísima para numerosos países y regiones que la generan para consumo interno o que la exportan a aquellas regiones en las que el maíz no puede crecer (*El maíz*, 2020).

El maíz es, desde un punto de vista nutricional, superior a muchos otros cereales excepto en su contenido de proteínas. La composición nutricional del maíz se encuentra en la Tabla 1.

3.1.4 Composición nutricional del grano de maíz

Tabla 1. Composición nutricional del grano de maíz en base a 100 g.

Contenido	Cantidad (g.)
Kcalorias	102.3
Carbohidratos	18.2
Proteínas	3.32
Grasas	1.28
Fibra	2.3

Minerales	Cantidad (mg)
Sodio	304
Calcio	3
Hierro	0.6
Magnesio	-
Fosforo	69
Potasio	200
Vitaminas	Cantidad (mg)
Vitamina A	0.02
Vitamina B1	0.04
Vitamina B2	0.08
Vitamina B3	1.77
Vitamina B12	-
Vitamina C	1

Fuente: (Vegaffinity, 2017)

3.1.5 Beneficios de su consumo

En la investigación de (Navarro, 2021) una ración de 100 g. de maíz ya cocido procura el 24 % de las necesidades diarias de vitamina B1, el 9 % de las de B3 y casi el 20 % de las de ácido fólico, constituyendo un aliado de diversas funciones cerebrales. La vitamina B1, tiamina, además de participar en la obtención de energía, se asocia a un mejor funcionamiento de la memoria, la concentración y el buen estado de ánimo y es muy indicada para momentos en los que se realizan grandes esfuerzos intelectuales.

3.2 La remolacha (*Beta vulgaris* L.)

La remolacha (*Beta vulgaris* L.) es un vegetal cultivado en casi todo el mundo para el consumo en fresco como ensalada, por su contenido de azúcares, minerales o beta caroteno, sustancias de suma importancia para la vitalidad del organismo humano en general. Es particularmente rica en folato, encontrándose que este y el ácido fólico

previenen defectos de nacimiento del tubo neural (nervioso) y ayudan contra enfermedades cardíacas y anemia (Tellez-Soria & Orberá-Ratón, 2018).

3.2.1 Uso de la remolacha en la alimentación en la industria alimentaria

Son múltiples las aplicaciones de la raíz en remolacha en polvo en industria alimentaria, gracias a su nula toxicidad y a que puede ser consumida por un amplio espectro de la población. Es habitual encontrarla en diversos productos como helados, yogures, salsas de tomate, sopas, mermeladas o cereales de desayuno, al poder utilizarse como:

Colorante alimentario natural: Debido a la intensidad de sus pigmentos naturales, puede usarse en lugar de los colorantes de síntesis química. Esto favorece además un consumo más sostenible y saludable, acorde con las tendencias del mercado.

Los colorantes naturales son los preparados obtenidos a partir de los alimentos y otras materias naturales obtenidas mediante una extracción física o química que ocasione una selección de los pigmentos (Flavorix, 2018).

Aditivo: Gracias a su capacidad antioxidante, la raíz de remolacha es un conservante natural con aplicaciones en la industria alimentaria.

Los aditivos son sustancias que se añaden a los alimentos para mantener o mejorar su inocuidad, su frescura, su sabor, su textura o su aspecto se denominan aditivos alimentarios. Algunos de ellos se llevan empleando desde hace siglos para conservar alimentos, como ocurre con la sal (en carnes como el tocino y los pescados secos), el azúcar (en las mermeladas) y el dióxido de azufre en el vino (WHO, 2018).

3.2.2 Composición nutricional de la remolacha

Tabla 2. Composición nutricional de la remolacha en base a 100 g.

Contenido	Cantidad
Calorías	43 kcal
Proteínas	1,6 g
Grasas	0,17 g
Hidratos de carbono	9,6 g
Fibra	2,8 g
Agua	85.73

Fuente: (Navarro 2021).

3.2.3 Jugo concentrado de remolacha

El jugo de remolacha contiene abundantes nitratos que ayudan a relajar y dilatar los vasos sanguíneos, lo que aumenta el flujo de oxígeno hacia las células por todo el cuerpo. Tomar jugo de remolacha por la mañana o en ayunas, ayuda a despertar nuestros órganos adormecidos y a hacernos sentir más activos y con más energía (Kitchen & Kitchen, 2023).

Además, las betalaínas son sustancias que poseen actividad antioxidante y anti degenerativa frente a diversas enfermedades, es por ello que es de mucha importancia para nuestro organismo (Mancha et al., 2019).

3.3 La chía (*Salvia hispánica* L.)

La chía es una planta *Salvia hispánica* que es originaria de las zonas montañosas de América Central y del Sur de la cual consumimos sus pequeñas semillas. En el pasado las semillas de chía formaban parte de la dieta básica de los Mayas y los Azteca antes de la colonización española. Los Mayas bautizaron estas semillas con dicho nombre que

significa “fuerza” pues era el alimento que les proporcionaba energía en casos de emergencia (Nestlé, 2022).

3.4 Tortilla nixtamalizada de maíz

Las tortillas de maíz son un producto elaborado haciendo uso de maíz nixtamalizado. Éste, se obtiene cociendo el maíz en crudo con agua y cal viva. El maíz cocido y reposado en dicha mezcla, se convierte en una masa que, posteriormente se utiliza en la elaboración de este producto tan mexicano. Dependiendo del tipo de maíz que se utilice para la elaboración de las tortillas, pueden hacerse tortillas de diferentes colores. se obtendrá un resultado u otro. Al tratarse de un elemento masa, pueden conseguirse unidades de tortillas de diferentes tamaños, aunque la más común es 14 o 15 centímetros de diámetro (Maya SL, 2018).

3.2 Evaluación sensorial

La evaluación sensorial es una ciencia y presta atención a la precisión, exactitud y reproducibilidad de sus metodologías, pero también considera y analiza la relación entre un estímulo físico dado y la respuesta del sujeto, el resultado a menudo se considera como un proceso de un solo paso. De hecho, hay al menos tres pasos en el proceso: el estímulo interactúa con el órgano sensorial y se convierte en una señal nerviosa que viaja al cerebro (Severiano-Pérez, 2019).

3.5.1 Prueba Hedónica

Las escalas hedónicas verbales recogen una lista de términos relacionados con el agrado o no del producto por parte del consumidor. Pueden ser de cinco a once puntos variando desde el máximo nivel de gusto al máximo nivel de disgusto y cuenta con un valor medio neutro, a fin de facilitar al juez la localización de un punto de indiferencia. ((Manfugás, 2007).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Descripción y localización del área de investigación

El trabajo de investigación se llevó a cabo en la Universidad Nacional de Agricultura (Figura 1), específicamente en la tortillería ubicada en dicha universidad. Este campus se encuentra en el departamento de Olancho en la carretera hacia Dulce Nombre de Culmí, kilómetro 215, Barrió El Espino ciudad de Catacamas, Honduras. Tiene una altitud de 346 msnm, latitud de 14° 59' Norte y longitud de 85° 53' Oeste. Presenta una temperatura aproximada entre 21 a 32 °C, con una precipitación anual media de 1390 mm y una humedad relativa de 88%.

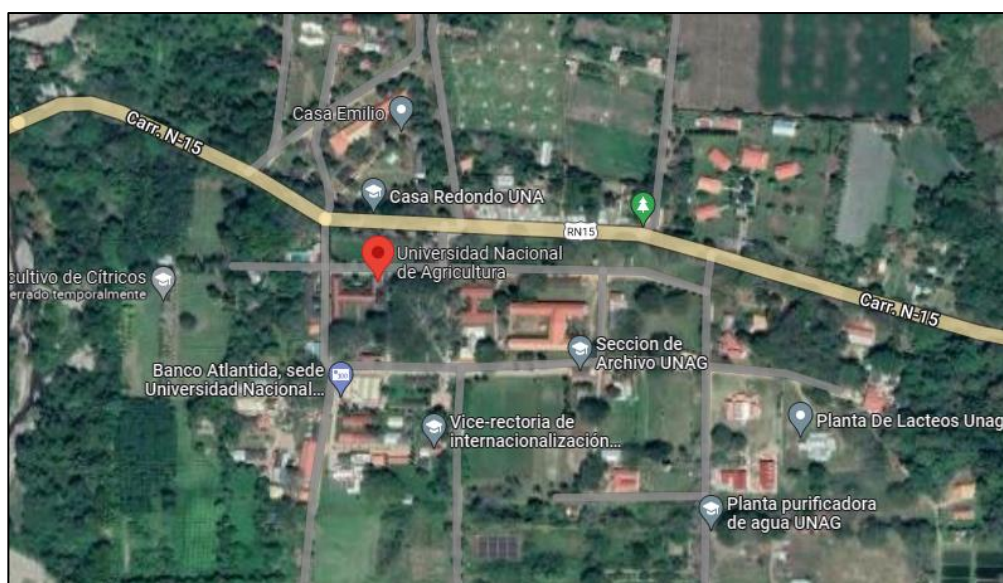


Figura 1. Instalaciones de la Universidad Nacional de Agricultura vía satélite

4.2 Materia prima

La compra de la Maseca, remolacha y semillas de chía fue realizada en diferentes supermercados ubicados en la ciudad de Catacamas, Olancho, Honduras.

4.3 Materiales y equipos

Tabla 3. Materiales y equipos utilizados en la investigación

Materiales y equipos	Descripción
Cuchillos	Preferiblemente de acero inoxidable
Tabla para picar	Capacidad mediana para picar alimentos
Máquina para hacer tortillas	Marca LENIN, modelo ML-180
Espátulas de metal	Preferiblemente de acero inoxidable
Harina de maíz comercial	Marca Maseca
Balanza digital	Marca T-Scale, modelo Bw
Refractómetro	Marca HHTEC

4.4 Metodología

Para el cumplimiento de los objetivos se contemplaron cuatro fases experimentales descritas a continuación:

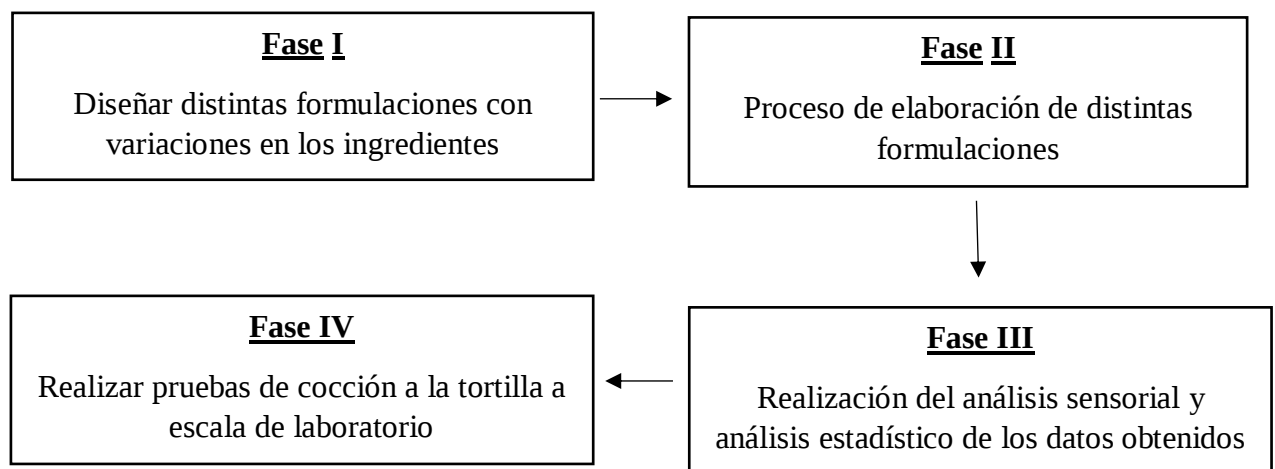


Figura 2. Fases de la investigación

4.4.1 Fase 1: Diseñar distintas formulaciones con variaciones en los ingredientes

Diseño experimental

Esta fase se enfocó en el desarrollo de distintas formulaciones mediante un diseño de mezcla simple x , con el objetivo de determinar los valores máximos y mínimos de cada formulación.

Tabla 4. Formulación utilizada en la elaboración de la tortilla de maíz fortificada con jugo concentrado de remolacha y semillas de chía

Ingredientes	Cantidad (%)
Jugo de remolacha	74
Semillas de chía	3
Harina de maíz	23

Los ingredientes en color rojo, fueron los que se variaron en esta investigación.

Tabla 5. Ingredientes variables en relación al 77 %

Ingredientes variables	Valor mínimo (%)	Valor máximo (%)
Remolacha	22	74
Semillas de chía	1	3

Tal y como se muestra en la **Tabla 5** los ingredientes que se variaron cuentan con un rango mínimo y máximo respectivamente, se hizo con el objetivo de tener una mayor facilidad de introducirlos al programa STATGRAPHICS Centurion, para desarrollar las corridas experimentales.

Tabla 6. Ingredientes fijos al 23%

Ingredientes Fijos	Cantidad (%)
--------------------	--------------

Harina de maíz	23
----------------	----

Tal y como se logra apreciar en la **Tabla 6**, estos fueron los ingredientes que se dejaron fijos con sus respectivas cantidades.

Resultados del programa estadístico

Se ingresaron los datos mínimos y máximos de cada ingrediente a variar **Tabla 5**, al programa STATGRAPHICS Centurion, el cual dio como resultado cinco corridas o replicas experimentales **Tabla 7**, de las cuales se tomaron cuatro de ellas (R1, R2, R3, R4) para la realización del trabajo.

Tabla 7. Corridas experimentales dadas por el programa STATGRAPHICS Centurion

Nº Replicas	Jugo de remolacha	Semillas de chía	Harina de maíz
1	0,74	0,01	0,23
2	0,73	0,02	0,23
3	0,73	0,015	0,23
4	0,72	0,03	0,23
5	0,72	0,025	0,23

Tabla 8. Corridas experimentales transformadas a libras

Nº Replicas	Jugo de remolacha (% de remolacha)	Semillas de chía (lb)	Harina de maíz (lb)
1	1	1	23
2	2.	2	23
3	3.5	0,15	23
4	4	0,3	23

4.4.2 **Fase 2.** Proceso de elaboración de las distintas formulaciones.

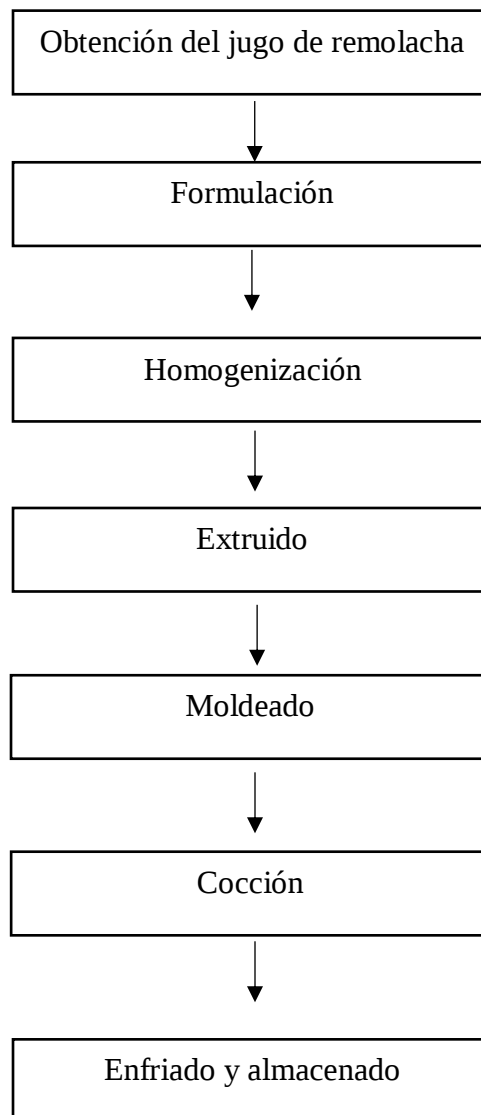


Figura 3. Flujograma para la elaboración de tortilla de maíz fortificada con jugo concentrado de remolacha y semillas de chía.

Obtención del jugo de remolacha

- Selección de la remolacha
- Lavado de la remolacha
- Pelado de la remolacha
- Cortado de la remolacha

- Cocción de la remolacha durante un tiempo aproximado de 5-10 minutos, a una temperatura de 100° C.

Formulación

Una vez obtenido el jugo de remolacha se midieron los porcentajes de grados Brix con la ayuda de un refractómetro, este procedimiento se realizó al triplicado, con el fin de determinar cada porcentaje según la **Tabla 7**, en la cual para la obtención de la masa se sustituyó el agua por el jugo concentrado de remolacha.

Homogenización

A la harina de maíz se le adiciono el jugo de remolacha según la indicación de cada formulación, posteriormente se le adicionaron las semillas de chía a la mezcla. Una vez con todos los ingredientes adicionados se llevó al proceso de mezcla, durante un tiempo de 5 a 7 minutos hasta obtener una masa homogénea y uniforme.

Extruido y moldeado

Tras obtener la masa homogénea se llevó la misma a la máquina para hacer tortillas, la cual es la encargada de la extrusión y del moldeado, el cual moldea las tortillas en un aproximado de 12 cm.

Cocción

Durante este paso se dio una cocción en comal a 85°C, durante aproximadamente 3 a 4 minutos. No obstante, debido a que la tortilla no es una tortilla muy común, uno de los objetivos de esta investigación fue realizar pruebas de cocción a la tortilla a escala de laboratorio, por lo tanto, la temperatura adecuada se muestra en la **Fase 3**.

Enfriado

Una vez obtenidas las tortillas, se dejaron en reposo durante 20 minutos, con el objetivo de enfriarlas a temperatura ambiente, posterior a ese paso, las tortillas fueron utilizadas para realizar los análisis sensoriales.

4.4.3 **Fase 3.** Realización de análisis sensorial y estadístico

El análisis sensorial de la tortilla fortificada se realizó con una cantidad de 30 jueces no entrenados. Utilizando una escala Hedónica o de satisfacción de 5 puntos, que va desde “me gusta mucho” hasta “me disgusta mucho”, la escala es impar, es decir con un punto intermedio de “no me gusta, ni me disgusta”. Los panelistas marcaron la respuesta que mejor reflejo su opinión sobre el producto.

Para el análisis de los resultados obtenidos se realizó un análisis de varianza (ANOVA), de igual manera se realizará la prueba de comparación múltiple (prueba de Tukey – $p < 0.05$) en el programa de INFOSTAT.

Para los resultados de las evaluaciones sensoriales se tomó como ejemplo el modelo de la tortilla testigo de (Emanuel, 2010).

4.4.4 **Fase 4.** Realizar pruebas de cocción a la tortilla a escala de laboratorio

En esta fase se le realizaron pruebas de tiempo y temperatura a la tortilla de maíz fortificada con jugo concentrado de remolacha, con el objetivo de establecer un tiempo y una temperatura específica para dicho producto, esto debido al punto isoelectrico, el cual puede hacer que la tortilla pierda su color característico y eso es lo que se tratara de evitar en esta fase. Las pruebas se realizaron en tres tiempos y tres temperaturas diferentes.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Evaluación sensorial sobre el grado de aceptación mediante pruebas hedónicas de 5 puntos.

Tabla 9. Comparación del sabor evaluado en los diferentes tratamientos (n=30)

Tratamiento	Sabor
Testigo	2,11 ± 0,78 ^a
A-184	3,97 ± 0,82 ^{bc}
B-966	3,40 ± 1,00 ^{ab}
C-624	4,33 ± 0,66 ^c
D-216	3,37 ± 1,00 ^a

a,b...c Letras diferentes en la misma columna representa diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos (P >0.05)

A-184= Tortilla de haría de maíz con 23% de maíz, 1% grados Brix de jugo de remolacha, 1% semillas de chía.

B-966= Tortilla de haría de maíz con 23% de maíz, 2% grados Brix de jugo de remolacha, 2% semillas de chía.

C-624= Tortilla de haría de maíz con 23% de maíz, 3.5% grados Brix de jugo de remolacha, 0,15% semillas de chía.

D-216= Tortilla de haría de maíz con 23% de maíz, 4% grados Brix de jugo de remolacha, 0,3% semillas de chía.

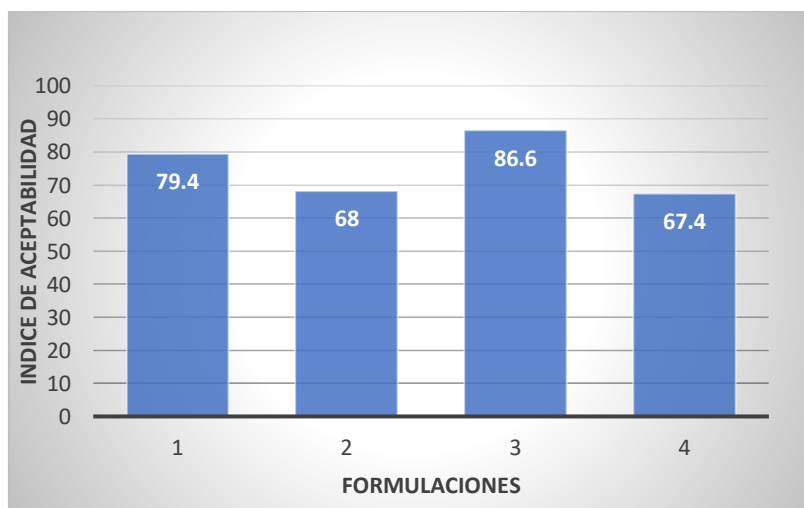


Figura 4. Índice de aceptabilidad del sabor en los diferentes tratamientos.

Tal y como se observa, existe una diferencia significativamente entre los distintos tratamientos, destacándose notablemente el tratamiento C, el cual muestra una mayor preferencia por parte de los jueces en lo que respecta al atributo del sabor. Asimismo, el

tratamiento A fue el segundo más aceptado, los otros dos tratamientos obtuvieron un puntaje similar, más no mayor que el C y A.

Tabla 10. Comparación del aroma evaluado en los diferentes tratamientos (n=30)

Tratamiento	Aroma
Testigo	2,22 ± 0,83 ^a
A-184	3,86 ± 0,92 ^a
B-966	3,63 ± 1,03 ^a
C-624	3,87 ± 0,78 ^a
D-216	3,80 ± 1,00 ^a

a,b,...c Letras diferentes en la misma columna representa diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos (P >0.05)

A-184= Tortilla de haría de maíz con 23% de maíz, 1% grados Brix de jugo de remolacha, 1% semillas de chía.

B-966= Tortilla de haría de maíz con 23% de maíz, 2% grados Brix de jugo de remolacha, 2% semillas de chía.

C-624= Tortilla de haría de maíz con 23% de maíz, 3.5% grados Brix de jugo de remolacha, 0,15% semillas de chía.

D-216= Tortilla de haría de maíz con 23% de maíz, 4% grados Brix de jugo de remolacha, 0,3% semillas de chía.

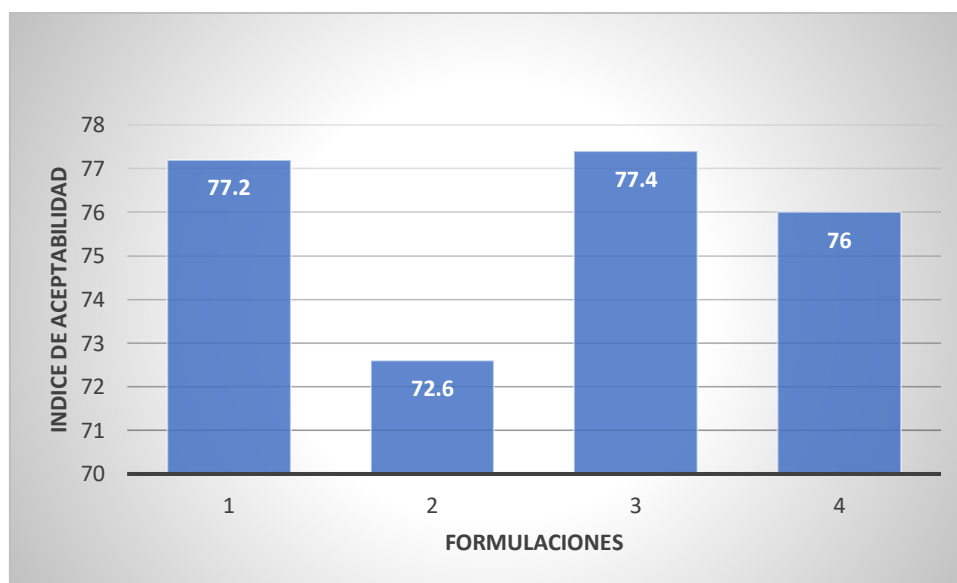


Figura 5. Índice de aceptabilidad del aroma en los diferentes tratamientos.

De acuerdo con lo detallado en la gráfica, no se identificaron diferencias estadísticamente significativas. Sin embargo, se observa que el tratamiento B fue el menos aceptado por los jueces. En contraste, los otros tres tratamientos exhibieron un nivel de aceptabilidad similar.

Tabla 11. Comparación de la textura evaluada en los diferentes tratamientos (n=30)

Tratamiento	Textura
Testigo	3,16 ± 0,99 ^a
A-184	3,61 ± 0,92 ^a
B-966	3,47 ± 0,86 ^a
C-624	3,53 ± 0,73 ^a
D-216	3,17 ± 0,99 ^a

a,b...c Letras diferentes en la misma columna representa diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos (P >0.05)

A-184= Tortilla de haría de maíz con 23% de maíz, 1% grados Brix de jugo de remolacha, 1% semillas de chía.

B-966= Tortilla de haría de maíz con 23% de maíz, 2% grados Brix de jugo de remolacha, 2% semillas de chía.

C-624= Tortilla de haría de maíz con 23% de maíz, 3.5% grados Brix de jugo de remolacha, 0,15% semillas de chía.

D-216= Tortilla de haría de maíz con 23% de maíz, 4% grados Brix de jugo de remolacha, 0,3% semillas de chía.

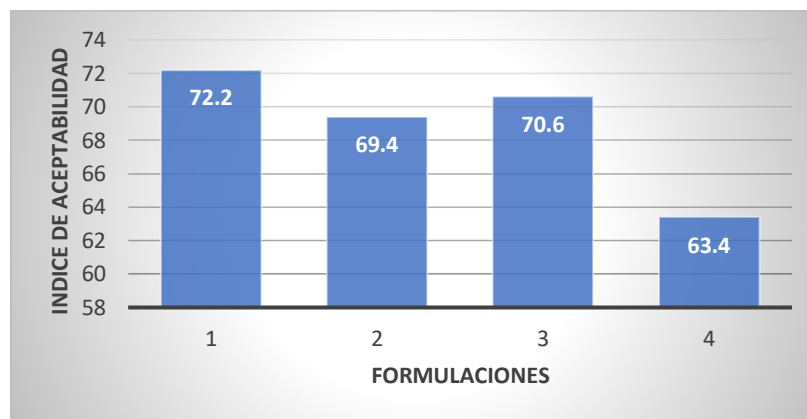


Figura 6. Índice de aceptabilidad de la textura en los diferentes tratamientos

Según la **Tabla 11**, la cual analiza la textura como atributo entre distintas formulaciones de tortilla de harina de maíz con adición de remolacha y semillas de chía, no se aprecia una diferencia estadísticamente significativa. Por otro lado, el índice de aceptabilidad mostro que el tratamiento A obtuvo el mayor la mayor puntuación por parte de los jueces en cuanto a este atributo.

Tabla 12. Comparación de la aceptabilidad general evaluada en los diferentes tratamientos (n=30)

Tratamiento	Aceptación general
Testigo	3,01 ± 0,73 ^a
A-184	3,86 ± 0,74 ^{ab}
B-966	3,63 ± 1,00 ^a
C-624	4,27 ± 0,58 ^b
D-216	3,43 ± 1,04 ^a

a,b,...c Letras diferentes en la misma columna representa diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos (P >0.05)

A-184= Tortilla de haría de maíz con 23% de maíz, 1% grados Brix de jugo de remolacha, 1% semillas de chía.

B-966= Tortilla de haría de maíz con 23% de maíz, 2% grados Brix de jugo de remolacha, 2% semillas de chía.

C-624= Tortilla de haría de maíz con 23% de maíz, 3.5% grados Brix de jugo de remolacha, 0,15% semillas de chía.

D-216= Tortilla de haría de maíz con 23% de maíz, 4% grados Brix de jugo de remolacha, 0,3% semillas de chía.

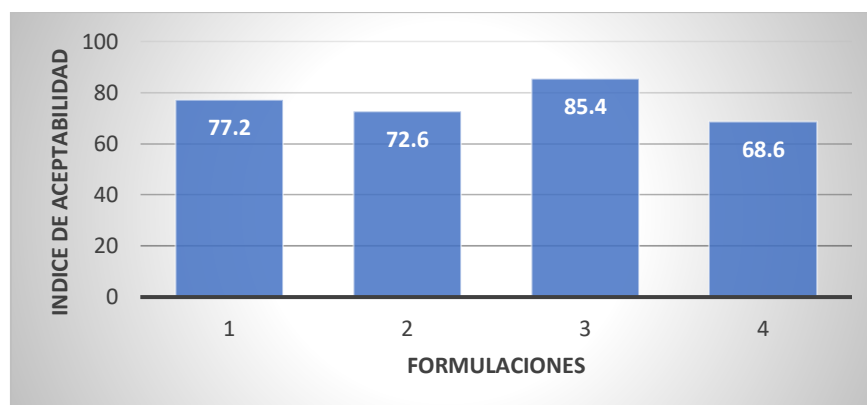


Figura 7. Índice de aceptabilidad general en los diferentes tratamientos

Según se detalla en la **Tabla 12**, la cual analiza la aceptabilidad general entre los diferentes tratamientos de tortilla de harina de maíz con adición de remolacha y semillas de chía, no se evidencia una diferencia estadísticamente significativa. Por otro lado, el índice de aceptabilidad muestra que el tratamiento C destacó al obtener la mayor aceptación entre los jueces a comparación de los demás tratamientos sobre este atributo.

5.2 Pruebas de cocción a escala de laboratorio para medir la calidad de la tortilla obtenida bajo parámetros de tiempo y de temperatura

Los resultados de las pruebas mencionadas en la **Fase 4** demostraron que el mejor tiempo y temperatura fue la prueba 2 (3 minutos a 85 °C) debido a que la pérdida de color era nula. Por otro lado, se observó que en la prueba 1 (5 minutos a 70 °C) si existió una

perdida significativa con respecto a este atributo, asimismo, la prueba 2 (7 minutos a 60 °C) mostro que la tortilla no obtuvo una cocción adecuada y completa.

Tabla 13. Tiempos y temperaturas utilizados en las pruebas

Pruebas	Tiempo (min)	Temperatura (°C)
1	5	70
2	3	85
3	7	60

VI. CONCLUSIONES

Tras llevar a cabo las evaluaciones sensoriales para cada tratamiento, se observó que la formulación que obtuvo mejor puntuación en la mayoría de los atributos (aroma, textura, sabor y aceptación general) por parte de los jueces fue el tratamiento C (23% maíz, 3.5% grados Brix de jugo de remolacha, 0,15% semillas de chía).

La identificación precisa de la combinación de tiempo y temperatura óptima (prueba 2) es esencial para garantizar la excelencia en la preparación de la tortilla, minimizando la pérdida de color y maximizando la calidad del producto final.

La tortilla con jugo concentrado de remolacha y semillas de chía emerge como una alternativa saludable y nutritiva a la tortilla tradicional. Esta combinación brinda beneficios significativos para la salud ofreciendo un perfil nutricional mejorado y también un toque de sabor distintivo.

VII. RECOMENDACIONES

Considerando la singularidad de las tortillas con remolacha y chía, es crucial implementar prácticas que maximicen su vida útil y mantengan su calidad, como el almacenamiento adecuado, guardando las tortillas en un lugar fresco y seco. Evitando la exposición directa a la luz solar y asegurándose de que estén protegidas contra la humedad para prevenir posibles mohos.

Realizar pruebas periódicas y recopilar retroalimentación de los consumidores para asegurar una adaptación continua a las preferencias del mercado y mantener la consistencia en la calidad del producto.

Incorporar las tortillas en forma de chips representando una estrategia innovadora con el propósito de transformar este alimento tradicional en una opción culinaria única y versátil. Convirtiéndolas en un acompañamiento atractivo para diversas salsas.

VIII. BIBLIOGRAFIA

- Argüello, M., Alondra, J., Larios, G., Antonio, L., & Orozco, E. (2017). *EVALUACIÓN DE LA VIDA ÚTIL Y CALIDAD PROTEICA DE TORTILLAS DE MAÍZ ENRIQUECIDAS CON AMARANTO Y SOYA*. 3.
- Benavides Bolaños, G. A., & Recalde Centeno, J. M. (2007). *Utilización de Okara se soya como enriquecedor en galletas integrales edulcoradas con panela y azúcar morena*. Universidad Técnica del Norte.
- El maíz: Por qué consumirlo y cómo podemos encontrarlo - Cooperativa Simbiosis*. (2020, abril 2). <https://www.cooperativasimbiosis.com/maiz-consumo-y-presentacion/>
- Mancha, M. A. F., Monterrubio, A. L. R., Vega, R. S., & Martínez, A. C. (2019). Estructura Y Estabilidad De Las Betalaínas. *Interciencia*, 44(6), 318-325.
- Manfugás, J. (2007). *EVALUACIÓN SENSORIAL EN ALIMENTOS* (Raúl Morales). Editorial Universitaria.
- <file:///C:/Users/HTS/Downloads/LIBRO%20ANALISIS%20SENSORIAL-1%20MANFUGAS.pdf>
- Moreno, D. C. R., & Dorado, D. R. G. (s. f.). *TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS*.
- Qué son las tortillas de maíz y cómo se elaboran | Maya SL. (2018, agosto 30). *Maya S.L.* <https://mayasl.com/tortillas-de-maiz/>
- Tellez-Soria, T., & Orberá-Ratón, T. (2018). Efecto estimulador del crecimiento de dos biopreparados biotecnológicos en cultivos de remolacha (*Beta Vulgaris L.*). *Revista Cubana de Química*, 30(3), 483-494.

Vegaffinity. (2017, September 9). *Cereales*. Vegaffinity.
<https://www.vegaffinity.com/comunidad/alimento/maiz-beneficios-informacion-nutricional--f90>

World Health Organization: WHO. (2018). Aditivos alimentarios. *www.who.int*.
<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/food-additives>

Emanuel, E. O. (2010). *Desarrollo y evaluación sensorial y física de tortillas de maíz (Zea Mays) con loroco (Fernaldia Pandurata)*.
<https://bdigital.zamorano.edu/items/60a9d72c-96a3-4f94-9d5a-1eb2cc1b0ba4>

ANEXOS

Anexo 1. Formato de Evaluación Sensorial

Universidad Nacional de Agricultura

Facultad de Ciencias Tecnológicas

Fecha ____/____/____ Edad ____ Sexo: F ☐ M ☐

Indicaciones:

Por favor enjuague su boca antes de probar cada una de las muestras que se le presentan, indique su nivel de agrado marcando con una X en la casilla en blanco para medir el nivel de aceptación acorde a los atributos que usted considere de su agrado.

Puntaje	Significativo
5	Me gusta mucho
4	Me gusta
3	No me gusta ni me disgusta
2	Me disgusta
1	Me disgusta mucho

Muestra _____

Atributo	1	2	3	4	5
<i>Aroma</i>					
<i>Sabor</i>					
<i>Textura</i>					

<i>Aceptación general</i>					
---------------------------	--	--	--	--	--

Antes de analizar la siguiente muestra, por favor, limpie su paladar con agua para borrar el sabor de la muestra anterior.

Muestra _____

Atributo	1	2	3	4	5
<i>Aroma</i>					
<i>Sabor</i>					
<i>Textura</i>					
<i>Aceptación general</i>					

Anexo 2. Medición de grados Brix



Anexo 3. Elaboración de la tortilla



Anexo 4. Evaluación sensorial

