

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA



RECOPIACIÓN DE INVESTIGACIONES RELACIONADAS A CEREALES GENERADAS
EN LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR EN EL PERÍODO DE 2014 A 2024

TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DIPLOMADO DE ESPECIALIZACIÓN

PRESENTADO POR
WILLIAN MOISÉS DURÁN SÁNCHEZ
CLAUDIA PATRICIA ORTIZ DE RIVAS

PARA OPTAR AL GRADO DE
LICENCIADO (A) EN QUÍMICA Y FARMACIA

JUNIO 2025

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMÉRICA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

MAESTRO JUAN ROSA QUINTANILLA

SECRETARIO GENERAL

LICENCIADO PEDRO ROSALÍO ESCOBAR CASTANEDA

FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA

DECANA

MAESTRA NANCY ZULEYMA GONZÁLEZ SOSA

SECRETARIA

LICENCIADA EUGENIA SORTO LEMUS

DIRECCIÓN GENERAL DE PROCESOS DE GRADO

DIRECTORA GENERAL (AD-HONOREM)

MAESTRA KATIA LISSETTE MARTÍNEZ DE PALACIOS

TRIBUNAL EVALUADOR

ASESORAS

MAESTRA DELMY IDALIA HERNÁNDEZ HUEZO

LICENCIADA PATRICIA DEL ROSARIO ESCOBAR DE MURCIA

TUTORA

MAESTRA ENA EDITH HERRERA SALAZAR

AGRADECIMIENTOS

A Dios todopoderoso, nuestro más profundo agradecimiento, quien con su infinita bondad nos ha brindado la fortaleza y sabiduría para culminar este proceso.

A nuestras familias, por su incondicional apoyo, amor y comprensión durante cada etapa de este proyecto. Su constante aliento ha sido nuestra mayor motivación para superar los desafíos y alcanzar esta meta.

A nuestra tutora, Maestra Ena Edith Herrera por su invaluable guía, paciencia y experiencia. Sus consejos y orientación fueron fundamentales para enriquecer el desarrollo de esta investigación.

A nuestros compañeros(as) y amigos(as), quienes con su apoyo y compañía hicieron de este camino una experiencia más llevadera y memorable.

A los docentes de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador, que con sus lecciones y conocimientos influyeron en nuestra formación académica y nos prepararon para los retos de la vida profesional.

A todos ustedes, nuestro más sincero agradecimiento

DEDICATORIA

En primer lugar. Quiero darle gracias a Dios. Por darme sabiduría de permitirme elegir con toda seguridad mi profesión como Químico Farmacéutico. También quiero dar gracias por haber conocido a cada uno de los maestros y compañeros y haberme permitido compartir muchas experiencias.

A mi padre y a mi madre por su amor incondicional por su apoyo y por confiar siempre en mí por su apoyo y cariño y gracias a su sacrificio y esfuerzo he logrado hacer realidad uno de mis más grandes aspiraciones y sueños. quiero dedicar el siguiente trabajo de graduación.

A mis dos hermanos por su amor y apoyo moral que siempre me han brindado y por confiar en mí siempre quiero dedicar el presente trabajo de graduación.

A mis hijas Adriana y Alejandra, que son el mejor regalo que Dios me pudo dar y son mi inspiración para seguir luchando y para las cual quiero ser un modelo a seguir, ya que ellas son mi vida y merecen lo mejor de este mundo las amo con todo mi corazón.

A mi compañera de trabajo de graduación por confiar en mí, por su compañerismo su apoyo incondicional y por su esfuerzo que ha hecho y por ser un pilar importante para que se realizara el trabajo de grado.

A mis amigos de Universidad y de trabajo por brindarme su amistad y a pesar del tiempo seguir creyendo que pudiera terminar con este proceso y puede culminar mi trabajo de grado.

Willian Moisés Durán Sánchez

DEDICATORIA

A mis hijos, mi mayor orgullo, por ser mi motor y motivación diaria. Cada paso en este camino ha sido pensando en brindarles un mejor futuro y demostrarles que los sueños se pueden alcanzar con dedicación.

A mi esposo, por su apoyo constante, su paciencia y palabras de aliento en los momentos más difíciles. Tu presencia ha sido fundamental para alcanzar este logro.

A mi querida madre, quien con su amor incondicional, fortaleza y sabios consejos ha sido mi mayor inspiración. Gracias por enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia.

A mis hermanas, su cariño ha sido importante en todo momento.

A mis amigos y amigas, quienes, con su compañía, palabras de ánimo y apoyo han llenado este recorrido con momentos de alegría y motivación.

A todos ustedes, dedico este trabajo con profundo agradecimiento y amor. Cada uno ha dejado una huella imborrable en este camino que hoy culmino.

Claudia Patricia Ortiz

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	Pág. N°
CAPÍTULO I	
1.0 INTRODUCCIÓN	
12	
CAPÍTULO II	
2.0 OBJETIVOS	15
2.1 Objetivo General	15
2.2 Objetivos Específicos	15
CAPÍTULO III	
3.0 MARCO TEÓRICO	18
3.1 Definición de cereal	18
3.2 Estructura del grano de cereal	18
3.3 Composición del grano de cereal	19
3.4 Tipos de cereales	21
3.4.1 Trigo	21
3.4.2 Arroz	22
3.4.3 Maíz	24
3.4.4 Avena	25
3.4.5 Cebada	26
3.4.6 Mijo	27
3.4.7 Sorgo	28
3.4.8 Centeno	30
3.4.9 Quinoa	31

3.4.10 Amaranto	32
-----------------	----

CAPÍTULO IV

4.0 PRODUCTO FINAL	34
--------------------	----

CAPÍTULO V

5.0 CONCLUSIONES	131
------------------	-----

CAPÍTULO VI

6.0 RECOMENDACIONES	133
---------------------	-----

BIBLIOGRAFÍA

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°	Título	Pág. N°
1	Composición Química de los Cereales	21
2	Listado de investigaciones relacionadas a cereales generadas en la Universidad de El Salvador en el período de 2014 a 2024	35
3	Listado de investigaciones seleccionadas para redacción de ficha técnica	46

INDICE DE FIGURAS

Figura N°	Título	Pág. N°
1	Estructura del grano de cereal	18
2	Granos de trigo	21
3	Granos de arroz	23
4	Granos de maíz	24
5	Hojuelas de avena	25
6	Granos de cebada	26
7	Granos de mijo	28
8	Granos de sorgo	29
9	Granos de centeno	30
10	Granos de quinoa	31
11	Granos de amaranto	32
12	Formato de ficha técnica para resumen de investigaciones recopiladas	42

RESUMEN

La revisión bibliográfica es el principal paso que precede a una investigación, con ella se da un acercamiento al conocimiento de un tema específico. Es muy frecuente que al iniciar una investigación surjan preguntas como por dónde comenzar o qué se debe incluir en una revisión bibliográfica; partiendo de ello, se vuelve fundamental contar con una selección de material bibliográfico que ofrezca información que sea lo más específica posible y constituya una guía de abordaje al tema en cuestión.

Por lo anteriormente expuesto, se considera importante compilar todo lo que se ha investigado y documentado en trabajos de grado sobre cereales en la Universidad de El Salvador, en el período comprendido entre 2014 y 2024; dicha compilación constituiría un recurso importante debido a la cantidad de información existente y la falta de tiempo del investigador para abarcarla toda de forma eficiente.

La finalidad de este esfuerzo es dar visibilidad a las investigaciones realizadas en la Universidad de El Salvador relacionadas con cereales y presentar al lector un cuadro resumen que enumere los trabajos de investigación agrupados por Facultad y en orden cronológico descendente. En total, se recopilaron 38 investigaciones sobre cereales de las cuales se seleccionaron 15 trabajos que se presentan en un formato estándar diseñado para ficha técnica, lo que simplifica el acceso y el consumo de los trabajos seleccionados. Las fichas técnicas se organizaron por Facultad y en orden cronológico descendente y cada una resume los elementos esenciales de cada investigación, entre ellos: Título, Autor(es), Año de publicación, Resumen, Introducción, Materiales, Resultados, Discusión, Conclusiones, Recomendaciones y Bibliografía.

Sería importante promover investigaciones interdisciplinarias entre Facultades para abordar el tema de cereales de forma integral y aprovechar los hallazgos de esta recopilación para orientar futuros proyectos hacia áreas que requieran más investigaciones o impacten a poblaciones más grandes.

Solo nos queda mencionar que el presente trabajo fue desarrollado como parte de las evaluaciones programadas en la segunda cohorte del Diplomado de Especialización en Análisis Químico de los Alimentos, impartido durante los meses de septiembre de 2024 a marzo de 2025.

CAPÍTULO I

1.0 INTRODUCCIÓN

Los cereales son esenciales para la humanidad por su aporte nutricional, económico y cultural. Son una fuente clave de energía, ricos en carbohidratos, proteínas, fibra, vitaminas y minerales. Además, desempeñan un papel fundamental en la seguridad alimentaria global, siendo básicos en la dieta de muchas regiones, como el arroz en Asia, el maíz en América Latina y el trigo en Europa. Su versatilidad permite crear alimentos variados y funcionales, mientras que su producción impulsa economías y genera empleo en numerosos sectores. También tienen un importante significado cultural, siendo parte de la identidad culinaria de diversas sociedades.

A lo largo de los años, en la Universidad de El Salvador, se han realizado múltiples estudios que presentan a los cereales como una fuente importante de nutrientes, los cuales son aprovechados en diversos procesos tecnológicos, químicos y bioquímicos, otras investigaciones han dado a conocer en forma práctica algunas características de los cereales, formas de obtención de productos innovadores (harinas, mezclas alimenticias, productos de panificación, elaboración de galletas, elaboración de fideos y otros); y algunos abordan el tema de la evaluación de calidad, como el análisis de las propiedades sensoriales, medición y cuantificación de compuestos químicos en productos alimenticios o materias primas, etc.

Por ello, se desarrolló el presente trabajo como parte de las evaluaciones programadas en la segunda cohorte del Diplomado de Especialización en Análisis Químico de los Alimentos, impartido durante los meses de septiembre de 2024 a marzo de 2025 y en él se reúnen, en total, 38 investigaciones que evidencian la versatilidad de los cereales, tanto en su uso tradicional como en aplicaciones innovadoras en la industria alimentaria, todas ellas desarrolladas en la Universidad de El Salvador en el período comprendido de 2014 al 2024. El propósito de esta recopilación es ofrecer una fuente de información puntual y resumida para facilitar nuevas investigaciones en esta área.

Considerando aspectos como: diferentes formas de procesamiento de los cereales, desarrollo de productos fortificados, productos sin gluten e ingredientes diseñados para mejorar la textura, el sabor y el valor nutricional de los alimentos; se seleccionaron 15 investigaciones para las cuales se elaboró una ficha técnica con información clave que permita comprender y evaluar la información

de manera rápida y organizada. Las partes incluidas en la ficha técnica, aseguran que sea un documento funcional y accesible, facilitando su consulta y comprensión por personas interesadas en el tema.

CAPÍTULO II

2.0 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Recopilar las investigaciones de trabajos de pregrado relacionadas con cereales publicadas entre 2014 y 2024 en las diferentes Facultades de la Universidad de El Salvador

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 2.2.1 Compilar las investigaciones realizadas en modalidad de procesos de grado, relacionados al tema de cereales realizados en las diferentes Facultades de la Universidad de El Salvador en el período comprendido entre 2014 y 2024.
- 2.2.2 Crear un formato de ficha técnica para presentar las investigaciones encontradas.
- 2.2.3 Elaborar fichas técnicas de los trabajos de investigación recopilados.
- 2.2.4 Clasificar las fichas técnicas de las investigaciones encontradas, por Facultad y en orden cronológico descendente.

CAPÍTULO III

3.0 MARCO TEÓRICO

3.1 Definición de cereal¹

Los cereales son plantas herbáceas pertenecientes a la familia de las gramíneas (Poaceae), denominados así, en honor a Ceres, diosa romana de la agricultura. La biodiversidad de esta familia botánica es muy alta; se calcula que hay más de 9000 tipos de cereales en el mundo y una alta diversidad varietal dentro de cada especie. Esta diversidad convierte a los cereales en un potencial recurso para garantizar la seguridad alimentaria, debido también a su alta versatilidad y facilidad en el tratamiento agroindustrial y gastronómica.

3.2 Estructura del grano de cereal²

Respecto a su estructura y composición química los granos de los cereales son muy similares, pese a esto el tamaño y la forma de los cereales es muy variable.



Fig. N° 1 Estructura del grano de cereal²

El grano de los cereales está formado por 3 partes:

- 1- **Envolturas**: conforman el salvado y representan el 15 % del peso del grano. A su vez estas envolturas están formadas por el pericarpio y los tegumentos interno y externo.

- Pericarpio: de afuera hacia adentro está formado por tres capas muy delgadas Epicarpio: epidermis o cáscara - Mesocarpio: parte carnosa o comestible - Endocarpio: envoltura gruesa y leñosa que es el carozo
- Tegumento externo o testa: se encuentra a continuación del pericarpio. Este posee celulosa y es rico en pigmentos por lo que le confiere color al grano.
- Tegumento interno o capa hialina: unido íntimamente a la capa aleurona (rica en proteínas) que separa las envolturas del núcleo amiláceo.

2. Endospermo: Se llama también núcleo amiláceo, es la parte interna de la semilla. Representa entre aproximadamente el 85 % del grano. Podemos encontrar una zona periférica de origen proteico, la aleurona y la zona rica en almidón. Cuando eliminamos las envolturas de los granos obtenemos productos ricos en almidón con nada o una mínima cantidad de fibra alimentaria como el arroz blanco o la harina blanca.

3. Germen: También llamado embrión. Representa entre un 2-3 % del grano, este es rico en proteínas, minerales, vitaminas del complejo B, vitamina E y grasas poliinsaturadas. Debido a su elevado contenido en lípidos, es muy probable que se produzca oxidación y rancidez.

3.3 Composición química del grano de cereal ²

Los cereales van a estar constituidos por: agua, proteínas, carbohidratos, lípidos, vitaminas y minerales (La tabla N° 1 muestra la composición química aproximada de los cereales)

- Agua

Los cereales tienen un contenido de agua escaso (15-20 %). Por esto es necesario realizar la cocción a través de líquidos, como agua, caldo o leche.

- Hidratos de carbono

El almidón es el hidrato de carbono más importante y predominante en todos los cereales. Se concentra fundamentalmente en el endospermo. Presentan un bajo contenido de azúcares y oligosacáridos (1-3 %). Otros carbohidratos presentes son aquellos que forman parte de la fibra dietética y constituyen el salvado, entre ellos podemos mencionar la celulosa, pentosanos

(hemicelulosa), beta glucanos (presentes en la avena y cebada). Los pentosanos pueden encontrarse en el endospermo por lo que estarán presentes en las harinas.

- Proteínas

Se encuentran en todas las estructuras, pero la mayor proporción (10-12 %) la encontramos en el endospermo. Los cereales presentan proteínas incompletas, sus aminoácidos limitantes son: la lisina y el triptófano, por eso es necesario suplir esta falta incorporando otros alimentos que lo contengan como las legumbres. Dentro de sus proteínas podemos identificar las albúminas, globulinas y un grupo especial de proteínas propias de los cereales: prolaminas y glutelinas.

- Lípidos

Su contenido lipídico es pobre (1-3 %). Pero algunos de ellos como el sorgo y la avena van a contener un 5-6 % y un 4 % respectivamente. En la avena el mayor contenido lipídico se haya en el endospermo y no en el germen como en el resto de los cereales. Se encuentran triglicéridos, fosfolípidos, esteroides como fitoesterol, tocoferol y vitamina E con actividad antioxidante. Los ácidos grasos saturados se encuentran en un porcentaje de 11-26 % y los no saturados un 72-85 %. Tanto el arroz como la avena son ricos en ácido oleico.

- Minerales

Los cereales aportan minerales en importante cantidad si consideramos el grano entero o harina integrales, debido a que el mayor contenido se encuentra en el salvado y también en el germen. Por lo que, al eliminar el afrecho, estaremos eliminando los mismos. Los más abundantes son: fósforo (gran parte en forma de ácido fítico), potasio, magnesio, hierro.

- Vitaminas

Las del complejo B son las que representan la mayor parte de las vitaminas, se encuentran formando parte de las envolturas del cereal y del germen, por lo cual son aprovechables si se consumen en sus formas integrales. Las vitaminas liposolubles se encuentran en el germen.

Tabla N° 1. Composición química de los cereales (g / 100g de porción comestible)³

Cereales	Humedad	Carbohidratos digeribles	Proteínas	Lípidos	Sustancia minerales	Fibra
Trigo	14.0	56.9	12.7	2.2	1.6	12.6
Arroz	11.8	74.3	6.4	2.4	1.6	3.5
Maíz	12.0	62.4	8.7	4.3	1.6	11.0
Avena	8.9	60.1	12.4	6.4	1.9	10.3
Centeno	15.0	58.9	8.2	1.5	1.8	14.6
Cebada	11.7	56.1	10.6	1.6	2.7	17.3
Sorgo	14.0	59.3	8.3	3.1	1.5	13.8
Mijo	13.0	66.3	5.8	4.6	1.5	8.5

3.4 Tipos de Cereales ⁴

La familia de las gramíneas incluye una gran diversidad de especies de cereales. Algunas de las más importantes para la alimentación humana incluyen el trigo, el arroz, el maíz, la avena, la cebada, el centeno, el mijo y el sorgo, entre otros.

3.4.1 Trigo

Es una planta no perenne que pertenece a la familia de las gramíneas produce un conjunto de frutos modificados que se funcionan con una sola semilla, en espiga terminal y puede ser silvestre o cultivada. De sus granos molidos se saca la harina o sémola. Es muy nutritivo esto es debido a que contiene hidratos de carbono, proteínas, fibra vitamina B y minerales que son esenciales para el humano.

**Fig. N° 2** Granos de Trigo⁵

Clasificación Taxonómica

- Reino: Plantae.
- Clase: Monocotyledonae.
- Orden: Poales.
- Familia: Poaceae.
- Género: Triticum.
- Subespecie: Triticum aestivum L

Características Botánicas

- Tallo: Recto, cilíndrico y hueco, con nudos.
- Hojas: Largas, finas, cintiformes, paralelinervias y terminadas en punta.
- Inflorescencia: Espiga compuesta de un tallo central con entrenudos cortos, llamado raquis.
- Flor: Sin pétalos ni sépalos, con un pistilo y tres estambres.
- Fruto: Cariopsis con el pericarpo soldado al tegumento seminal.
- Raíz: Alcanza más de un metro de profundidad, con la mayoría de ellas en los primeros 25 cm de suelo.

3.4.2 Arroz

El arroz es un cereal y un alimento indispensable para la dieta sana y equilibrada. está presente prácticamente en todas las cocinas del mundo, es el segundo cereal más cultivado en todo el Mundo después el maíz, pero el arroz es el cereal con mayor importancia y más consumido por los humanos y los animales. De todos los cereales en los que se basa la alimentación, el arroz es el cereal consumido por un mayor número de personas, Es muy nutritivo y esto se da porque es una buena fuente de hierro y calcio, así como de vitamina D, niacina, riboflavina y tiamina.



Fig. N° 3 Granos de Arroz⁶

Clasificación Taxonómica

- Reino: Plantae.
- Subreino: Tracheobionta.
- División: Magnoliophyta.
- Clase: Liliopsida.
- Subclase: Commelinidae.
- Orden: Poales.
- Familia: Poaceae, Subfamilia: Ehrhartoidea.
- Tribu: Oryzeae.
- Género: oryza.

Características Botánica

- Tallos: redondos y huecos
- Hojas: Tienen una lámina plana y se unen al tallo por la vaina
- Inflorescencia: Panícula
- Espiguillas: Comprimidas y tienen glumas muy reducidas
- Flor: fértil por espiguilla
- Raíces: Delgadas, fibrosas y fasciculadas
- Dos tipos de raíces: seminales y adventicias secundarias

3.4.3 Maíz

Es el cereal más importante a nivel mundial y en términos económicos, existen diversos colores que caracterizan este grano, lo cual influye en sus componentes nutricionales. Es una especie monocotiledónea anual perteneciente a la familia de las gramíneas la diferencia con otros cereales es, que es una especie monoica, lo que significa que sus inflorescencias masculinas y femeninas se encuentran ubicadas separadas dentro de una misma planta; esto determina además utilización cruzada. El maíz es utilizado tanto en alimentos humanos como animales.



Fig. No. 4 Granos de Maíz⁷

Clasificación Taxonómica

- Reino: Plantae
- Subreino: Traqueobionta (plantas vasculares)
- Superdivisión: Spermatophyta (plantas con semillas)
- División: Magnoliophyta (plantas con flor)
- Clase: Liliopsida (monocotiledóneas)
- Subclase: Commelinidae
- Orden: Poales
- Familia: Poaceae
- Género: Zea
- Especie: mays

Características Botánicas

- Planta Monoica: Es decir, tiene flores masculinas y femeninas en la misma planta.
- Flores Masculinas: Se encuentran en la parte superior de la planta, en forma de panícula.

- Flores Femeninas: Se encuentran a media altura de la planta, en forma de mazorca.
- Hojas: Grandes, estrechas, con márgenes ondulados y están espaciadas de forma alternada en lados opuestos del tallo.
- Brote: Principal termina en una borla estaminada.
- El maíz: Es generalmente protándrico, es decir, la flor masculina madura antes que la flor femenina.

3.4.4 Avena

Un cereal parte que pertenece a la familia Poaceae, Posee distintos usos de Industria con una amplia oferta de productos. La avena es de gran importancia ya que contiene el más alto valor nutricional y biológico ya que aportan muchos beneficios para la salud, por su contenido de proteínas, vitaminas del complejo B. lisina, además de ser una buena fuente de fibra, y presentar bajas cantidades de gluten en relación al trigo.



Fig. No. 5 Hojuelas de avena⁸

Clasificación Taxonómica

- Reino: Plantae
- Subreino: Traqueobionta (plantas vasculares)
- Superdivisión: Spermatophyta (plantas con semillas)
- División: Magnoliophyta (plantas con flor)
- Clase: Liliopsida (monocotiledóneas)
- Subclase: Commelinidae
- Orden: Cyperales

- Familia: Poaceae (gramíneas)
- Género: Avena
- Especie: Avena sativa

Características Botánicas

- Tipo de planta: Es una planta anual
- Altura: Puede medir entre 40 y 150 cm de altura
- Hojas: Son planas, lanceoladas, alternas y de color verde azulado
- Flores: Se agrupan en espiguillas péndulas de dos en dos
- Espiguillas: Están envueltas por dos glumas casi iguales
- Inflorescencia: Es una panícula piramidal, laxa y erguida
- Fruto: Es un grano
- Sistema radicular: es pseudofasciculado
- Tallo: es grueso y poco resistente al vuelco
- Alto coeficiente de transpiración: Por lo que necesita bastante agua

3.4.5 Cebada

La cebada es uno de los cereales genéticamente más diversos. la principal ventaja incorpora la cebada en productos alimenticios para su consumo provienen sus beneficios potenciales para la salud. la efectividad de los beta-glucanos de la cebada para reducir el colesterol en sangre e índice glucémico. la composición total de proteínas de grano de cebada varía entre un 8% y un 13% con diversos tejidos del grano.



Fig. N° 6 Granos de Cebada⁹

Clasificación Taxonómica

- Reino: Plantae
- División: Magnoliophyta
- Clase: Liliopsida
- Orden: Poales
- Familia: Poaceae
- Subfamilia: Pooideae
- Tribu: Triticeae
- Género: Hordeum
- Especie: Hordeum vulgare L.

Características Botánicas

- Hojas: Estrechadas, de color verde claro, con 15-20 nervios, liguladas y con grandes aurículas
- Tallos: Cañas huecas con 7-8 entrenudos, separados por diafragmas nudosos
- Inflorescencia: En espiga, con tres espiguillas en cada nudo del raquis
- Espiguillas: Con una flor cada una, que puede ser fértil solo la flor central (cebada de dos carreras) o las tres flores (cebada de cuatro y seis carreras)
- Glumas: Pequeñas, acuminadas, lema con arista muy larga, escábrida, estrechamente unida al pericarpio junto a la palea
- Granos: Están compuestos por un 3,5% de germen, un 18% de pericarpio y un 78,5% de endospermo

3.4.6 Mijo

El mijo es un grupo de cereales de semilla pequeña que pertenecen a la familia Poaceae. Es un cultivo resistente, con alto contenido proteico y capaz de crecer en condiciones de poca agua, lo que lo hace fundamental en la alimentación en diversas regiones del mundo. El mijo es un cereal clave en la alimentación de muchas culturas, especialmente en Asia y África, y es una excelente opción para dietas sin gluten.



Fig. N° 7 Granos de Mijo¹⁰

Clasificación taxonómica

- Reino: Plantae
- División: Magnoliophyta
- Clase: Liliopsida
- Orden: Poales
- Familia: Poaceae
- Género: Panicum, Setaria, Eleusine, entre otros
- Especie: Panicum miliaceum (mijo común)

Características botánicas

- Raíz: Fibrosa y adaptada a suelos áridos.
- Tallo: Herbáceo, delgado y erecto, con alturas entre 30 cm y 2 m.
- Hojas: Alternas, alargadas y con nervaduras paralelas.
- Inflorescencia: Panícula abierta o compacta, con espiguillas pequeñas.
- Fruto: Cariopse, un grano pequeño de colores variados (amarillo, rojo, negro, blanco).

3.4.7 Sorgo

El sorgo (*Sorghum* spp.) es un cereal de la familia Poaceae, ampliamente cultivado por su resistencia a la sequía y su versatilidad en la alimentación humana y animal. Se utiliza para la producción de harinas, forrajes y bebidas fermentadas. El sorgo es un cultivo clave en regiones

semiáridas debido a su capacidad de adaptación a condiciones extremas. Además, es una excelente alternativa para dietas sin gluten.



Fig. N° 8 Granos de Sorgo¹¹

Clasificación taxonómica

- Reino: Plantae
- División: Magnoliophyta
- Clase: Liliopsida
- Orden: Poales
- Familia: Poaceae
- Género: Sorghum
- Especies principales: Sorghum bicolor (sorgo común)

Características botánicas

- Raíz: Fibrosa y profunda, capaz de alcanzar hasta 2 metros en suelos permeables.
- Tallo: Cilíndrico, erecto y de 1 a 3 metros de altura.
- Hojas: Alternas, lanceoladas y de color verde intenso.
- Inflorescencia: Panícula terminal compacta, con flores hermafroditas.
- Fruto: Cariopse esférico de 3 a 4 mm de diámetro, con colores que varían entre blanco, rojo y amarillo.

3.4.8 Centeno

El centeno (*Secale cereale*) es un cereal de la familia Poaceae, conocido por su resistencia a climas fríos y suelos pobres. Se cultiva principalmente para la producción de harina, pan y forraje. El centeno es un cereal muy resistente, capaz de soportar temperaturas extremas y suelos poco fértiles. Su harina se usa para hacer pan de centeno, conocido por su color oscuro y alto contenido de fibra



Fig. N° 9 Granos de Centeno¹²

Clasificación taxonómica

- Reino: Plantae
- División: Magnoliophyta
- Clase: Liliopsida
- Orden: Poales
- Familia: Poaceae
- Género: Secale
- Especie: *Secale cereale*

Características botánicas

- Raíz: Fibrosa y profunda, adaptada a suelos arenosos y ácidos.
- Tallo: Flexible, hueco y con nudos estructurales, alcanzando hasta 2 metros de altura.
- Hojas: Estrechadas, lanceoladas y de color verde azulado.
- Inflorescencia: Espiga larga y delgada, con espiguillas distribuidas a lo largo de un eje.
- Fruto: Cariopse alargado y puntiagudo, de color amarillo grisáceo.

3.4.9 Quinoa

La quinoa (*Chenopodium quinoa*) es un pseudocereal altamente nutritivo, originario de los Andes. Aunque se consume como un grano, pertenece a la familia Amaranthaceae y es conocida por su resistencia a condiciones climáticas extremas. La quinoa es apreciada por su alto contenido proteico y su perfil de aminoácidos esenciales, lo que la convierte en un alimento clave para la seguridad alimentaria global.



Fig. N° 10 Granos de Quinoa¹³

Fuente: Angel, J. Investigación del cultivo de Quinoa y sus variedades

Clasificación taxonómica

- Reino: Plantae
- División: Magnoliophyta
- Clase: Magnoliopsida
- Orden: Caryophyllales
- Familia: Amaranthaceae
- Género: *Chenopodium*
- Especie: *Chenopodium quinoa*

Características botánicas

- Raíz: Fibrosa y profunda, adaptada a suelos áridos.
- Tallo: Cilíndrico, ramificado o no, con alturas de 1 a 3 metros.
- Hojas: Alternas, anchas y polimorfas, con tonalidades verdes o rojizas.
- Inflorescencia: Panícula terminal con flores pequeñas sin pétalos.
- Fruto: Utrículo con semillas lenticulares de aproximadamente 2 mm de diámetro.

3.4.10 Amaranto

El amaranto (*Amaranthus* spp.) es un pseudocereal altamente nutritivo, perteneciente a la familia *Amaranthaceae*. Se cultiva por sus semillas ricas en proteínas y su capacidad de adaptación a condiciones climáticas extremas. El amaranto es una planta de rápido crecimiento y gran eficiencia fotosintética, lo que la hace ideal para regiones con escasez de agua. Su cultivo se ha extendido a diversas partes del mundo debido a su valor nutricional y resistencia.

Clasificación taxonómica

- Reino: Plantae
- División: Magnoliophyta
- Clase: Magnoliopsida
- Orden: Caryophyllales
- Familia: *Amaranthaceae*
- Género: *Amaranthus*
- Especies principales: *Amaranthus cruentus*



Fig. N° 11 Planta y granos de Amaranto

Fuente: Equipo Editorial de HerbaZest: Amaranto

Características botánicas

- Raíz: Axonomorfa, con ramificaciones secundarias que facilitan la absorción de agua
- Tallo: Cilíndrico, erecto y acanalado, con colores que varían entre verde y púrpura.
- Hojas: Alternas, ovaladas y con nervaduras prominentes.
- Inflorescencia: Panoja terminal con flores pequeñas de colores vibrantes (rojo, amarillo, púrpura).
- Fruto: Utrículo con semillas diminutas, altamente nutritivas.

CAPÍTULO IV

4.0 PRODUCTO FINAL

Como parte de las evaluaciones programadas en la segunda cohorte del Diplomado de Especialización en Análisis Químico de los Alimentos, impartido durante los meses de septiembre de 2024 a marzo de 2025, se realizó una búsqueda bibliográfica para recopilar todos los trabajos de investigación que se han realizado en la Universidad de El Salvador relacionados con el tema de cereales en el período comprendido de 2014 al 2024. La investigación fue realizada en las diferentes bibliotecas de todas las Facultades de la Universidad de El Salvador, a través del repositorio institucional.

En total se identificaron 38 investigaciones, distribuidas por Facultad, de la siguiente manera:

- Facultad de Química y Farmacia: 10 trabajos de investigación
- Facultad de Ciencias Agronómicas: 11 trabajos de investigación
- Facultad de Ingeniería y Arquitectura: 8 trabajos de investigación
- Facultad Multidisciplinaria de Oriente: 2 trabajos de investigación
- Facultad Multidisciplinaria Paracentral: 7 trabajos de investigación

En la tabla No. 2 muestra un listado de los trabajos recolectados detallando título, autor(es), año de publicación y el enlace del repositorio de la Biblioteca de la Universidad de El Salvador donde se pueden encontrar las publicaciones completas.

Tabla N° 2. Listado de investigaciones relacionadas con cereales generadas en la Universidad de El Salvador en el período de 2014 a 2024.

FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA – LICENCIATURA EN QUÍMICA Y FARMACIA			
TÍTULO	AUTOR(ES)	AÑO	ENLACE DEL REPOSITORIO
Diseño de una propuesta de práctica de laboratorio para la determinación del hierro en la harina de maíz nixtamalizada por método espectrofotométrico uv-vis.	Flor De María Márquez Trejo Leticia Abigail Mendoza Godoy	Octubre /2024	https://repositorio.ues.edu.sv/bitstreams/5fb784aa-8fdf-44f8-b745-a70e5f1ae427/download
Determinación del contenido de proteínas en la semilla tostada de amaranto (<i>Amaranthus cruentus</i>) mediante el método de Kjeldahl	García Sierra, Ana Gabriela Gómez Castillo, Karen Beatriz	Septiembre/ 2024	https://repositorio.ues.edu.sv/bitstreams/7ff6b003-6e10-4df0-8557-1b0acc1facb1/download
Cuantificación de taninos en seis líneas genéticas de <i>Sorghum bicolor</i> L. (Sorgo) utilizadas como patrón para el mejoramiento genético	Marvin Alexander Gálvez Marroquín Romeo Ulises Núñez Serrano	Junio/2024	https://repositorio.ues.edu.sv/bitstreams/3fbfe863-b088-43f5-a6a2-35323577586f/download
Determinación de deoxinivalenol (DON) en maíz (<i>Zea mays</i>) mediante el método de inmunoadsorción enzimática (ELISA) competitivo	Luis Ovaldo Almazán Álvarez	Diciembre/2019	https://repositorio.ues.edu.sv/bitstreams/00507a15-e469-423b-bb06-af9ff0d90459/download
Determinación del análisis bromatológico proximal y de minerales en pupusas de <i>Zea mays</i> (Maiz) con relleno de hojas de <i>Moringa oleífera</i> (Teberinto) como alternativa nutricional	Rocío Yamileth Amaya	Mayo/2019	https://repositorio.ues.edu.sv/bitstreams/0f5246b1-55cd-4fc7-84ff-6040d686741e/download
Cuantificación de taninos y análisis bromatológico proximal en cuatro variedades de grano de <i>Sorghum bicolor</i> L. Moench (Sorgo) cultivadas en El Salvador.	Karen Lizeth Alvarado Martínez	Noviembre / 2017	https://repositorio.ues.edu.sv/bitstreams/1df7d55e-b298-431d-8473-24d68278a37d/download

Determinación del análisis bromatológico proximal y minerales en pupusas a base de Zea mays (maíz), comercializadas dentro y en los alrededores del campus central de la Universidad de El Salvador	Guillermo Jacob Pineda Magaña Edwin Daniel Rivera Sánchez	Noviembre / 2016	https://repositorio.ues.edu.sv/bitstreams/5f5264c8-ed11-4ef1-a514-56c3268a9235/download
Recopilación de investigaciones que se han desarrollado en la universidad de el salvador de productos alimenticios para consumo humano elaborados con base en Amaranthus spp (Amaranto) y sus mezclas.	Víctor Manuel Córdova Mendoza	Mayo / 2016	https://repositorio.ues.edu.sv/bitstreams/2c7671ac-b4ef-4954-844a-382b4e7db3c9/download
Propuesta de formulación de galletas elaboradas con harina compuesta de Amaranthus cruentus (Amaranto) Y Sorghum bicolor L. Moench (Sorgo).	Mónica Patricia Guzmán Urrutia Pamela Guadalupe López Lemus	Abril / 2015	https://repositorio.ues.edu.sv/bitstreams/ea4ed38c-900b-4b6b-b404-81a6ec320652/download
Cuantificación de plomo y arsénico en el arroz del Programa de Alimentación y Salud Escolar de El Salvador	Beatriz Gabriela López Linares Katia Melisa López Flores	Marzo / 2015	https://repositorio.ues.edu.sv/bitstreams/04f34d62-410c-4e99-8f36-24e3f89807b5/download
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS – INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL			
TÍTULO	AUTOR(ES)	AÑO	ENLACE DEL REPOSITORIO
Evaluación de una mezcla farinácea de sorgo (Sorghum spp L.) y maíz (Zea mays L.) en sustitución parcial del trigo (Triticum durum L.) como una alternativa alimenticia en la elaboración de pastas y su influencia en las características organolépticas.	Peña Trejo, Claudia Stefany	Abril / 2024	https://repositorio.ues.edu.sv/bitstreams/1f7da8fe-8a84-4ff0-9a4f-a30b1f5311c5/download
Evaluación de la aceptabilidad de una horchata nutritiva elaborada con cereales, maní, marañón,	Guevara Chávez, Debbie Alejandrina	Junio / 2021	https://repositorio.ues.edu.sv/bitstreams/2b2a202a-39a7-4e04-a71f-55874cfcbb83/download

ajonjolí y girasol en la Universidad de El Salvador para su estandarización.	Tovar Blanco, Stanley Wilfrido		
Desarrollo de una bebida nutritiva instantánea a base de sorgo, arroz y soya en apoyo a los programas de alimentación escolar en el salvador	Alfaro Medina, Rafael Antonio García Martínez, José Benjamín Méndez Cárcamo, Miguel Efraín	Mayo / 2016	https://repositorio.ues.edu.sv/bitstreams/299e3d5d-2a85-40b0-8618-6e5370fe3470/download
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS – INGENIERÍA AGRONÓMICA			
TÍTULO	AUTOR(ES)	AÑO	ENLACE DEL REPOSITORIO
Evaluación del efecto de dos fertilizantes foliares quelatados en el rendimiento de biomasa y calidad del ensilaje de sorgo rojo (Sorghum bicolor) CENTA-CF en San Luis Talpa, La Paz, El Salvador.	José Alberto Domínguez Saravia	2023	https://repositorio.ues.edu.sv/bitstreams/8fdeca20-fa92-4b41-b11e-f65373047a7f/download
Guía para la reconversión de una unidad productiva convencional basada en maíz, hacia una agricultura agroecológica con sistema milpa.	Fredis Adalberto Chavarría Telles	Febrero / 2022	https://repositorio.ues.edu.sv/bitstreams/6a2363c9-1809-4c64-8c4a-ab1f659cf136/download
Bases teóricas del efecto alelopático de la maleza (Cyperus rotundus), en la germinación y desarrollo en los cultivos de maíz (Zea mays L.) y frijol común (Phaseolus vulgaris L.)	Jacob Eliezer Carpio Vásquez Luis Antonio Urbina Castillo Juan Carlos Sánchez Cortez	Noviembre / 2021	https://repositorio.ues.edu.sv/bitstreams/5eb3d044-adc5-478a-87ce-16a423347ea3/download
Control biológico del pulgón amarillo del sorgo (Melanaphis sacchari) (Zehntner) con cuatro formulaciones comerciales de hongos entomopatógenos en condiciones de invernadero.	Keny Zenaida Orellana Martínez	Octubre / 2017	https://repositorio.ues.edu.sv/bitstreams/7c3022c3-ab60-4c6a-ae26-750dd53e5ed2/download

Método de mapeo digital para una aproximación a la interpretación de la fertilidad de suelos y su relación con el rendimiento de maíz (zea mays), en el municipio de Comarcarán, San Miguel, El Salvador.	Torres Gámez, Luis David Vásquez Méndez, Fernando José	Octubre / 2017	https://repositorio.ues.edu.sv/bitstreams/8ddb68d5-cfae-43e0-a720-9fbe88ce2746/download
Evaluación del comportamiento productivo de dos germoplasmas de maíz (zea mays l.) variedad centa pasaquina e híbrido h-59 a diferentes períodos de estrés hídrico en el marco del cambio climático.	Fredy Alexander Quinteros Hernández	Febrero / 2017	https://repositorio.ues.edu.sv/bitstreams/a43b5ac3-d443-4f08-827e-19e9906ef07c/download
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS – MAESTRÍA EN AGRICULTURA SOSTENIBLE			
TÍTULO	AUTOR(ES)	AÑO	ENLACE DEL REPOSITORIO
Evaluación de la adopción y sostenibilidad de los sistemas de producción (Zea mays y Phaseolus vulgaris) con prácticas de Agua y Suelo para la Agricultura, municipio de San Simón, departamento de Morazán, El Salvador.	Ing. Agr. Juan José Ayala González.	Octubre / 2022	https://repositorio.ues.edu.sv/bitstreams/d2ef614c-d3d4-49a9-909a-e13361dbd2be/download
“Caracterización morfoagronómica de 15 accesiones de sorgo (Sorghum bicolor L. Moench) con bajo contenido de lignina”	Ing. Agr. Dora Antonia Villeda Castillo	Enero/2014	https://repositorio.ues.edu.sv/bitstreams/4554d75f-4ea2-4e06-a3b3-e784616e4b24/download
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA- INGENIERÍA EN ALIMENTOS			
TÍTULO	AUTOR(ES)	AÑO	ENLACE DEL REPOSITORIO
Propuesta del desarrollo tecnológico de la elaboración de bebidas naturales nutritivas endulzadas con miel de agave (Agave tequilana). Caso de Estudio: Avena (Avena sativa l.)	Carlos Daniel Rivas Alberto Fátima Guadalupe Ramírez Flores Kevin Alexander Martínez Moya	Febrero / 2024	https://repositorio.ues.edu.sv/bitstreams/282afea2-feb1-4b4e-9fb3-0826c321b29d/download

Desarrollo de una barra energética a partir de sorgo (<i>Sorghum bicolor</i> l.) expandido, como innovación del producto alimenticio tradicional denominado en el salvador como alboroto	Rosario Guadalupe García Villalobos	Marzo / 2022	https://repositorio.ues.edu.sv/bitstreams/c9a15478-1984-4da6-9cd5-8083f5fca50f/download
Diseño de una planta procesadora de pasta tipo tallarines a base de harinas de yuca (<i>Manihot esculenta</i>), Arroz (<i>Oryza sativa</i>) y Moringa (<i>Moringa oleífera</i>)	Ayra Abigail Anzora Bernal Luis Ricardo Mejía Siguenza Salvador Elías Monge Acevedo	Marzo / 2019	https://repositorio.ues.edu.sv/bitstreams/65968fb3-4658-4d94-aa30-2a3530a70c15/download
“Formulación y Caracterización de una Biopelícula Comestible elaborada a partir de Almidón de Sorgo (<i>Sorghum BICOLOR</i> (L.) Moench) Y Yuca (<i>Manihot ESCULENTA</i>)”	Arévalo Alvarenga, Verónica Lissette Azucena Peña, Gerson Arnoldo Laínez Amaya, Sandra Elisa	Enero / 2018	https://repositorio.ues.edu.sv/bitstreams/a80e07ef-1b83-4344-b2cd-56f85ae024ad/download
Obtención de una Harina Compuesta de Trigo, Semilla de Ojushte (<i>Brosimum Alicastrum</i>) y de Plátano (<i>Musa Sapientum</i>), para la Formulación de Productos de Panadería	Isaac Salomón Alvarado Colorado Marcela María Miranda Torres Gabriela Beatríz Rosales Barrera Iliana Yormy Tobar Menjívar	Febrero / 2016	https://repositorio.ues.edu.sv/bitstreams/017d53f1-c662-44aa-93b7-325ef2ed29b3/download
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA- INGENIERÍA INDUSTRIAL			
TÍTULO	AUTOR(ES)	AÑO	ENLACE DEL REPOSITORIO
Diseño de una máquina para la obtención de harina de arroz enfocado a la micro y pequeña empresa (MyPE) en el salvador	Roberto Carlos Bernal Cardoza José Roberto Marín Pérez Raúl Ernesto Ruiz Alvarado	Abril / 2024	https://repositorio.ues.edu.sv/bitstreams/7a85a74e-4a36-4c7c-93cb-ef2118f474a8/download

Modelo de Desarrollo para el Municipio de Chinameca a través de sus productos identitarios a base de maíz horneado	Acosta Umaña Eduardo Francisco Alvarado Contreras Xenia Jenifer Pacheco Guerra Alejandra María	Octubre / 2020	https://repositorio.ues.edu.sv/bitstreams/c032a835-59ae-4440-b729-99c13e2d2c95/download
Estudio de factibilidad para la producción y comercialización de bebidas biofortificadas a partir de maíz y sorgo	Wilber Omar Aguilar Ferrufino Ricardo Alfredo Guzmán Jiménez Miguel José Jovel Cortez	Enero / 2015	https://repositorio.ues.edu.sv/bitstreams/e8e1f1b0-a5f3-4f4d-b6a0-c45530ecd4a8/download
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE ORIENTE - INGENIERÍA AGRONÓMICA			
TÍTULO	AUTOR(ES)	AÑO	ENLACE DEL REPOSITORIO
Evaluación del rendimiento de maíz (zea mays), var. H-59, bajo diferentes frecuencias de fertilización química, durante la etapa fenológica de desarrollo vegetal a formación de grano	Juan Edgardo Cárcamo Escobar. Julio Cesar Portillo Hernández. Luis Manuel Serrano Ortiz.	Enero/2018	https://repositorio.ues.edu.sv/bitstreams/8bba6905-00de-42bc-8bdf-812a8e08a83f/download
Evaluación del rendimiento de maíz blanco Var. HG-5b, utilizando diferentes niveles de hongo micorrizógeno (Glomus SP) a la siembra	José Lázaro Hernández Tomás Enrique Martínez Ramírez Oscar Evelio Nieto Montano	Octubre /2015	https://repositorio.ues.edu.sv/bitstreams/40345d49-3f22-462b-9cd3-ce5d3e9e3079/download
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA PARACENTRAL - INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL			
TÍTULO	AUTOR(ES)	AÑO	ENLACE DEL REPOSITORIO
Preparación de galleta nutritiva a base de sorgo [Sorghum bicolor (L.) Moench] y moringa (Moringa oleifera Lam.), con diferentes formulaciones en el municipio y departamento de San Vicente	Alberto Antonio Flores Morán	Septiembre/ 2020	https://repositorio.ues.edu.sv/bitstreams/d3aaffc0-884a-4f44-b0c1-29b34917e0b7/download

Elaboración de manual integrado de plagas en granos en almacén (frijol, maíz, arroz y sorgo) para la planta del centro de negocios y servicios de granos básicos de ACAASS de. R.L.	José Erick Amaya Amaya	Diciembre/2 017	https://repositorio.ues.edu.sv/bitstreams/fc20f8f5-7896-4c3a-bec0-a53a1cb61aff/download
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA PARACENTRAL - INGENIERÍA AGRONÓMICA			
TÍTULO	AUTOR(ES)	AÑO	ENLACE DEL REPOSITORIO
Alimentación de pollo de engorde (<i>Gallus gallus domesticus</i> L.) en fase final con concentrado comercial y forraje de maíz (<i>Zea mays</i> L.) y sorgo [<i>Sorghum bicolor</i> (L) Moench], Santa Clara, San Vicente	Romero Alfaro, Edwin Candelario	Julio/2021	https://repositorio.ues.edu.sv/bitstreams/0d93c913-225c-4b65-988a-471e0ed51b1e/download
Alimentación de vacas encastadas lactantes con forraje verde hidropónico de maíz complementado con silaje de sorgo de marzo a julio de 2016, Cantón Chamoco, departamento de San Vicente	Acosta Najarro, Eduardo Luis Ramírez Díaz, Edgar Antonio Urías González, Sandra Beatriz	Agosto /2017	https://repositorio.ues.edu.sv/bitstreams/c7c32b1b-f2c8-4098-b0d8-f7b5c79af286/download
Caracterización agronómica básica de las principales variedades de maíz criollo que se cultivan en cinco municipios del departamento de Cuscatlán	Vásquez Gutiérrez, Manuel de Jesús Martínez Flores, Lony Henry González Díaz, Henry Jonatan	Agosto /2016	https://repositorio.ues.edu.sv/bitstreams/2d7845df-bfa6-4ba5-8540-115949d43664/download
Adopción de semillas nativas de maíz por pequeños productores participantes del programa de agricultura sostenible de Cáritas Diócesis de San Vicente en sus principales zonas de influencia.	Acevedo García, Jorge Wilfredo Barrera Mercado, Yessica Carolina Umaña Escoto, Lázaro Humberto	2015	https://repositorio.ues.edu.sv/bitstreams/a14304ae-4133-4522-9211-b292ea754c2c/download

Insectos asociados a maíz (<i>Zea mays</i> L.) almacenado, en las comunidades San Francisco Iraheta y Potrerillos, Municipio de Ilobasco, Cabañas y Los Laureles, Municipio de San Sebastián, San Vicente	Ochoa, José Antonio Pérez Amaya, Luis Javier Navas Hernández, Rodolfo Adalberto	2014	https://repositorio.ues.edu.sv/bitstreams/8e332b07-a983-415c-9fdf-ab86defdb838/download
--	---	------	---

Fuente: Elaboración propia

Del total de investigaciones recopiladas, se seleccionaron 15 trabajos para elaborar una ficha técnica con información clave que permita comprender el estudio de manera rápida y organizada. Las fichas técnicas se organizaron por Facultad y en orden cronológico descendente y cada una resume los elementos esenciales de cada investigación, entre ellos: Título, Autor(es), Año de publicación, Resumen, Introducción, Materiales, Resultados, Discusión, Conclusiones, Recomendaciones y Bibliografía, ver Figura N°12.

TITULO
Autor(es) Año de publicación
RESUMEN
Palabras Clave:
ABSTRACT
Key Words
INTRODUCCIÓN
EQUIPO E INSTRUMENTACIÓN
PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL
RESULTADOS
ANÁLISIS DE RESULTADOS
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

Fig. N° 12 Formato de ficha técnica para resúmenes de investigaciones recopiladas

Fuente: Elaboración propia

La selección de los trabajos se realizó bajo los siguientes criterios:

- Se presenta a los cereales como una fuente importante de nutrientes, los cuales son aprovechados en diversos procesos tecnológicos, químicos y bioquímicos
- Se exponen propuestas para obtención de productos innovadores (harinas, mezclas alimenticias, productos de panificación, elaboración de galletas, elaboración de fideos y otros) cuya producción está basada en cereales.
- Se aborda la evaluación de calidad y el análisis bromatológico proximal de productos de alto consumo elaborados a base de cereales.

Los trabajos seleccionados pertenecen a las siguientes Facultades y carreras:

- Facultad de Química y Farmacia – Licenciatura en Química y Farmacia: 5 trabajos
- Facultad de Ciencias Agronómicas – Ingeniería Agroindustrial: 3 trabajos
- Facultad de Ingeniería y Arquitectura – Ingeniería en Alimentos: 5 trabajos
- Facultad de Ingeniería y Arquitectura – Ingeniería Industrial: 1 trabajo
- Facultad Multidisciplinaria Paracentral – Ingeniería Agroindustrial: 1 trabajo

La tabla N° 3 muestra la selección de trabajos detallando título, autor(es), año de publicación y el enlace del repositorio de la Biblioteca de la Universidad de El Salvador donde se pueden encontrar las publicaciones completas. Cada una de las investigaciones incluidas en la tabla N° 3 fueron leídas antes de realizar sus fichas técnicas.

Tabla N° 3. Listado de investigaciones seleccionadas para redacción de ficha técnica

FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA – LICENCIATURA EN QUÍMICA Y FARMACIA			
TÍTULO	AUTOR(ES)	AÑO	ENLACE DEL REPOSITORIO
Determinación del contenido de proteínas en la semilla tostada de amaranto (<i>Amaranthus cruentus</i>) mediante el método de Kjeldahl	García Sierra, Ana Gabriela Gómez Castillo, Karen Beatriz	Septiembre/2024	https://repositorio.ues.edu.sv/bitstream/7ff6b003-6e10-4df0-8557-1b0acc1facb1/download
Determinación del análisis bromatológico proximal y de minerales en pupusas de Zea mays (Maíz) con relleno de hojas de Moringa oleífera (Teberinto) como alternativa nutricional	Rocío Yamileth Amaya	Mayo/2019	https://repositorio.ues.edu.sv/bitstream/ams/0f5246b1-55cd-4fc7-84ff-6040d686741e/download
Determinación del análisis bromatológico proximal y minerales en pupusas a base de Zea mays (maíz), comercializadas dentro y en los alrededores del campus central de la Universidad de El Salvador	Guillermo Jacob Pineda Magaña Edwin Daniel Rivera Sánchez	Noviembre /2016	https://repositorio.ues.edu.sv/bitstream/ams/5f5264c8-ed11-4ef1-a514-56c3268a9235/download
Recopilación de investigaciones que se han desarrollado en la universidad de el salvador de productos alimenticios para consumo humano elaborados con base en <i>Amaranthus</i> spp (Amaranto) y sus mezclas.	Víctor Manuel Córdova Mendoza	Mayo / 2016	https://repositorio.ues.edu.sv/bitstream/ams/2c7671ac-b4ef-4954-844a-382b4e7db3c9/download
Propuesta de formulación de galletas elaboradas con harina compuesta de <i>Amaranthus cruentus</i> (Amaranto) Y <i>Sorghum bicolor</i> L. Moench (Sorgo).	Mónica Patricia Guzmán Urrutia Pamela Guadalupe López Lemus	Abril / 2015	https://repositorio.ues.edu.sv/bitstream/ams/ea4ed38c-900b-4b6b-b404-81a6ec320652/download

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS – INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL			
TÍTULO	AUTOR(ES)	AÑO	ENLACE DEL REPOSITORIO
Evaluación de una mezcla farinácea de sorgo (<i>Sorghum spp L.</i>) y maíz (<i>Zea mays L.</i>) en sustitución parcial del trigo (<i>Triticum durum L.</i>) como una alternativa alimenticia en la elaboración de pastas y su influencia en las características organolépticas.	Peña Trejo, Claudia Stefany	Abril / 2024	https://repositorio.ues.edu.sv/bitstreams/1f7da8fe-8a84-4ff0-9a4f-a30b1f5311c5/download
Evaluación de la aceptabilidad de una horchata nutritiva elaborada con cereales, maní, marañón, ajonjolí y girasol en la Universidad de El Salvador para su estandarización.	Guevara Chávez, Debbie Alejandrina Tovar Blanco, Stanley Wilfrido	Junio / 2021	https://repositorio.ues.edu.sv/bitstreams/2b2a202a-39a7-4e04-a71f-55874cfcbb83/download
Desarrollo de una bebida nutritiva instantánea a base de sorgo, arroz y soya en apoyo a los programas de alimentación escolar en el salvador	Alfaro Medina, Rafael Antonio García Martínez, José Benjamín Méndez Cárcamo, Miguel Efraín	Mayo / 2016	https://repositorio.ues.edu.sv/bitstreams/299e3d5d-2a85-40b0-8618-6e5370fe3470/download
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA- INGENIERÍA EN ALIMENTOS			
TÍTULO	AUTOR(ES)	AÑO	ENLACE DEL REPOSITORIO
Propuesta del desarrollo tecnológico de la elaboración de bebidas naturales nutritivas endulzadas con miel de agave (Agave tequilana). Caso de Estudio: Avena (<i>Avena sativa L.</i>)	Carlos Daniel Rivas Alberto Fátima Guadalupe Ramírez Flores Kevin Alexander Martínez Moya	Febrero / 2024	https://repositorio.ues.edu.sv/bitstreams/282afea2-feb1-4b4e-9fb3-0826c321b29d/download

Desarrollo de una barra energética a partir de sorgo (<i>Sorghum bicolor</i> L.) expandido, como innovación del producto alimenticio tradicional denominado en el salvador como alboroto	Rosario Guadalupe García Villalobos	Marzo / 2022	https://repositorio.ues.edu.sv/bitstream/ams/c9a15478-1984-4da6-9cd5-8083f5fca50f/download
Diseño de una planta procesadora de pasta tipo tallarines a base de harinas de yuca (<i>Manihot esculenta</i>), Arroz (<i>Oryza sativa</i>) y Moringa (<i>Moringa oleífera</i>)	Ayra Abigail Anzora Bernal Luis Ricardo Mejía Siguenza Salvador Elías Monge Acevedo	Marzo / 2019	https://repositorio.ues.edu.sv/bitstream/ams/65968fb3-4658-4d94-aa30-2a3530a70c15/download
“Formulación y Caracterización de una Biopelícula Comestible elaborada a partir de Almidón de Sorgo (<i>Sorghum BICOLOR</i> (L.) Moench) Y Yuca (<i>Manihot ESCULENTA</i>)”	Arévalo Alvarenga, Verónica Lissette Azucena Peña, Gerson Arnoldo Laínez Amaya, Sandra Elisa	Enero / 2018	https://repositorio.ues.edu.sv/bitstream/ams/a80e07ef-1b83-4344-b2cd-56f85ae024ad/download
Obtención de una Harina Compuesta de Trigo, Semilla de Ojushte (<i>Brosimum Alicastrum</i>) y de Plátano (<i>Musa Sapientum</i>), para la Formulación de Productos de Panadería	Isaac Salomón Alvarado Colorado Marcela María Miranda Torres Gabriela Beatríz Rosales Barrera Iliana Yormy Tobar Menjívar	Febrero / 2016	https://repositorio.ues.edu.sv/bitstream/ams/017d53f1-c662-44aa-93b7-325ef2ed29b3/download
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA- INGENIERÍA INDUSTRIAL			
TÍTULO	AUTOR(ES)	AÑO	ENLACE DEL REPOSITORIO
Estudio de factibilidad para la producción y comercialización de bebidas biofortificadas a partir de maíz y sorgo	Wilber Omar Aguilar Ferrufino	Enero / 2015	https://repositorio.ues.edu.sv/bitstream/ams/e8e1f1b0-a5f3-4f4d-b6a0-c45530ecd4a8/download

	Ricardo Alfredo Guzmán Jiménez Miguel José Jovel Cortez		
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA PARACENTRAL - INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL			
TÍTULO	AUTOR(ES)	AÑO	ENLACE DEL REPOSITORIO
Preparación de galleta nutritiva a base de sorgo [<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench] y moringa (<i>Moringa oleifera</i> Lam.), con diferentes formulaciones en el municipio y departamento de San Vicente	Alberto Antonio Flores Morán	Septiembre/2020	https://repositorio.ues.edu.sv/bitstream/d3aaffc0-884a-4f44-b0c1-29b34917e0b7/download

Fuente: Elaboración propia

FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA – LICENCIATURA EN QUÍMICA Y FARMACIA**DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE PROTEÍNAS EN LA SEMILLA TOSTADA DE AMARANTO (*Amaranthus cruentus*) MEDIANTE EL MÉTODO DE KJELDAHL**

Ana Gabriela García Sierra
Karen Beatriz Gómez Castillo

Septiembre 2024

RESUMEN

Las proteínas son esenciales en la dieta humana debido a los aminoácidos que contienen, los cuales son fundamentales para funciones como la reparación y fortalecimiento de las células. El estudio se centra en detectar proteínas en la semilla tostada de amaranto, un alimento destacado por su alto contenido proteico comparable con las proteínas animales.

El análisis químico de alimentos utiliza técnicas diversas para determinar las características de los alimentos, incluyendo la determinación del contenido de proteínas mediante el método Kjeldahl. Este método se basa en tres etapas: digestión, destilación y valoración. La práctica propuesta detalla la preparación de reactivos, la muestra, y la determinación de nitrógeno y su conversión a proteínas, siguiendo normas específicas para evaluar el valor nutricional del amaranto cultivado en el país.

Las especificaciones y métodos de ensayo para el grano de amaranto destinado al consumo humano están sustentados en una norma específica, aunque en El Salvador no existe una base regulatoria similar.

Palabras Clave: Amaranto, Proteínas, Análisis alimentos

ABSTRACT

Proteins are essential in the human diet due to the amino acids they contain, which are fundamental for functions such as cell repair and strengthening. The study focuses on detecting proteins in toasted amaranth seed, a food known for its high protein content comparable to animal proteins.

Chemical analysis of food uses various techniques to determine the characteristics of food, including the determination of protein content using the Kjeldahl method. This method is based on three stages: digestion, distillation and titration. The proposed practice details the preparation of reagents, the sample, and the determination of nitrogen and its conversion to proteins, following specific standards to evaluate the nutritional value of amaranth grown in the country.

The specifications and testing methods for amaranth grain intended for human consumption are supported by a specific standard, although in El Salvador there is no similar regulatory basis.

Key Words: Amaranth, Proteins, Food analysis

INTRODUCCIÓN

La semilla de amaranto ha capturado la atención de investigadores y productores de alimentos debido a su contenido de nutrientes, donde destaca en primera instancia el alto contenido de proteínas (12-18%) rica en lisina y con niveles aceptables de triptófano y metionina, que generalmente se encuentran en bajas concentraciones en cereales y leguminosas de consumo cotidiano, además, cabe destacar que la biodisponibilidad de la proteína de este pseudocereal es alta en comparación con cereales comunes y cercano a los valores de proteínas animales.

El Análisis químico de alimentos se encarga de estudiar las características químicas y físicas de los alimentos y las interacciones que ocurren durante su procesamiento hasta llegar al consumidor final, para determinar la calidad, seguridad y valor nutricional que poseen. La determinación de proteínas en los

alimentos es un ejemplo de análisis químico. Para la determinación de proteínas presentes en los alimentos se utilizan métodos analíticos estandarizados, entre los que se incluye el método Kjeldahl. Los fundamentos del procedimiento fueron desarrollados en 1883 por el danés Johan Kjeldahl para analizar el nitrógeno orgánico. El método de análisis implica la determinación indirecta de las proteínas después de la determinación del contenido de nitrógeno total en las muestras de alimentos nitrógeno que luego se cuantifica mediante una técnica de titulación. La cantidad de proteínas se calcula a partir de la concentración de nitrógeno en el alimento utilizando un factor de conversión.

En la práctica propuesta para determinar proteína en una muestra de semilla tostada de amaranto se ha considerado la utilización de los equipos e insumos de laboratorio de la Facultad de Química y Farmacia, detallando los pasos a seguir y los cálculos necesarios para obtener la cantidad de proteínas expresado en porcentaje según la Norma NMX-F-608-NORMEX-2011.

EQUIPOS E INSTRUMENTACIÓN

MATERIALES Y EQUIPOS

- Tubo o matraces de digestión de 250 mL, de 850 mL o los que apliquen al equipo digestor.
- Matraces volumétricos.
- Pipetas volumétricas.
- Perlas de vidrio.
- Bureta de vidrio.
- Vasos de precipitado de diferentes capacidades.
- Matraces Erlenmeyer de diferentes capacidades.
- Balanza analítica.
- Papel film.
- Parrilla de calentamiento con agitación, con regulador de temperatura.
- Digestor de proteínas automatizado con control de temperaturas, Kjeldahl tradicional o cualquier otro equipo con características de funcionamiento similares.
- Destilador de proteínas tradicional.
- Soporte de laboratorio
- Papel tornasol

REACTIVOS

- Ácido sulfúrico concentrado.
- Ácido Clorhídrico.
- Sulfato de potasio.
- Sulfato de cobre pentahidratado.
- Catalizadores ó mezcla de catalizadores (Kjeltabs)
- Hidróxidos de sodio en lentejas.
- Indicador Rojo de metilo.
- Indicador verde de bromocresol.
- Agua destilada.
- Carbonato de sodio (MRC) o de pureza no menor a 99.95%

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Fundamento del Método Kjeldahl

El método se basa en la determinación de la cantidad de nitrógeno contenido en productos alimentarios, y comprende dos pasos consecutivos:

- La descomposición de la materia orgánica bajo calentamiento en presencia de ácido sulfúrico concentrado.
- El registro de la cantidad de amoniaco obtenida de la muestra.

Durante el proceso de descomposición ocurre la deshidratación y carbonización de la materia orgánica, combinada con la oxidación de carbono a dióxido de carbono. El nitrógeno es transformado a amoniaco que se retiene en la disolución como sulfato de amonio. La recuperación del nitrógeno, y la velocidad del proceso pueden ser incrementadas adicionando sales que abaten la temperatura de descomposición (sulfato de potasio), o por la adición de oxidantes (peróxido de hidrógeno, tetracloruro, persulfato o ácido crómico) y por la adición de un catalizador.

El método de Kjeldahl consta de las siguientes etapas:

- Digestión: $\text{Proteína} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CO}_2 + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{SO}_2$
- Destilación: $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{NH}_3 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ (recibiendo en HCl)
 $\text{NH}_3 + \text{H}_3\text{BO}_3 \rightarrow \text{NH}_4\text{H}_2\text{BO}_3$ (recibiendo en H_3BO_3)
- Titulación: (si se recibió en HCl) $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{HCl} + \text{NaOH} \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl} + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$
 (si se recibió en H_3BO_3) $\text{NH}_4\text{H}_2\text{BO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{H}_3\text{BO}_3 + \text{NH}_4\text{Cl}$

En la mezcla de digestión se incluye sulfato sódico para aumentar el punto de ebullición y un catalizador para acelerar la reacción, tal como sulfato de cobre. El amoniaco en el destilado se retiene, o bien por un ácido normalizado, y se valora por retroceso, o en ácido bórico y valora directamente. El método Kjeldahl no determina, sin embargo, todas las formas de nitrógeno, a menos que se modifiquen adecuadamente; esto incluye nitratos y nitritos.

Para convertir el nitrógeno a proteína, se emplea el factor de 6.25, el cual proviene de la consideración de que la mayoría de las proteínas tienen una cantidad aproximada de 16% de nitrógeno.

$$\text{Factor} = \frac{100 \text{ g proteína}}{16 \text{ g Nitrógeno}} = 6.25$$

RESULTADOS

Título de la práctica:

Determinación del contenido de proteínas en la semilla tostada de Amarantho (*Amaranthus cruentus*) mediante el Método de Kjeldahl.

Preparación preliminar de la muestra

- Utilizando un vidrio de reloj pesar 200 g de muestra en balanza analítica.

- Pulverizar en un mortero hasta obtener una harina homogénea.
- Reservar la muestra homogeneizada en bolsa ziploc debidamente rotulada.

Procesamiento de muestra

- Pesar la cantidad de muestra previamente molida y homogeneizada, necesaria de acuerdo con el contenido de proteína esperado (utilizar como referencia la Tabla No.1), con una precisión de 0.1 mg, anotar el peso.

Tabla N° 1. Contenido de proteínas vs. masa de muestra.

Contenido de proteínas (%)	Masa de muestra (g)
< 10	1.0 – 5.0
11 – 20	1.7 – 3.0
21 – 30	0.5 – 1.5
> 30	0.2 – 1.0

- Colocar el papel con la muestra dentro del tubo o matraz de digestión, adicionar 10 g de Sulfato de Potasio y 1.14 g de Sulfato de Cobre Pentahidratado ó dos tabletas Kjeltabs Cu/3.5 y dependiendo de la muestra, se utilizará la cantidad de Ácido Sulfúrico concentrado, añadiendo este último por las paredes del matraz. Las concentraciones o cantidades de reactivo varían dependiendo del tipo de equipo digestor que se utilice.
- Preparar un blanco de reactivos, el cual deberá elaborarse diariamente o cada vez que se cambie algún reactivo.
- Colocar los matraces o tubos de digestión dentro del equipo Digestor, el cual se precalienta e incrementa la temperatura de acuerdo con el equipo que se utilice. Digerir y destilar al mismo tiempo el blanco de reactivos.

Nota: El uso del sistema de remoción de vapores, reduce el tiempo de la digestión y se tiene mayor control sobre los vapores del Ácido Sulfúrico, que se desprenden durante la digestión, los cuales son tóxicos. La temperatura no deberá exceder de 410 °C.

- El tiempo de digestión varía dependiendo del equipo empleado (entre 45 min y 2 h), verificar que se obtenga una solución translúcida (verificar la ausencia de puntos negros), de lo contrario volver a colocar los matraces o tubos en el equipo digestor.
- Dejar enfriar los matraces a temperatura ambiente, adicionar 100 mL de agua destilada, por las paredes del matraz o tubo, mezclar con precaución debido a que esta es una reacción altamente exotérmica, colocar el matraz o tubo en el equipo destilador.
- En un matraz Erlenmeyer de 500 mL, adicionar 50 mL de Ácido Bórico como indicador, e introducir la alargadera o punta de salida del refrigerante dentro del mismo. Encender el destilador, adicionar lentamente 50 mL de hidróxido de sodio con la concentración de acuerdo con el equipo que se utilice. Destilar aproximadamente 200 mL o lo indicado por el fabricante; verificar que se ha destilado todo el amoníaco presente en la muestra. Lavar la extremidad de la alargadera por el interior y exterior con agua destilada, la cual debe formar parte del destilado.

Nota: Debe asegurarse de que el destilado se mantenga a una a una temperatura menor a 28 °C, con la finalidad de que se recupere todo el amoníaco que se está destilando. La manera de verificar que la destilación ha sido completa, consiste en colocar una tira de papel tornasol a la salida de la alargadera, y que este no cambie o sea neutra, lo cual nos indicará que ya sólo se destila agua.

- Efectuar la titulación del amoníaco con Ácido Clorhídrico 0,1 N, hasta vire del indicador de verde-azul a ligeramente rojizo, o bien ayudarse de un potenciómetro, previamente verificado con soluciones buffer. El punto final de la titulación tiene lugar a pH de 4.6. Anotar el volumen gastado de Ácido Clorhídrico.

Cálculos

$$\% N = \frac{(mL HCl mx - mL HCl blanco) * N HCl * 0.014 * 100}{Peso mx (g)}$$

0.014= miliequivalente de Nitrógeno

$$\text{Proteína cruda} = \% N \times 6.25$$

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Las normativas de referencia proporcionan un marco uniforme que garantiza que los resultados sean consistentes y comparables entre diferentes laboratorios, técnicos y equipos. Esto es fundamental para que los resultados obtenidos en diferentes lugares sean equivalentes y puedan ser comparados directamente.

Comparar los resultados obtenidos con valores de referencia, normativas o estándares pertinentes, ayudará a determinar si los resultados están dentro de los límites aceptables o si hay alguna desviación significativa.

Normativas de referencia para la interpretación de resultados

Norma mexicana NMX-F-608-NORMEX-2011. Alimentos – determinación de proteínas en alimentos – método de ensayo (pruebas)

Tabla N° 2. Factores para transformar el nitrógeno a proteína

Producto	Factor
Cereales trigo entero, molido o harina	5.83
Harina de trigo (baja o mediana extracción)	5.70
Macarrones, espagueti o pastas de trigo	5.76
Salvado de trigo	6.31
Arroz todos los productos	5.95
Centeno, avena, cebada Mijo blanco, Mijo rojo, Trigo duro, Trigo blando (todos los productos)	5.83
Leguminosas, nueces y semillas, nueces de tierra	5.46
Soya y subproductos	5.71
Almendras	5.18
Nuez de Brasil	5.46
Otras nueces	5.30
Coco, castañas, semillas (ajonjolí, cártamo, girasol) otras semillas	5.30
Leche y productos de leche	6.38
Otros alimentos gelatina	5.55
Huevo	6.68
Yema de huevo	6.62
Galletas y productos de panadería	5.70

Ajonjolí, Albergión, Amaranto, Avena con cascarilla, Avena sin cascarilla, Frijol flor de mayo, Frijol Negro, Frijol San Francisco, Garbanzo, Haba, Linaza, Lenteja, Maíz blanco, Maíz Dorado	6.25
---	------

Tabla de composición de alimentos de Centroamérica – Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP).

Tabla N° 3. Composición de alimentos en 100g de porción comestible

Tabla de composición de alimentos – INCAP, en 100 gramos de porción comestible. Cereales, granos secos, harinas, pastas, cereales de desayuno y otras harinas		
Código: 13001		Nombre: Amaranto, grano seco
Agua (%): 9.84	Energía (Kcal): 374	Proteína (g):14.45
Grasa total (g): 6.51	Carbohidratos (g): 66.17	Fibra dietética total (g): 9.30
Ceniza (g): 3.04	Calcio (mg): 153	Fósforo (mg): 455
Hierro (mg): 7.59	Tiamina (mg): 0.08	Rivoflavina (mg): 0.21
Niacina (mg): 1.29	Vitamina C (mg): 4	Vit. A equiv. Retinol (mcg): 0
Ac. Grasos Monoinsat. (g): 1.43	Ac. Grasos Poliinsat. (g): 2.89	Ac. Grasos sat. (g): 1.66
Colesterol (mg): 0	Potasio (mg): 366	Sodio (mg): 21
Zinc (mg): 3.18	Magnesio (mg): 266	Vitamina B ₆ (mg): 0.22
Vit B ₁₂ (mg): 0.0	Ac. Fólico (mcg): 0	Folato equiv. FD (mg): 49
Fracción comestible (%): 1.00		

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El amaranto es una fuente importante de nutrientes esenciales para la salud humana y la calidad de vida. Su alto contenido de proteínas (12% a 18%), antioxidantes, vitaminas (como la vitamina A y B9), luteína, zeaxantina y minerales, lo convierte en un alimento completo.

La norma NMX-FF-116-SCFI-2010 regula las especificaciones y métodos de ensayo del grano de amaranto. La determinación de proteína bruta se realiza según la NMX-F-608-NORMEX-2011, un método autorizado por organizaciones internacionales y ampliamente utilizado por su alta confiabilidad.

El Salvador no cuenta con una base regulatoria específica para este cultivo, razón por la que se han utilizado normativas internacionales como referencia.

Se sugiere a los analistas seguir el procedimiento recomendado para la determinación de proteínas, incluyendo la precisión en el pesaje, la digestión completa con ácido sulfúrico, la destilación total y el uso de indicadores apropiados. También se deben incluir blancos y controles para verificar la precisión del método.

Se propone realizar estudios comparativos del contenido de proteínas entre diferentes variedades de amaranto y alimentos procesados disponibles en el supermercado, para conocer mejor los alimentos que consumimos o necesitamos en nuestra dieta.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

<https://repositorio.ues.edu.sv/bitstreams/5fb784aa-8fdf-44f8-b745-a70e5f1ae427/download>

DETERMINACIÓN DEL ANÁLISIS BROMATOLÓGICO PROXIMAL Y DE MINERALES EN PUPUSAS DE *Zea mays* (MAÍZ) CON RELLENO DE HOJAS DE *Moringa oleifera* (TEBERINTO) COMO ALTERNATIVA NUTRICIONAL

Rocío Yamileth Amaya

Mayo 2019

RESUMEN

La investigación tiene como objetivo analizar la composición bromatológica y cuantificar minerales (Calcio, Magnesio, Hierro, Zinc, Potasio y Fósforo) en pupusas elaboradas con harina de maíz con diferentes rellenos: hojas de *Moringa oleifera*, hojas de *Moringa oleifera* con queso, y queso, utilizando tortillas de maíz como control. Los análisis se realizaron en la Universidad de El Salvador de enero de 2018 a mayo de 2019.

Con los datos obtenidos se construyó la composición nutricional de las pupusas analizadas. Se compararon con los requerimientos nutricionales establecidos por la OMS, FAO y FDA para conocimiento de la población, y futuras investigaciones.

Los resultados mostraron que la adición de hojas de moringa aumentó en 4.31% el contenido de proteínas en comparación con la tortilla de maíz. La pupusa con moringa y queso tuvo un contenido de carbohidratos del 70.28%, dentro del rango establecido por la OMS (55-75%), a diferencia de las tortillas de maíz, que superaron el límite diario recomendado con un 87.55%. La moringa también aumentó significativamente el contenido de minerales en las pupusas: hierro en 2.48%, potasio en 481.20%, fósforo en 582.25%, calcio en 164.04% y magnesio en 91.12%. Debido a su alto perfil nutritivo y buen sabor, determinado mediante pruebas hedónicas, el consumo de moringa se considera importante en áreas donde la seguridad alimentaria está en riesgo.

Palabras Clave: Análisis Bromatológico, Pupusas, Maíz, Moringa

ABSTRACT

The research aims to analyze the bromatological composition and quantify minerals (Calcium, Magnesium, Iron, Zinc, Potassium and Phosphorus) in pupusas made with corn flour with different fillings: *Moringa oleifera* leaves, *Moringa oleifera* leaves with queso, and queso, using corn tortillas as a control. The analyses were carried out at the University of El Salvador from January 2018 to May 2019.

With the data obtained, the nutritional composition of the pupusas analyzed was constructed. They were compared with the nutritional requirements established by the WHO, FAO and FDA for the knowledge of the population, and future research.

The results showed that the addition of moringa leaves increased the protein content by 4.31% compared to the corn tortilla. The pupusa with moringa and queso had a carbohydrate content of 70.28%, within the range established by the WHO (55-75%), unlike corn tortillas, which exceeded the recommended daily limit with 87.55%. Moringa also significantly increased the mineral content in pupusas: iron by 2.48%, potassium by 481.20%, phosphorus by 582.25%, calcium by 164.04% and magnesium by 91.12%. Due to its high nutritional profile and good taste, determined by hedonic testing, moringa consumption is considered important in areas where food security is at risk.

Key Words: Bromatological Analysis, Pupusas, Corn, Moringa

INTRODUCCIÓN

Actualmente, El Salvador enfrenta un problema significativo de desnutrición debido a la falta de ingresos y conocimiento sobre alimentos adecuados. La búsqueda de alimentos nutritivos y accesibles ha llevado al uso de plantas con alto contenido de nutrientes, como la Moringa oleífera, para mejorar la seguridad alimentaria. La moringa es conocida por sus propiedades alimenticias, medicinales y oleaginosas, y se propone su uso en el relleno de pupusas de harina de maíz como alternativa nutricional.

El estudio se llevó a cabo en la Universidad de El Salvador entre 2018 y 2019. Se analizaron pupusas con diferentes proporciones de hojas de moringa en el relleno. Los análisis bromatológicos y la cuantificación de minerales (calcio, magnesio, hierro, zinc, potasio y fósforo) mostraron que la moringa incrementa significativamente el contenido nutricional de las pupusas. Además, se verificó la aceptación de estas pupusas mediante pruebas hedónicas.

Informes detallados con los resultados se distribuyeron entre la población estudiantil de la universidad para resaltar los beneficios nutricionales y de salud de la moringa. Se enfatizó su importancia en áreas con problemas de seguridad alimentaria, particularmente para la población infantil.

El objetivo del estudio fue proporcionar una alternativa nutricional viable y contribuir a la reducción de la desnutrición en El Salvador.

EQUIPOS E INSTRUMENTACIÓN

Materiales y equipo a utilizar en cada una de las pruebas a ejecutar

Determinación de Humedad

- Caja de aluminio
- Estufa
- Torunda de algodón
- Pinzas
- Desecador
- Licuadora de acero inoxidable
- Espátula
- Balanza analítica digital

Determinación de Nitrógeno y Proteína

- Matraces de digestión para micro – kjeldahl
- Pipeta de morh 3.0 mL
- Erlenmeyer de 125.0 mL
- Probeta de 10.0 mL
- Beaker de 100 mL
- Aparato de destilación para micro – kjeldahl
- Bureta de 50.0 mL
- Goteros
- Pizeta
- Balanza analítica
- Espátula
- Aparato digestor para micro – Kjeldahl

Determinación de extracto etéreo

- Aparato para la extracción de grasa, soxtlet
- Beakers
- Dedales de extracción
- Balanza analítica digital

- Estufa
- Pinza
- Hot-plate
- Desecador
- Probeta de 50 mL
- Espátula
- Papel filtro

Determinación de Cenizas

- Mufla
- Crisol
- Pinzas
- Desecador
- Espátula
- Torunda de algodón
- Balanza analítica digital

Reactivos a utilizar para las diferentes pruebas

- Reactivo de Kelpack (Sulfato de potasio, Sulfato de cobre) catalizador
- Solución de ácido bórico 4%
- Solución de hidróxido de sodio al 40 %
- Solución indicadora de verde de Bromocresol
- Solución de Rojo de metilo
- Solución de ácido sulfúrico sulfúrico 0.025 N
- Solución de hidróxido de sodio 0.313 N
- Solución de Fenolftaleína
- Solución de Ácido Clorhídrico 1:50
- Solución Molibdato-Vanadato de Amonio
- Solución de cloruro de lantano (LaCl₃, 1% p/v)

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Recolección y preparación del material vegetal

Para la recolección de hojas de Moringa oleífera, se obtuvieron aproximadamente 7 libras del tercio medio de los árboles ubicados en el cantón Tierra Blanca, Zacatecoluca, Departamento de La Paz. Las hojas se almacenaron en bolsas Ziploc y se transportaron en hielera a 4 °C al laboratorio de Química Agrícola de la Universidad de El Salvador para su uso en pupusas.

En la preparación, las hojas recolectadas se lavaron con agua de grifo y destilada para eliminar contaminantes, luego se trituraron con un triturador de acero inoxidable para homogenizar el material de relleno de las pupusas.

Preparación y elaboración de las pupusas y tortillas a base de harina de maíz.

La elaboración de las pupusas se realizó como se indica en la figura N° 1 teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- El relleno adicionado depende según el tipo de pupusa a elaborar y los ingredientes previamente pesados según el caso. (Ver figura N°2)
- Dejar enfriar, y transportar en recipientes herméticos hacia los laboratorios para sus respectivos análisis.

Se elaboró un total de 30 pupusas de cada tipo de relleno y 30 tortillas de maíz para los análisis a realizar. (Ver anexo N° 2 Tabla N° 33-36).

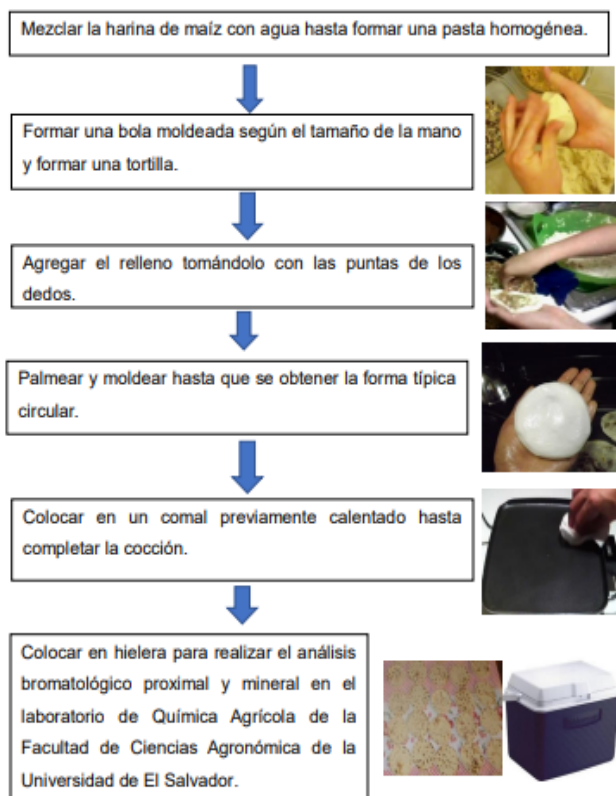


Figura N° 1. Procedimiento de elaboración de pupusas con los diferentes rellenos y tortilla de maíz

Figura N° 2. Composición de la tortilla de maíz y cada tipo de pupusa

Determinación del análisis bromatológico proximal y minerales

A las pupusas y tortillas elaboradas se les realizó el análisis bromatológico proximal el cual consta de: humedad, materia seca, cenizas, carbohidratos, grasas, proteínas, fibra cruda; y se cuantificó los siguientes minerales: zinc, potasio, hierro, fósforo, calcio y magnesio. (Ver resumen en Tabla No. 1)

Para cada muestra se utilizaron 10 pupusas.

Para una muestra = 1 muestra x 13 análisis x 3 repeticiones = 39 análisis

El total de análisis = 12 muestras x 13 análisis x 3 repeticiones = 468 análisis

Tabla N° 1 Resumen de análisis a realizar

Pupusas de maíz con relleno de:	Identificación de la muestra	Cantidad de pupusas por muestra.	Análisis	Total de Análisis
Hojas de Moringa oleífera	1A	10 unidades	- Humedad	39
	1B	10 unidades	- Materia seca	39
	1C	10 unidades	- Proteínas	39
	2A	10 unidades	- Grasas	39
			- Fibra cruda	39

Hojas de Moringa oleífera con queso.	2B	10 unidades	- Carbohidratos - Cenizas - Zinc - Potasio - Hierro - Fósforo - Calcio - Magnesio	39
	2C	10 unidades		39
Quesillo	3A	10 unidades		39
	3B	10 unidades		39
	3C	10 unidades		39
Tortilla de harina de maíz.	4A	10 unidades		39
	4B	10 unidades		39
	4C	10 unidades		39
				Total

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Después de realizar el análisis bromatológico proximal de las muestras de pupusas a base de maíz con diferentes rellenos y las tortillas de maíz cada uno de los datos se tabularon y se compararon entre sí para evaluar el aporte proporcionado por las hojas de moringa. Los resultados son expresados bajo el término “tal como ofrecido”, en unidades de porcentaje (g por cada 100 g) de muestra consumida. Debido que no se cuenta con bibliografía que incluya la composición nutricional de pupusas con rellenos de hojas de moringa, moringa con queso y pupusa con relleno de queso; estos datos fueron discutidos con base en la ingesta diaria que una persona requiere, para tener una buena nutrición basados en los parámetros establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y Food and Drug Administration (FDA), además de verificar si las hojas de moringa como relleno para pupusas mejoran la calidad nutricional en comparación con la tortilla de maíz o pupusa con relleno de queso.

La Tabla No. 2 y 3 contienen los resultados obtenidos en el análisis bromatológico proximal (Humedad, Cenizas, Proteína, Extracto etéreo, Fibra cruda y Carbohidratos) así también los resultados obtenidos en la determinación de minerales (Calcio, magnesio, hierro, zinc, potasio y fósforo) por cada 100 g de muestra comestible realizadas a las pupusa con relleno de hojas de moringa, relleno de hojas de moringa con queso, relleno de queso y tortilla de maíz teniendo en cuenta que los nutrientes que necesita el organismo no solo se ha de ingerir en cantidades suficientes, sino también en las debidas proporciones entre ellos.

Mediante el análisis bromatológico proximal y la cuantificación de minerales realizado a las pupusas con los diferentes rellenos y la tortilla de maíz se muestra un importante aporte de las hojas de moringa en cuanto al contenido de proteína, comparando la tortilla de maíz con la pupusa con relleno de hojas de moringa se puede observar que la adición de esta hoja como relleno permite aumentar la proteína hasta 4.31%. En cuanto al contenido de carbohidratos es importante observar que el aporte de la pupusa con relleno de moringa está dentro del rango establecido por la OMS a diferencia de la tortilla de maíz supera la cantidad de carbohidratos que se debe consumir al día por lo que una persona que incluya entre los alimentos más de dos tortillas estará sobrepasando el límite de carbohidratos establecidos ocasionando daños a la salud. Con respecto al contenido de minerales se observa en la tabla No. 2 como la adición de hojas de moringa a la tortilla de maíz causa un notable incremento de contenido de hierro, potasio, fósforo, calcio y magnesio volviendo a este alimento rico nutricionalmente. Comparando estos resultados obtenidos mediante esta investigación de las hojas de Moringa oleífera como relleno para pupusas a base de maíz con el requerimiento diario nutrientes establecidos por la OMS, FAO y FDA, las cantidades que aportan esta especie vegetal son de gran valor nutritivo para aquellas personas que consuman hojas de moringa en algún preparado alimenticio, ya que con las hojas de moringa se pueden preparar diversos platillos.

Tabla N° 2 Resumen de los resultados del análisis bromatológico proximal de las pupusas con relleno de: hojas de moringa, hojas de moringa con queso, queso y tortilla de maíz

Análisis bromatológico proximal g/ 100 g de porción						
Pupusas de maíz con relleno de:	% Humedad	% Proteína Cruda	% Extracto etéreo	% Fibra	% Ceniza	% Carbohidratos
Hojas de Moringa	66.44	4.31	1.90	0.13	2.40	78.7
Hojas de Moringa con queso	79.0	3.36	2.17	0.04	3.21	70.33
Queso	58.73	8.61	6.04	0.05	3.96	60.4
Tortilla de harina de maíz	57.48	3.73	0.88	0.04	1.51	87.6

Tabla N° 3 Resumen de los resultados del análisis de micronutrientes de las pupusas con relleno de: hojas de moringa, hojas de moringa con queso, queso y tortilla de maíz

Análisis de Minerales en mg/ cada 100 g						
Pupusas de maíz con relleno de:	Zn	K	Fe	P	Ca	Mg
Hojas de Moringa	1.250	582.25	2.481	481.20	164.04	91.12
Hojas de Moringa con queso	1.066	591.26	1.134	322.56	97.86	43.99

Quesillo	2.630	165.57	1.864	277.95	210.12	74.66
Tortilla de harina de maíz	1.384	156.22	2.122	74.18	77.38	77.50

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La investigación analizó la composición bromatológica y el contenido de minerales en pupusas con rellenos de hojas de Moringa oleífera, hojas de moringa con quesillo y quesillo solo, comparándolas con tortillas de maíz como control. Los resultados mostraron que la adición de moringa incrementó significativamente los niveles de fósforo, magnesio, potasio, hierro, calcio y zinc, mejorando la calidad nutricional de las pupusas. Este estudio subraya el potencial de la moringa como alternativa nutricional accesible y beneficiosa para combatir la desnutrición en El Salvador, proporcionando datos actualizados sobre su contenido nutricional. Se sugiere realizar futuras investigaciones sobre el análisis bromatológico y el contenido de minerales en otros alimentos enriquecidos con hojas de Moringa oleífera que son consumidos frecuentemente y accesibles a la población. Además, se recomienda elaborar diversos platillos con hojas de moringa para incluir en la dieta diaria, ayudando a cumplir con los requerimientos de macro y micronutrientes y prevenir la desnutrición. A las instituciones gubernamentales como el Ministerio de Salud (MINSAL) y ONGs, se les propone incluir alimentos con hojas de moringa en sus programas de mejora nutricional para mejorar la calidad de vida de los beneficiarios. También es importante realizar estudios microbiológicos y de toxicidad de las hojas de Moringa oleífera para asegurar su seguridad en el consumo humano.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

<https://repositorio.ues.edu.sv/bitstreams/0f5246b1-55cd-4fc7-84ff-6040d686741e/download>

DETERMINACIÓN DEL ANÁLISIS BROMATOLÓGICO PROXIMAL Y MINERALES EN PUPUSAS A BASE DE *Zea mays* (MAÍZ), COMERCIALIZADAS DENTRO Y EN LOS ALREDEDORES DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.

Guillermo Jacob Pineda Magaña
Edwin Daniel Rivera Sánchez

Noviembre 2016

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo analizar el contenido bromatológico y cuantificar minerales como calcio, magnesio, hierro, zinc, sodio, potasio y fósforo en pupusas de maíz con tres tipos de rellenos: queso, revueltas y frijol con queso. Se seleccionaron los rellenos y los sitios de muestreo (Entrada Minerva, Comedor Niña Lucy y Comedor Universitario) mediante una encuesta a estudiantes de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador. Se analizaron nueve muestras en el Laboratorio de Química Agrícola de la misma universidad durante junio y julio de 2016. Los resultados mostraron que las pupusas de queso presentaron los valores más altos de proteína y extracto etéreo, especialmente en el sitio A. En cuanto a los minerales, las pupusas de queso destacaron en contenido de calcio, mientras que las pupusas de frijol con queso del sitio B tuvieron la mayor concentración de fósforo. El consumo de estas pupusas aporta un alto porcentaje de nutrientes esenciales como proteína cruda, grasa, carbohidratos, calcio y fósforo a la dieta diaria. Se recomienda analizar la composición nutricional de otros tipos de pupusas, como las de arroz, y evaluar su calidad microbiológica. La investigación generó una tabla de composición nutricional de las pupusas analizadas, proporcionando información actualizada para el público y futuras investigaciones.

Palabras Clave: Análisis Bromatológico, Pupusas, Maíz,

ABSTRACT

The objective of the research was to analyze the bromatological content and quantify minerals such as calcium, magnesium, iron, zinc, sodium, potassium and phosphorus in corn pupusas with three types of fillings: cheese, revueltas and beans with cheese. The fillings and sampling sites (Entrada Minerva, Comedor Niña Lucy and Comedor Universitario) were selected through a survey of students from the Faculty of Chemistry and Pharmacy of the University of El Salvador. Nine samples were analyzed in the Agricultural Chemistry Laboratory of the same university during June and July 2016. The results showed that the cheese pupusas had the highest values of protein and ether extract, especially in site A. Regarding minerals, the cheese pupusas stood out in calcium content, while the bean and cheese pupusas from site B had the highest concentration of phosphorus. The consumption of these pupusas provides a high percentage of essential nutrients such as crude protein, fat, carbohydrates, calcium and phosphorus to the daily diet. It is recommended to analyze the nutritional composition of other types of pupusas, such as rice pupusas, and evaluate their microbiological quality. The research generated a nutritional composition table of the pupusas analyzed, providing updated information for the public and future research.

Key Words: Bromatological Analysis, Pupusas, Corn, Moringa

INTRODUCCIÓN

La investigación analizó la composición nutricional de pupusas, un plato típico muy consumido en El Salvador, elaboradas con masa de maíz y distintos rellenos (chicharrón, queso, frijoles, ayote, pescado y camarón). Se realizaron análisis bromatológicos proximales y cuantificación de minerales (sodio, calcio,

magnesio, hierro, zinc, potasio y fósforo) en pupusas de diferentes establecimientos cercanos y dentro de la Universidad de El Salvador en San Salvador. El estudio utilizó un análisis de varianza multifactorial (ANOVA) y la prueba de Tukey para determinar diferencias significativas en los resultados según el tipo de relleno y el sitio de muestreo. Los análisis se realizaron en el Laboratorio de Química Agrícola de la Universidad de El Salvador durante junio y julio de 2016, y las muestras se seleccionaron mediante una encuesta a estudiantes de la Facultad de Química y Farmacia. Este estudio es crucial para proporcionar información actualizada sobre la calidad nutricional de las pupusas y su impacto en la dieta de la población.

EQUIPOS E INSTRUMENTACIÓN

- Caja de aluminio
- Estufa
- Pinzas
- Desecador
- Licuadora de acero inoxidable
- Espátula
- Balanza analítica
- Matraces de digestión para micro – kjeldahl
- Pipetas de mohr de diferentes volúmenes
- Erlenmeyers
- Probetas
- Beakers
- Aparato de destilación para micro – kjeldahl
- Bureta de 50.0 mL
- Goteros
- Pizeta
- Aparato digestor para micro – Kjeldahl
- Aparato para la extracción de grasa, soxhlet
- Dedales de extracción
- Hot-plate
- Papel filtro
- Mufla
- Crisol
- Reactivo de Kelpack (Sulfato de potasio, Sulfato de cobre) catalizador
- Solución de ácido bórico 4%
- Solución de hidróxido de sodio al 40 %
- Solución indicadora de verde de Bromocresol
- Solución de Rojo de metilo
- Solución de ácido sulfúrico sulfúrico 0.025 N
- Solución de hidróxido de sodio 0.313 N
- Solución de Fenolftaleína
- Solución de Ácido Clorhídrico 1:50
- Solución Molibdato-Vanadato de Amonio
- Solución de cloruro de lantano (LaCl₃, 1% p/v)

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Procedimiento para la aplicación de la encuesta

Se procedió a aplicar una encuesta a los estudiantes de la Facultad de Química y Farmacia, en la cual se determinaron los tres tipos de rellenos de pupusas más consumidos y los tres puestos de venta más

frecuentados por los estudiantes de la Facultad de Química y Farmacia. Se realizó un muestreo aleatorio simple, a un nivel de confianza del 95%. El número de estudiantes encuestados de la Facultad de Química y Farmacia fueron 264, (de los cinco años de la carrera, así como egresados de la misma), con los cuales se determinaron los tres rellenos de pupusas y los tres puestos de venta donde se realizó el muestreo.

Preparación de la muestra

Las muestras de pupusas de los tres diferentes rellenos (queso, revuelta y frijol con queso), se trasladaron en recipientes herméticos (cubetas plásticas), al Laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas, donde se procedió a pesar cada una por separado de cada tipo de relleno y de los tres puestos de venta. Luego de esto, se fraccionaron las pupusas de los diferentes rellenos, por separado, en trozos pequeños utilizando cuchillos de acero inoxidable, y se mezcló para asegurar la homogeneidad de la muestra. A cada replica, de cada tipo de relleno, se le realizó la humedad parcial, a una temperatura entre 60-70 °C por un período de 24 horas, en una estufa de aire circulante, se enfriaron y pesaron; luego pasaron a un proceso de molido, en el cual se obtuvieron muestras homogéneas y con tamaño de partícula uniforme, al pasarlas por un tamiz de 0.1 mm, y así se acondicionaron las muestras para la realización de los análisis posteriores.

Parte experimental

Los análisis se realizaron, en el Laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador.

Se realizaron los siguientes análisis:

- Análisis Bromatológico Proximal: Determinación de Humedad (Parcial y Total), Proteína cruda, Fibra cruda, Grasa, Carbohidratos y Cenizas.
- Determinación de Minerales: hierro, sodio, potasio, calcio, magnesio, zinc y fósforo. Cada uno de los análisis se realizó por triplicado.

El detalle de las muestras recolectadas y los análisis realizados se muestran en la Tabla No. 1

Tabla N° 1 Representación de las muestras y número de análisis realizados.

Sitio de venta	Relleno de pupusa	Número de muestra	Unidades por muestra	Análisis (3 repeticiones)	Total de Análisis
1	A	1	10 unidades	- Humedad	39
	B	2	10 unidades	- Materia seca	39
	C	3	10 unidades	- Proteínas	39
2	A	4	10 unidades	- Grasas	39
	B	5	10 unidades	- Fibra cruda	39
	C	6	10 unidades	- Carbohidratos	39
3	A	7	10 unidades	- Cenizas	39
	B	8	10 unidades	- Zinc	39
	C	9	10 unidades	- Potasio	39
				- Hierro	39
				- Fósforo	39
				- Calcio	39
				- Magnesio	39
				Total	351

En donde:

Sitio de venta 1: Entrada Minerva

Sitio de venta 2: Comedor Niña Lucy

Sitio de venta 3: Comedor Universitario

Relleno A: Queso

Relleno B: Revuelta

Relleno C: Frijol con queso

Cada análisis se realizó por triplicado por lo que generó un total de análisis de:

9 muestras x 13 análisis x 3 repeticiones = 351 análisis

Diseño estadístico

A cada uno de los resultados obtenidos para cada determinación del análisis bromatológico proximal y la cuantificación de minerales de las muestras de pupusas seleccionadas, se les realizó un análisis de varianza multifactorial (ANOVA), basándose en la comparación de tres estimados de varianza común en las muestras de los tres tipos de relleno en estudio. Se estableció como hipótesis nula (H_0) la igualdad de las medias en los resultados obtenidos en las muestras de pupusas a base de maíz con tipos de rellenos diferentes en estudio (queso, revuelta y frijol con queso), y como hipótesis alterna (H_1) estableció la diferencia de las medias en los resultados obtenidos en las muestras de pupusas a base de maíz con tres tipos de rellenos diferentes en estudio (queso, revuelta y frijol con queso).

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Después de realizar el análisis bromatológico proximal de las muestras de pupusas a base de maíz de diferentes rellenos (Queso, Revuelta y Frijol con queso), de los tres diferentes sitios obtenidos mediante la encuesta, en donde llamaremos Sitio A (Minerva), Sitio B (Comedor niña Lucy) y Sitio C (Comedor Universitario), se tabularon y compararon cada uno de los resultados obtenidos de manera individual para su interpretación.

Los resultados se evaluaron bajo el término “tal como ofrecido”, en unidades de porcentaje (g por cada 100g) de muestra consumida, según el INCAP. Debido a que no se cuenta con bibliografía que mencione la composición nutricional de las pupusas que fueron analizadas en este trabajo no se pudo comparar la composición nutricional que se obtuvo mediante la realización de los análisis. Por tanto, algunos de los datos fueron discutidos basándose en tablas de ingesta diaria, comparados entre cada muestra, como varían entre sí, y por cada sitio de muestro.

En las Tablas N° 2 y 3 se presentan los resultados obtenidos del análisis bromatológico proximal (Humedad, Cenizas, Proteína, Extracto Etéreo, Fibra Cruda y Carbohidratos) y de la determinación de minerales (calcio, magnesio, hierro, zinc, sodio, potasio y fósforo) realizadas a cada muestra de pupusa de maíz analizada de tres rellenos distintos: Queso, Revuelta, Frijol con Queso; las cuales fueron obtenidas de tres sitios de venta distintos: Sitio A (Entrada Minerva), Sitio B (Comedor Niña Lucy) y Sitio C (Comedor Universitario)

Tabla N° 2 Resumen del análisis bromatológico proximal realizados a cada muestra de pupusa de maíz

Composición de alimentos en 100 g de porción comestible							
Análisis bromatológico proximal							
Sitio	Relleno	Humedad	Proteína	Extracto etéreo	Carbohidratos	Fibra Cruda	Ceniza
		%	g	g	g	g	g
A	Queso	62.48	7.02	11.52	17.49	0.19	1.30

	Revuelta	60.24	6.53	7.21	24.42	0.37	1.22
	Frijol con queso	58.93	6.46	7.61	25.50	0.23	1.27
B	Queso	56.16	10.04	8.59	22.98	0.22	2.01
	Revuelta	58.48	8.17	8.41	22.90	0.21	1.83
	Frijol con queso	55.36	8.39	9.96	24.12	0.24	1.93
C	Queso	65.16	6.39	4.85	22.10	0.37	1.13
	Revuelta	57.15	6.98	7.20	26.09	0.41	2.16
	Frijol con queso	64.98	5.07	4.06	24.18	0.61	1.09

Tabla N° 2 Resumen de determinación de minerales realizada a cada muestra de pupusa de maíz

Composición de alimentos en 100 g de porción comestible						
Minerales						
Ca	P	Fe	K	Na	Zn	Mg
mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg
140.58	294.03	0.73	70.20	220.65	0.94	24.48
92.93	290.52	1.48	147.84	185.15	0.89	35.28
120.58	310.48	1.33	140.25	178.80	0.89	36.49
347.58	375.97	0.93	96.72	327.72	1.29	27.39
262.96	317.78	1.33	154.89	368.36	1.03	34.90
325.58	384.43	1.24	110.15	320.82	1.19	34.14
174.35	290.75	0.62	89.16	159.00	0.86	30.28
125.42	303.83	1.34	183.23	339.66	0.91	41.97
100.36	261.10	2.06	148.97	141.98	0.85	31.62

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La investigación sobre pupusas, un plato típico salvadoreño, reveló que los rellenos más consumidos por los estudiantes de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador son queso, revueltas y frijol con queso, adquiridos en lugares como Entrada Minerva, Comedor Niña Lucy y Comedor Universitario. Los resultados del Análisis de Varianza (ANOVA) indicaron diferencias estadísticamente significativas en el análisis bromatológico y la cuantificación de minerales entre las nueve muestras de pupusas de maíz analizadas. Las pupusas de queso presentaron los niveles más altos de proteína cruda (5.07% - 10.04%) y extracto etéreo (4.06% - 11.53%). Las pupusas con mayor contenido de calcio fueron las de queso, y las pupusas revueltas mostraron los niveles más altos de hierro (0.62 – 2.06 mg por cada 100g). La investigación proporciona datos actualizados sobre la composición nutricional de las pupusas, destacando que el contenido nutricional varía según el lugar de elaboración debido a diferencias en ingredientes y métodos de preparación. Consumir 100g de pupusas contribuye significativamente al requerimiento diario de proteína cruda, extracto etéreo, carbohidratos, calcio y fósforo, aunque no son una fuente considerable de potasio y fibra cruda.

Se recomienda realizar futuras investigaciones para analizar el contenido bromatológico y los minerales en pupusas de arroz, otro alimento consumido en El Salvador. También es necesario determinar el contenido nutricional de diferentes tipos de rellenos de pupusas, especialmente los más consumidos en el país. Comparar el contenido nutricional de las pupusas de maíz con las de arroz y establecer tablas comparativas será útil para futuras investigaciones. Además, se deben tomar muestras de pupusas a nivel nacional en diferentes zonas (Occidental, Central, Oriental) para evaluar las diferencias significativas según la región. Finalmente, es esencial realizar análisis microbiológicos de pupusas de maíz y arroz para obtener información adicional, dado el alto consumo de este alimento por personas de todas las edades en diferentes momentos del día.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

<https://repositorio.ues.edu.sv/bitstreams/5f5264c8-ed11-4ef1-a514-56c3268a9235/download>

RECOPIACIÓN DE INVESTIGACIONES QUE SE HAN DESARROLLADO EN LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS PARA CONSUMO HUMANO ELABORADOS CON BASE EN *Amaranthus spp* (AMARANTO) Y SUS MEZCLAS.

Víctor Manuel Córdova Mendoza

Mayo 2016

RESUMEN

Este documento recopila todas las investigaciones realizadas sobre amaranto en la Universidad de El Salvador desde 1990 hasta 2010, destacando su importancia para la Seguridad Alimentaria y Nutricional (SAN) del país. Se investigó la monografía de la planta de amaranto, sus aspectos agronómicos, requerimientos ambientales, tasa de siembra y fertilizantes utilizados. Se consultaron todas las bibliotecas de la universidad para reunir información y se siguió un formato estándar para resumir los contenidos. Las investigaciones están ordenadas cronológicamente y por Facultad, destacando los productos elaborados con amaranto y sus mezclas, siendo los alimentos preferidos aquellos combinados con otros cereales. Esta recopilación tiene como objetivo facilitar el acceso a la información sobre el amaranto y promover su difusión por parte de la Comisión de Seguridad Alimentaria y Nutricional de la Universidad de El Salvador (COSAN-UES) para mejorar la SAN de la comunidad universitaria.

Palabras Clave: Amaranto, Productos alimenticios, Recopilación bibliográfica

ABSTRACT

This document compiles all the research carried out on amaranth at the University of El Salvador from 1990 to 2010, highlighting its importance for the Food and Nutritional Security (FNS) of the country. The monograph on the amaranth plant, its agronomic aspects, environmental requirements, sowing rate and fertilizers used were investigated. All the university libraries were consulted to gather information and a standard format was followed to summarize the contents. The research is organized chronologically and by Faculty, highlighting the products made with amaranth and their mixtures, with the preferred foods being those combined with other cereals. This compilation aims to facilitate access to information on amaranth and promote its dissemination by the Food and Nutritional Security Commission of the University of El Salvador (COSAN-UES) to improve the FNS of the university community.

Key Words: Amaranth, Food products, Bibliographic compilation

INTRODUCCIÓN

El amaranto es un grano muy completo que contiene proteínas, minerales, vitaminas y aminoácidos como la lisina. Investigaciones anteriores han desarrollado una variedad de productos alimenticios utilizando amaranto solo o mezclado con otros cereales, pero no había un documento que recopilara estos estudios. Por ello, esta investigación se centró en recopilar trabajos realizados en la Universidad de El Salvador entre 1990 y 2010 sobre alimentos elaborados con amaranto. Se consultaron las bibliotecas de varias Facultades de la universidad y se describieron aspectos botánicos, composición nutricional, requerimientos edafoclimáticos y variedades del cultivo de amaranto. En total, se encontraron 14 investigaciones que utilizaron amaranto en alimentos para consumo humano. Los productos con mayor aceptación y calidad nutricional fueron pan dulce, pasteles, pan tostado, galletas, pastas, nachos, horchatas y atoles de amaranto, entre otros. La investigación busca facilitar futuras investigaciones y promover el uso del amaranto para mejorar la seguridad alimentaria y nutricional en El Salvador.

EQUIPOS E INSTRUMENTACIÓN

Tipo de estudio

Retrospectivo:

Se analizó información de investigaciones previamente realizadas.

Prospectivo:

La investigación será un insumo para futuras investigaciones, minimizando el tiempo de búsqueda de los trabajos de graduación referentes al *Amaranthus Spp* (Amaranto) desarrollados en la Universidad de El Salvador.

Investigación Bibliográfica:

Se recopilaron todas las investigaciones de trabajos de graduación, que se han realizado en la Universidad de El Salvador de productos alimenticios de consumo humano elaborados con base en amaranto y sus mezclas, así como en libros para recabar información sobre la especie vegetal.

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

El documento resume una investigación exhaustiva sobre el *Amaranthus Spp* (Amaranto) en la Universidad de El Salvador. Las bibliotecas consultadas incluyen la Biblioteca "Dr. Benjamín Orozco" de la Facultad de Química y Farmacia, Biblioteca de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Biblioteca de la Facultad de Medicina, Biblioteca de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, la Biblioteca Central de la Universidad. También se realizó una investigación de campo en la biblioteca Dr. Benjamín Orozco, enfocándose en trabajos de graduación del período 1990-2010 sobre alimentos de amaranto, ya sea solos o mezclados con otros granos.

Cada una de las investigaciones fueron leídas y la información de ellas se resumió en un formato que contiene la siguiente información.

- El título que contesta las preguntas fundamentales ¿Qué se hizo? y ¿Dónde se hizo?
- El resumen que es un párrafo breve que resume lo que se investigó en el proyecto, los métodos usados, los resultados obtenidos y las conclusiones principales.
- La introducción en la que debe incluirse la problemática a tratar, lo escrito por otros autores, el objetivo y la hipótesis.
- Los Materiales y métodos que explican cómo se realizó la investigación
- Los resultados y discusión se pueden presentar como:
 - a) Resultados: Esta sección se escribe en tiempo pasado, sólo se incluyen los datos obtenidos, no los resultados deseados, enfatizando los resultados más importantes, se pueden incluir , tablas y gráficas (las tablas y las gráficas deben identificarse y numerarse correctamente).
 - b) Discusión: Se explican e interpretan los resultados, comparándolos con investigaciones relevantes realizadas previamente. Si los resultados difieren de lo esperado, se exploran las razones, mencionar las limitaciones que tuvo el trabajo, e incluir sugerencias para mejorar el experimento.
- Las Conclusiones que se relacionaran con los objetivos planteados en la investigación.
- Recomendaciones: en esta se dará una sugerencia para enriquecer la investigación.
- La Literatura citada o bibliografía será redactada de acuerdo al formato específico de cada trabajo de investigación

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

El número total de las investigaciones encontradas fueron 14; de las cuales 6 son trabajos de graduación para optar al grado de: Licenciado en Química y Farmacia perteneciente a la Facultad Química y Farmacia, 1 para optar al grado de Ingeniero Agrónomo perteneciente a la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, 2 para optar al grado de Licenciado en Química, 1 para optar al grado de Licenciado en Biología de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, 3 para optar al grado de Licenciado en Química de la Facultad Multidisciplinaria de Occidente y 1 para optar al grado de Licenciado en Nutrición, de la Facultad de Medicina. (Ver tabla No. 1)

Tabla No. 1: Trabajos de investigación desarrollados en la Universidad de El Salvador de productos alimenticios para consumo humano elaborados con base en *Amaranthus cruentus* (Amaranto) y sus mezclas, catalogados por Tema Autores, Facultad y año.

No.	Tema	Autores	Facultad	Año
1	Elaboración de Productos a Base de Amaranto y Su Aceptación en Niños de Edad preescolar en la Guardería “Armin Matli” de San salvador	Alas Marín L.E, Ayala Gomez Y.E., Escobar Hernandez T.J. Madariaga Hernandez L.M.	Facultad de Medicina	1992
2	Determinación de la Composición Química Proximal y Evaluación Sensorial, de Productos Alimenticios Elaborados Utilizando Amaranto, Cultivado en la Zona Occidental de El Salvador	Funes Figueroa, I.I.	Facultad Multidisciplinaria de Occidente	1992
3	Utilización del Grano de Amaranto y Elaboración de Horchata, Atole y Dulce	Reyes Valiente, L.A.	Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas	1993
4	Efecto de la Fecha de Siembra en Cinco Variedades, 7 USA, 8 USA, 20 USA y 17 GUATEMALA “Amaranto” <i>Amaranthus cruentus</i> , Sobre el Desarrollo de la Planta, Rendimiento y Calidad de la Semilla Durante la Estación Lluviosa en San Andres, La Libertad	Escobar Lechuga R.A., Valencia Ayala T.J.	Facultad de Química y Farmacia	1993
5	Determinación y Comparación de los Contenidos de Grasa, Proteínas y Lisina, en la Semilla de Amaranto (<i>Amaranthus cruentus</i> sp) Sometida a Tratamiento Radiológico, Obtenida en la Primera Generación con Relación a la Semilla no Irradiada.	Barahona J.S.	Facultad Multidisciplinaria de Occidente	1995
6	Cuantificación del Escualeno en el Aceite del Grano de Amaranto, Cultivado en Tres Localidades a Diferentes Altitudes de la Zona Occidental de El Salvador.	Morán Morán, A.W., Rodríguez Melara, G., Coto N.M.	Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas	1995
7	Elaboración de un Alimento Infantil de Alto Valor Nutricional a Base de Amaranto (<i>Amaranthus cruentus</i>) – Arroz (<i>Oriza sativa</i>) y Amaranto (<i>Amaranthus cruentus</i>) – Maiz (<i>Zea mays</i>).	López Araya, C. I., López Godoy, P. M., Núñez Rivas., M. J.	Facultad de Química y Farmacia	1998
8	Factibilidad Tecnológica en la Preparación de Nachos y Corn Chips Fortificados con Amaranto (<i>Amaranthus cruentus</i>)”	Argumedo Catota W. A., Bernal Molina N. C., Valle Orellana V. E.	Facultad de Química y Farmacia	1999

9	Fortificación Nutricional de Barquillos Mediante la Sustitución Parcial de Harina de Trigo por Harina de Amaranto	Arévalo Rodríguez R.M., Martínez Menéndez L.B, Reyes Ponce J.L	Facultad de Química y Farmacia	2000
10	Elaboración de Pastas Alimenticias de Harina Blanca de Trigo Fortificadas con Amaranto (<i>Amaranthus cruentus</i>).	Arévalo Peraza R. A., Orellana Ramirez M. A.	Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas	2001
11	Cuantificación del Contenido de Ácido Fítico en Cuatro Harinas del Grano de Amaranto Obtenidas con Diferentes Tratamientos y en el Grano sin Tratar.	Solano Jiménez, R.P	Facultad de Química y Farmacia	2002
12	Variabilidad en el Contenido de Aceite y Escualeno en 21 Variedades de Amaranto.	Barrientos Magaña J.P, Orellana Rivera M.A	Facultad Multidisciplinaria de Occidente	2006
13	Elaboración de una Formula de Harina para Horchata que Sustituya en su Composición un Porcentaje de Grano de <i>Oryza sativa</i> (Arroz) por <i>Amaranthus cruentus</i> (Amaranto)	Ayala Arévalo, L. G. López Avilés C. A.	Facultad de Química y Farmacia	2006
14	Estudio de Factibilidad Técnica para la Producción de Harina de Amaranto (<i>Amaranthus spp.</i>)	Carpio Escobar, J M	Facultad de Ingeniería y Arquitectura	2009

Estos trabajos fueron revisados y resumidos siguiendo un formato específico (Ver figura No. 1) para presentar al lector un documento con los aspectos más relevantes de los trabajos de investigación encontrados. De igual manera se elaboró un listado de los productos con mayor aceptación o calidad nutricional, que fueron elaborados en los trabajos de investigación recopilados. (Ver tabla No.2)

Tabla No. 2: Listado de productos con mayor aceptación elaborados con base en amaranto y sus mezclas.

Listado de productos con mayor aceptación	Porcentaje de harina (%) de los cereales utilizados					
	Amaranto (%)	Arroz (%)	Maíz (%)	Trigo (%)	Soya (%)	Ajonjolí (%)
Pastelitos	30	-----	-----	30	30	-----
Galletas de trigo – amaranto	50	-----	-----	25	-----	-----
Horchatas de amaranto	40	35	-----	-----	-----	25
Dulce de amaranto	100	-----	-----	-----	-----	-----
Atol de amaranto nixtamalizado - arroz	50	50	-----	-----	-----	-----
Atol de amaranto nixtamalizado - maíz	50	-----	50	-----	-----	-----
Nachos amaranto – maíz	67	-----	33	-----	-----	-----
Cornchips de Amaranto – maíz	67	-----	33	-----	-----	-----
Barquillo trigo – amaranto	20	-----	-----	80	-----	-----
Pasta amaranto - trigo	30	-----	-----	70	-----	-----
Salpores	50	-----	-----	50	-----	-----
Pan tostado	20	-----	-----	80	-----	-----

Cabe mencionar que una copia de esta investigación se envió a la Comisión de Seguridad Alimentaria y Nutricional de la Universidad de El Salvador (COSANUES), para que sirva de apoyo y se evidencie que en la Universidad de El Salvador hay investigaciones en pro de la seguridad alimentaria.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Entre 1990 y 2010, se identificaron 14 trabajos de graduación en la Universidad de El Salvador enfocados en alimentos para consumo humano elaborados con base en amaranto y sus mezclas. Las investigaciones evidenciaron la alta aceptación y valor nutricional de estos productos entre la población. Algunos de los alimentos más destacados incluyen pan dulce, pastelitos, pan tostado, pan de amaranto crudo, salpores, galletas de trigo-amaranto, pasta amaranto-trigo, barquillo trigo-amaranto, dulce de amaranto, nachos amaranto-arroz, cornchips de amaranto-arroz, horchatas de amaranto, atol de amaranto nixtamalizado-arroz, atol de amaranto nixtamalizado-maíz y pastas alimenticias. Las mezclas más nutritivas del amaranto con otros cereales incluyen arroz y trigo en proporciones de 30% amaranto y 70% de arroz o trigo. La Facultad de Química y Farmacia realizó la mayoría de estos trabajos de investigación durante el periodo estudiado. La propuesta de investigación sugiere apoyar tanto la investigación nutricional como la agronómica del *Amaranthus cruentus*, *Amaranthus caudatus* y *Amaranthus hypochondriacus* (amaranto) debido a su importancia como alimento humano. Se recomienda difundir la importancia económica y nutricional del amaranto entre quienes elaboran productos de panificación y bebidas, incentivando el uso en dichos productos. Además, se busca promover el cultivo y la producción del amaranto a través de instituciones relacionadas con la agroindustria para combatir deficiencias nutricionales en sectores vulnerables. Finalmente, se propone a la Comisión de Seguridad Alimentaria y Nutricional de la Universidad de El Salvador (COSAN-UES) dar a conocer esta investigación para mejorar la seguridad alimentaria y nutricional de la comunidad universitaria.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

<https://repositorio.ues.edu.sv/bitstreams/2c7671ac-b4ef-4954-844a-382b4e7db3c9/download>

PROPUESTA DE FORMULACIÓN DE GALLETAS ELABORADAS CON HARINA COMPUESTA DE *Amaranthus cruentus* (AMARANTO) Y *Sorghum bicolor* L. Moench (SORGO).

Mónica Patricia Guzmán Urrutia
Pamela Guadalupe López Lemus

Abril 2015

RESUMEN

El sorgo es altamente adaptable a condiciones agroecológicas desfavorables, principalmente debido a su resistencia a la sequía, lo que lo convierte en una alternativa prometedora para la alimentación humana. Al igual que el amaranto, el sorgo tiene un alto contenido de proteínas, ceniza y fibra cruda. Por ello, se decidió mezclar ambos granos para crear alimentos nutricionalmente ricos. En esta investigación, se emplearon cuatro proporciones diferentes de harina de sorgo y amaranto (75:25, 50:50, 25:75 y 27:63) para elaborar galletas.

Se realizó una prueba hedónica en la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador con 50 panelistas de ambos sexos y diferentes edades (18 a más de 30 años), divididos en 5 grupos de 10 personas. El análisis de varianza (ANOVA) de los resultados indicó que la galleta con la mezcla 50:50 sorgo-amaranto fue la más aceptada, categorizada como “me gusta mucho”.

Se realizaron análisis bromatológicos proximales (determinación de humedad, materia seca, ceniza, proteína, extracto etéreo, fibra cruda y carbohidratos) y microbiológicos (*Escherichia coli*, hongos y levaduras) tanto en la galleta como en la harina compuesta de la formulación 50:50, en los laboratorios de la Facultad de Química y Farmacia, la Facultad de Ciencias Agronómicas y el Centro de Investigación y Desarrollo en Salud (CENSALUD).

Los valores obtenidos se compararon con las normativas del CODEX STAN 173-1989 y el RTCA 67.04.50:08, cumpliendo con los criterios microbiológicos para la inocuidad de alimentos. Basado en estos resultados, se recomienda elaborar más alimentos con mezclas de harina de sorgo y amaranto. Además, se sugiere que el Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal “Enrique Álvarez Córdova” (CENTA) promueva el cultivo de amaranto debido a su alto valor nutricional y su potencial como ingrediente innovador para nuevos productos alimenticios.

Palabras Clave: Amaranto, Sorgo, Harina compuesta, Galletas

ABSTRACT

Sorghum is highly adaptable to unfavorable agroecological conditions, mainly due to its resistance to drought, making it a promising alternative for human consumption. Like amaranth, sorghum has a high protein, ash and crude fiber content. Therefore, it was decided to mix both grains to create nutritionally rich foods. In this research, four different proportions of sorghum and amaranth flour (75:25, 50:50, 25:75 and 27:63) were used to make cookies.

A hedonic test was carried out at the Faculty of Chemistry and Pharmacy of the University of El Salvador with 50 panelists of both sexes and different ages (18 to over 30 years), divided into 5 groups of 10 people. The analysis of variance (ANOVA) of the results indicated that the cookie with the 50:50 sorghum-amaranth mixture was the most accepted, categorized as “I like it a lot”.

Proximal bromatological analyses (determination of moisture, dry matter, ash, protein, ether extract, crude fiber and carbohydrates) and microbiological analyses (*Escherichia coli*, fungi and yeasts) were performed on both the biscuit and the flour composed of the 50:50 formulation, in the laboratories of the Faculty of Chemistry and Pharmacy, the Faculty of Agricultural Sciences and the Center for Health Research and Development (CENSALUD).

The values obtained were compared with the regulations of CODEX STAN 173-1989 and RTCA 67.04.50:08, complying with the microbiological criteria for food safety. Based on these results, it is recommended to produce more foods with mixtures of sorghum and amaranth flour. In addition, it is

suggested that the National Center for Agricultural and Forestry Technology “Enrique Álvarez Córdova” (CENTA) promote the cultivation of amaranth due to its high nutritional value and its potential as an innovative ingredient for new food products.

Key Words: Amaranth, Sorghum, Compound Flour, Cookies

INTRODUCCIÓN

El sorgo ha ganado popularidad entre los pequeños y medianos agricultores en El Salvador debido a su adaptabilidad y resistencia a la sequía, convirtiéndose en el segundo grano más cultivado del país. Al igual que el amaranto, el sorgo tiene un alto contenido en proteínas, ceniza y fibra cruda. En esta investigación, se mezclaron harinas de sorgo y amaranto en proporciones de 75:25, 50:50, 25:75 y 27:63 para elaborar galletas. Se realizó una prueba hedónica con 50 panelistas de diferentes edades y sexos en la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador. Los resultados del análisis de varianza (ANOVA) indicaron que la mezcla 50:50 fue la más aceptada. Se realizaron análisis bromatológicos y microbiológicos en la galleta y la harina, cumpliendo con las normativas del CODEX STAN 173-1989 y el RTCA 67.04.50:08. La investigación, realizada entre mayo y noviembre de 2014, sugiere promover el cultivo de amaranto en El Salvador debido a su alto valor nutricional y potencial innovador para nuevos productos alimenticios, además de la elaboración de más alimentos con mezclas de harina de sorgo y amaranto.

EQUIPOS E INSTRUMENTACIÓN

Materiales y Equipos

- Caja de aluminio
- Estufa
- Pinzas
- Desecador
- Mortero y Pistilo
- Espátula
- Balanza analítica digital
- Mufla
- Crisol
- Aparato para la extracción de grasa, Soxhlet
- Beakers
- Dedales de extracción
- Hot-plate
- Probetas
- Papel filtro
- Matraces de digestión para micro – kjeldahl
- Pipetas de morf
- Erlenmeyers
- Aparato de destilación para micro – kjeldahl
- Bureta
- Goteros
- Aparato digestor para micro – kjeldahl
- Aparato de extracción que consiste de calentadores individualmente controlados y condensadores enfriados por agua
- Recipiente para digestión
- Tela de lino con aproximadamente 20 hilos por cm número 40

Reactivos

- Alcohol etílico 95% o éter etílico
- Éter dietílico, anhidro
- Ácido sulfúrico libre de nitrógeno
- Solución de hidróxido de sodio al 40%
- Solución de ácido bórico al 4%
- Solución indicadora de verde de bromocresol
- Solución de Rojo de metilo
- Reactivo de kelpack (Sulfato de potasio, Sulfato de cobre)
- Solución de ácido sulfúrico 0.025 N
- Solución de ácido sulfúrico 0.255 N
- Solución de hidróxido de sodio 0.313 N
- Anaranjado de metilo
- Fenolftaleína
- Alcohol etílico

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Proceso para la obtención de la harina de sorgo

- Limpiar y seleccionar el grano.
- Lavar el grano con abundante agua y con una solución de Hipoclorito de sodio de 500 ppm.
- Secar el grano a 100 °C durante 20 minutos. Posteriormente tostar el grano a 160 °C durante 7 minutos.
- Enfriar el grano hasta temperatura ambiente para proceder a molerlos.
- Cuando la harina está fría, empacarla en bolsas de plástico y posteriormente en bolsas de papel kraft.

Proceso para la obtención de harina de amaranto

- Limpiar el grano, si está muy sucio lavar con agua caliente y bicarbonato de sodio al 10 % para separar los granos defectuosos. Secar al sol sobre sacos durante 8 horas.
- Calentar un comal o cacerola a 160°C y colocar el grano. Reventar el grano exponiéndolo al calor durante 20 a 25 segundos. Los granos quemados deben retirarse.
- Enfriar el grano reventado hasta temperatura ambiente, y luego molerlo para obtener la harina.
- Cuando la harina está fría, empacarla en bolsas de plástico y posteriormente en bolsas de papel kraft.

Procedimiento para realizar la harina compuesta

- Pesar la harina de sorgo y amaranto respectivamente para realizar las diferentes formulaciones.
- Agregar las cantidades de harina compuesta para cada formulación en una bolsa plástica con capacidad para cinco libras, simulando un mezclador volteador colocar las dos harinas en la bolsa de 5 libras y mezclar durante cinco minutos.
- Empacar la harina en una bolsa de papel Kraft e identificar cada una de las formulaciones. Almacenar en un lugar limpio y seco.

Procedimiento de elaboración de las galletas

- Pesar en una balanza analítica los ingredientes de la formulación.
- Mezclar la harina compuesta con la canela, leche en polvo, fécula de maíz, sal y azúcar.
- A la mezcla anterior añadir la mantequilla y homogenizar.
- Agregar el agua y mezclar hasta tener una masa homogénea.
- Dejar reposar por 10 minutos.
- Moldear la masa en galletas y hornear a 300°F (148°C) durante 10 a 12 minutos.
- Enfriar las galletas y almacenar en bolsas de papel kraft.

Análisis Sensorial

La evaluación sensorial de las galletas se realizó en la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador. Se contó con cinco grupos de 10 panelistas cada uno de ambos sexos, de diferentes edades quienes evaluaron las 3 formulaciones de galletas elaboradas. Las características sensoriales a evaluar fueron: color, sabor y textura; calificándolas en me gusta mucho, me gusta poco, no me gusta ni disgusta, me disgusta poco, me disgusta mucho.

La prueba hedónica se realizó no más de 12 horas después de elaboradas las galletas. Y se aseguró que los panelistas no tuvieran contacto visual entre sí. Antes de iniciar la evaluación, se les dieron las indicaciones a los panelistas sobre la manera correcta de realizar el llenado del instrumento. Posteriormente a cada uno de los panelistas se les entregaron muestra de las tres formulaciones de galletas (codificadas como F1, F2, F3 y F4) en platos idénticos conteniendo una galleta de cada formulación.

Análisis bromatológico proximal de la galleta mejor evaluada y de la harina compuesta.

Cada determinación que se lista a continuación se realizó por triplicado y se presenta como resultado el promedio de las tres repeticiones.

- Determinación de humedad y materia seca.
- Determinación de ceniza

- Determinación de extracto etéreo
- Determinación de fibra cruda.
- Determinación de nitrógeno y proteína
- Determinación de carbohidratos
- Análisis microbiológico: Determinación de Coliformes Totales, Coliformes Fecales, Determinación de E. coli, Determinación de mohos y levaduras

RESULTADOS

Recolección de la muestra

Las 100 libras de granos de sorgo variedad RCV fueron recolectadas en el Cantón Alemán Nahuilingo, Sonsonate y se recolectaron 100 libras de grano de amaranto variedad Don Armando en el municipio de Atiquizaya, Departamento de Ahuachapán ambas muestras fueron sometidas al proceso de secado por el agricultor de dicho grano quienes posteriormente lo entregaron para la realización de esta investigación.

Obtención de la harina de Sorgo y Amaranto

Para la obtención de la harina de sorgo y de amaranto, previamente se procedió a retirar restos de materiales extraños (Trozos de hojas secas, piedras etc.). El proceso de molienda se realizó en molino de Nixtamal, el cual se desinfectó usando torundas de algodón impregnadas con una solución de Amonio Cuaternario para evitar contaminación de la harina. Las harinas obtenidas, presentaron una textura suave al tacto, olor característico, color café claro y café oscuro para el sorgo y amaranto, respectivamente.

Elaboración de la harina compuesta

Se procedió a pesar cada una de las cantidades (g) de harina detalladas en la Tabla No.1 en una balanza de cocina, para obtener de esta manera la harina compuesta.

Tabla No.1 Pre-Formulación de harina compuesta (P/P).

Propuesta de pre-formulación de harinas	Sorgo (%)	Amaranto (%)
Pre-formulación 1	75	25
Pre-formulación 2	50	50
Pre-formulación 3	25	75
Pre-formulación 4	27	63

Elaboración de galletas

Para la elaboración de las galletas se siguió a detalle el proceso descrito en el procedimiento experimental, obteniéndose una masa firme, áspera o robusta, dificultando la manipulación (para el moldeo de las galletas). Con el fin de facilitar dicha dificultad se modificó la composición de la galleta formulada, adicionándole huevo y poder obtener una masa, más fácil de manipular (ver Tabla No. 2). Se moldearon las galletas y se hornearon a 300C° por 30 minutos. Y permitió obtener galletas de mejor forma y consistencia se procedió a la realización de otras tres formulaciones usando la misma metodología. El color de las galletas fue variable de acuerdo a la proporción de cada harina utilizada en la mezcla, siendo más oscuras las galletas con mayor proporción de amaranto.

Tabla No. 2 Propuesta de formulación de galletas para un kilogramo de mezcla.

Materias Primas	Cantidad (g)
Harina compuesta	420
Mantequilla	125
Huevo	100

Azúcar	170
Leche en polvo	170
Canela	2
Sal	1
Fécula de maíz	1
Agua	11
Total	1000

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Selección de la formulación más aceptada.

El grado de aceptabilidad de un producto es medido a partir de las características: color, sabor y textura pero sobre todo es la valoración que el consumidor realiza de acuerdo a su propio criterio. En la tabla No. 3 se muestra un resumen de los valores de medias LD al 95% de confianza en donde se puede observar que la mejor formulación se determinó al comparar los resultados obtenidos en el análisis estadístico en cuanto a textura, color y sabor, por lo que claramente muestra a la formulación 2 la cual corresponde a las proporciones de 50:50 es la que obtuvo mejor aceptación por parte de los panelistas por lo tanto fue la formulación a la cual se le realizaron los análisis fisicoquímicos y microbiológicos.

Tabla No. 3 Resumen de valores de medias LS al 95 % de confianza

	Textura	Color	Sabor
Formulación 1	4.12	4.18	3.84
Formulación 2	4.56	4.36	4.24
Formulación 3	3.78	3.64	3.22
Formulación 4	3.22	3.48	2.94

Análisis Fisicoquímico

En la tabla No. 4 se presenta un resumen de los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico de la harina compuesta (50:50) y de la galleta formulada a partir de la harina compuesta, observando como difieren algunos resultados; al ser dos productos obtenidos a través de diferentes procedimientos (triturado, tostado, etc.) podemos inferir que algunos factores (temperatura, tamaño de partícula, adición de otros componentes, etc.) influyen en la degradación de algunos componentes químicos propios de los granos. Así mismo podemos observar, que al incluir dos granos como el sorgo y el amaranto en un alimento hay un incremento significativo en los nutrimentos que lo constituyen.

Tabla No. 4: Resultado del análisis bromatológico proximal de la harina compuesta en proporciones de 50:50 Sorghum bicolor (sorgo) y Amaranthus cruentus (amaranto) y de la galleta elaborada a partir de dicha harina

Parámetro	Harina Compuesta (%)	Galleta (%)
Humedad	6.59	4.05
Materia Seca	93.41	95.95
Ceniza	2.44	1.75
Extracto Etéreo	11	26.65
Proteína	10.25	8.76
Fibra	6.49	6.19
Carbohidratos	63.23	52.6

Análisis Microbiológico

Al observar los resultados del análisis microbiológico tanto en la mezcla de harina compuesta como en las galletas, se puede inferir que las condiciones sanitarias del manipulador de alimentos, de los utensilios y/o equipos empleados para la obtención de la misma, son óptimas; deduciendo que se cumplen con hábitos higiénicos para la desinfección y limpieza de equipos, así mismo de las manos del o de los manipuladores. Al observar un recuentos en mohos y levadoras inferiores a los límites especificados, podemos inferir que las condiciones ambientales en la que se lleva a cabo la producción son adecuadas. Los análisis microbiológicos mostraron que la harina compuesta y la galleta se encontraban libre de E.coli y cumplen con las especificaciones del RTCA 67.04.50:08 Alimentos. Criterios Microbiológicos para la inocuidad de Alimentos.

Tabla No. 5 Resultados obtenidos del análisis Microbiológico de las galletas elaboradas por Harina compuesta de Sorgo y amaranto 50:50

Determinación	Resultados	Especificaciones
Recuento de <i>Escherichia coli</i>	< 3 NMP/g	< 3 NMP/g
Recuento de Hongos y Levaduras	< 200 UFC/g	-----

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las galletas elaboradas con cada una de las cuatro pre-formulaciones, presentaron diferentes características organolépticas.

La evaluación hedónica es de suma importancia cuando se está formulando alimentos ya que se pueden elaborar alimentos con un alto valor nutricional, pero si no presenta características sensoriales agradables, no será consumido por la población.

La harina de Sorgo y Amaranto no contienen gluten por lo cual, cualquier alimento preparado con esta harina puede ser consumido por personas intolerantes a esta proteína (celiacos).

La harina y la galleta mejor evaluada cumplen con las especificaciones de E. coli y mohos y levaduras del RTCA 67:04:50:08. Alimentos criterios microbiológicos para la inocuidad de alimentos, por lo que es un alimento apto para consumo humano de todas las edades.

Se recomienda:

Promover el desarrollo agrícola del cultivo de amaranto en el país, a través del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal “Enrique Alvarez Córdova” (CENTA), ya que posee un alto valor nutricional y puede ser utilizado como una alternativa novedosa para el desarrollo de nuevos productos alimenticios.

En futuras investigaciones, realizar estudios de estabilidad para conocer el tiempo de anaquel de la harina compuesta formulada y de las galletas elaboradas en esta investigación.

Formular otros alimentos a partir de la harina compuesta y realizar prueba hedónica para conocer la aceptación de los alimentos formulados.

Cuantificar el contenido de Fosforo, Calcio, Hierro y Zinc, en la determinación de ceniza de la galleta mejor evaluada para estipular la cantidad de minerales que aporta a nuestro organismo.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

<https://repositorio.ues.edu.sv/bitstreams/ea4ed38c-900b-4b6b-b404-81a6ec320652/download>

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS – INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

EVALUACIÓN DE UNA MEZCLA FARINÁCEA DE SORGO (*Sorghum spp L.*) Y MAÍZ (*Zea mays L.*) EN SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL TRIGO (*Triticum durum L.*) COMO UNA ALTERNATIVA ALIMENTICIA EN LA ELABORACIÓN DE PASTAS Y SU INFLUENCIA EN LAS CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS.

Claudia Stefany Peña Trejo

Abril 2024

RESUMEN

La investigación, realizada entre septiembre 2021 y junio 2022 en la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, evaluó una mezcla de harinas de sorgo y maíz para elaborar pasta alimenticia en forma de tallarín seco. Utilizando 16 indicadores (4 cualitativos y 12 cuantitativos), se buscó determinar las mejores características organolépticas y nutricionales. Se emplearon materias primas de calidad y se llevaron a cabo pruebas de aceptación con un panel no calificado, comparando tallarines de la investigación con una muestra comercial. Los resultados, analizados con pruebas estadísticas, mostraron que las mezclas con 20% y 30% de sustitución parcial de trigo por harinas de sorgo y maíz fueron bien aceptadas en términos de sabor, textura, color y olor. Además, se realizaron análisis bromatológicos y socioeconómicos, confirmando que estas mezclas cumplen con las normativas y ofrecen un producto nutritivo comparable a los comerciales. La aceptación del producto final variaba según la proporción de sustitución y el grosor de la pasta, siendo importante considerar estos factores para asegurar la calidad y aceptación del alimento.

Palabras Clave: farinácea, sorgo, maíz, sustitución parcial, pasta de tipo tallarín, análisis de aceptabilidad

ABSTRACT

The research, carried out between September 2021 and June 2022 at the Faculty of Agricultural Sciences of the University of El Salvador, evaluated a mixture of sorghum and corn flours to make pasta in the form of dry noodles. Using 16 indicators (4 qualitative and 12 quantitative), the aim was to determine the best organoleptic and nutritional characteristics. Quality raw materials were used and acceptance tests were carried out with an unqualified panel, comparing noodles from the research with a commercial sample. The results, analyzed with chi-square statistical tests, showed that the mixtures with 20% and 30% partial substitution of wheat by sorghum and corn flours were well accepted in terms of flavor, texture, color and smell. In addition, bromatological and socioeconomic analyses were carried out, confirming that these mixtures comply with regulations and offer a nutritious product comparable to commercial ones. Acceptance of the final product varied depending on the substitution ratio and thickness of the paste, and it was important to consider these factors to ensure food quality and acceptance.

Key Words: farinaceous, sorghum, corn, partial substitution, noodle-type pasta, acceptability analysis

INTRODUCCIÓN

Las pastas suelen elaborarse con sémola de trigo, pero recientemente se han comenzado a utilizar otros granos como sustitutos parciales, debido a sus propiedades organolépticas y nutricionales. La adición de diferentes materias primas en la preparación de pastas conlleva cambios en el proceso de producción y ofrece beneficios funcionales y de salud, asociados a los compuestos nutricionales de las harinas o almidones utilizados. El consumo de productos alimenticios fortificados es una tendencia en crecimiento. Esta investigación busca ofrecer una alternativa tecnológica y de calidad mediante la formulación de una mezcla de harina de sorgo y maíz, con el fin de sustituir parcialmente el trigo y enriquecer la pasta con las

propiedades nutricionales del sorgo y el maíz, logrando un producto alimenticio con mayor valor nutricional y competitivo en el mercado.

EQUIPOS E INSTRUMENTACIÓN

- Molinillo de discos
- Báscula digital
- Deshidratador
- Mini selladora térmica
- Máquina laminadora de pasta
- Cocina a gas
- Olla
- Bolsas de polietileno

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Elaboración de fórmulas

Para esta fase se realizaron las formulaciones de forma proporcional y se seleccionaron aquellas que mostraron mejores resultados, de las muestras de pasta alimenticia en forma de tallarín seco, teniendo condiciones de temperaturas secas y tiempo homogéneos para todas las pastas alimenticias independiente y teniendo como testigo a la marca comercial. en blanco. En la Tabla No. 1 se muestra las formulaciones utilizadas los ensayos.

El procedimiento utilizado se detalla a continuación:

Recepción de materias primas

Se verificaron las condiciones de humedad y temperatura de la materia prima, además se seleccionaron los granos para evaluación visual de daño, tamaño, color y olor homogéneos.

Pesado

Se realizó según las fórmulas, pesando las cantidades correspondientes a utilizar de materia prima.

Limpieza y selección

Se eliminaron los granos que no cumplieron con las características deseadas de un buen grano sano: granos sin daño visual, buen tamaño, color y olor homogéneos.

Lavado de grano de maíz.

Los granos de maíz se lavaron en agua potable, para posteriormente llevarlos al nixtamalizado y eliminar el excedente de humedad, para luego hacer el secado en horno secador por 24 horas a 60 – 80 °C.

Preparado de grano de sorgo.

Se seleccionaron los granos de sorgo, se lavan y se elimina el excedente de humedad para ser secado por 24 horas a 60 – 80 °C.

Triturado.

Los granos son fracturados para obtener un producto semi-elaborado hasta llegar a lo requerido para la molienda de la harina a utilizar.

Molienda.

Se realiza en molino nixtamal hasta obtener la finura necesaria para la harina.

Tamización.

Se separa el diámetro de la partícula mediante una serie de telares específicos del tamizado hasta llegar a 150 mesh. Estos se clasifican de acuerdo a la granulometría como harina flor, harina, salvadillo y salvado.

Mezclado.

Se deja un hueco en medio de la mezcla de harinas, para incorporar los demás ingredientes y se realiza un movimiento envolvente para obtener un resultado homogéneo y garantizar las especificaciones técnicas de la pasta.

Amasado.

Se adicionan aproximadamente 40 g de agua (adicionales a la formulación); para dar homogeneidad, uniformidad, manejabilidad y humectación a la mezcla al procesar el producto. El tiempo de amasado lleva alrededor de 5 a 10 minutos, dependiendo del tipo de harina que se está procesando.

Reposado.

La pasta se deja en un lugar seco y en un recipiente tapado para que la masa termine de absorber todo el sabor y acentuarse por 30 minutos.

Laminado.

En una máquina laminadora, se realiza varias veces el aplanado, para obtener uniformidad en el grosor de la pasta resultante.

Trefilado

La pasta laminada es introducida entre dos cilindros para darle forma de cintas largas y delgadas (tallarín). Se corta con máquina los trechos según la longitud adecuada para su posterior secado.

Secado.

Para un secado se utilizó un deshidratador de alimentos se dejó por 3 horas a 45°C para obtener un producto estándar. Luego, se enfría el producto en un lugar seco y fresco por 10 minutos antes de empacar o utilizar.

Cocción de pasta.

Colocar en una olla, alrededor de 0.95 L de agua potable con una pizca de sal, se deja que alcance la ebullición y añadir la pasta dejar 7 a 15 minutos para su cocción.

Tabla No. 1: Formulaciones de mezclas farináceas trigo, maíz y sorgo

Fórmula	Ingrediente	Medidas	Proporción %	Total
F5	Harina de trigo extra fuerte	80 g	80	100
	Harina de maíz amarillo	5 g	5	
	Harina de Sorgo	5 g	5	
	Aceite vegetal de maíz	8 g	8	
	Achiote en polvo	1 g	1	
	Sal común	1 g	1	
F4	Harina de trigo extra fuerte	70 g	70	100
	Harina de maíz amarillo	10 g	10	
	Harina de Sorgo	10 g	10	
	Aceite vegetal de maíz	8 g	8	
	Achiote en polvo	1 g	1	
	Sal común	1 g	1	
F3	Harina de trigo extra fuerte	60 g	60	100
	Harina de maíz amarillo	15 g	15	
	Harina de Sorgo	15 g	15	
	Aceite vegetal de maíz	8 g	8	
	Achiote en polvo	1 g	1	
	Sal común	1 g	1	
F2	Harina de trigo extra fuerte	50 g	50	100
	Harina de maíz amarillo	20 g	20	
	Harina de Sorgo	20 g	20	
	Aceite vegetal de maíz	8 g	8	
	Achiote en polvo	1 g	1	
	Sal común	1 g	1	
F1	Harina de trigo extra fuerte	40 g	40	100
	Harina de maíz amarillo	25 g	25	
	Harina de Sorgo	25 g	25	
	Aceite vegetal de maíz	8 g	8	

	Achiote en polvo	1 g	1	
	Sal común	1 g	1	

Análisis microbiológico

Para el análisis microbiológico, se envió muestra de media libra en pasta alimenticia del 20% de sustitución parcial del trigo, al laboratorio LECC el control de calidad microbiológica en *Escherichia coli*.

Determinación del aporte nutricional

Se evaluó el aporte nutricional de las mezclas farináceas por el método indirecto a partir de una tabla de composición de alimentos. El tamaño de porción y la etiqueta nutricional con base a tablas CODEX, FDA, RTCA y MINSAL.

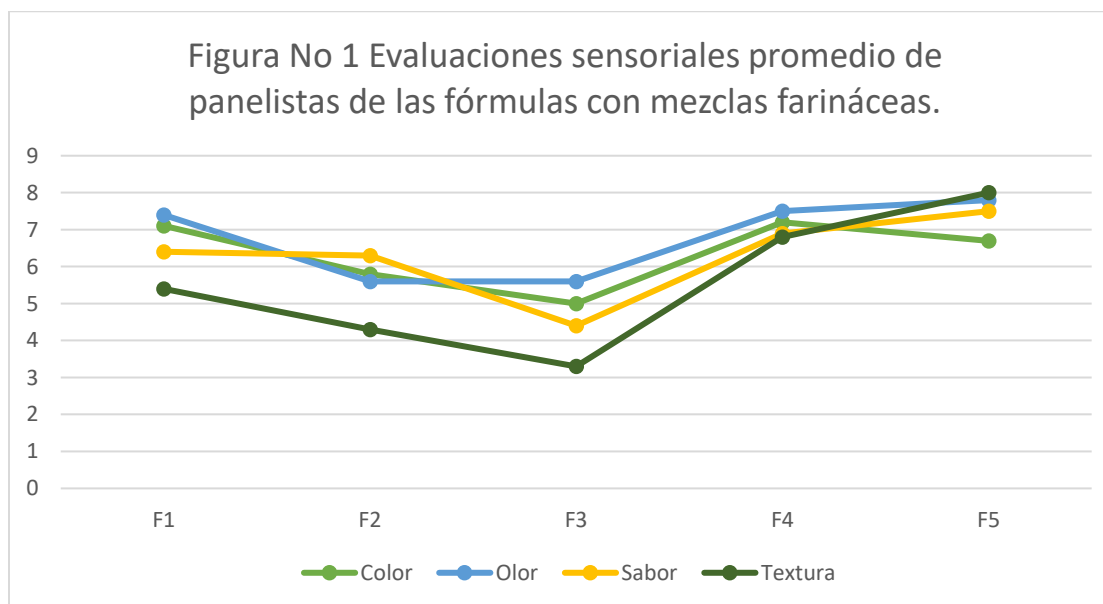
RESULTADOS

Análisis de atributos sensoriales en prueba de aceptabilidad en consumidores

Las pruebas de aceptabilidad se emplean para determinar el grado de aceptación de un producto por parte de los consumidores. Para determinar la aceptabilidad de un producto se utilizó un instrumento, en el cual se presentaron las fórmulas a ser evaluada en comparación a una marca comercial, en cuanto a características de: color, olor, sabor y textura, con el fin de determinar la formulación más aceptable.

Tabla No. 2 Evaluaciones sensoriales promedio de panelistas de las fórmulas con mezclas farináceas.

	F1 (40% mezcla en sustitución)	F2 (50% mezcla en sustitución)	F3 (60% mezcla en sustitución)	F4 (30% mezcla en sustitución)	F5 (20% mezcla en sustitución)
Color	7.1	5.8	5	7.2	6.7
Olor	7.4	5.6	5.6	7.5	7.8
Sabor	6.4	6.3	4.4	6.9	7.5
Textura	5.4	4.3	3.3	6.8	8



ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Los datos obtenidos muestran que la sustitución parcial del 60% de harina de trigo, presenta menor calificación promedio en aceptación, mientras que las sustituciones de 20% y 30% presentan mayor calificación relativamente; siendo la de 20% la de mejor aceptación; Es decir que, a mayor sustitución del trigo, en las formulaciones, mayor es la perceptibilidad de sabores por la combinación de harinas de sorgo y maíz. También es evidente.

Análisis de costos variables

En la tabla No. 3, se aprecia la comparación de los costos variables entre las dos fórmulas seleccionadas que mejor fueron evaluadas por el consumidor, estos se basaron en la producción de 1 libra de tallarines de trigo con sustitución parcial con mezcla de harina de maíz y sorgo. Las fórmulas incluyen, aceite vegetal de maíz, achiote y sal común, se le adicione el costo de la cantidad requerida para completar dichas fórmulas. El costo variable para producir tallarines fue de \$1.21 a \$1.20 por paquete de presentaciones de 250 gramos en comparación de \$1.45 de paquete comercial de tallarines en presentación de 250 gramos. Se observó una considerable reducción en los costos variables debido a la adición de harina de maíz y sorgo, reduciendo la cantidad de harina de trigo en el producto.

Tabla No. 3 Costos variables de la elaboración de tallarines de harina de trigo, con sustitución parcial con mezcla de harina de maíz y sorgo

Insumos	Unidad	Costo Unitario	Cantidad (1 Libra)	Fórmulas		
				Comercial	F4 (30%)	F5 (20%)
Harina de trigo fuerte	libras	0.80	0.80	----	0.56	0.64
Harina de maíz amarillo	libras	1.20	1.20	----	0.12	0.06
Harina de sorgo	libras	0.60	0.60	----	0.01	0.01
Aceite vegetal de maíz	botella	6.45	0.80	----	0.01	0.01
Achiote	gramos	28.00	0.20	-----	0.01	0.01
Sal común	gramos	0.15	0.10	----	0.01	0.01
Paquete	Caja 25	5.00	0.20	----	0.40	0.40
Bolsa de polipropileno	Paquete 50	0.02	0.04	----	0.04	0.04
Total costo / 2 paquetes con 250 g				\$ 2.90	\$1.21	\$ 1.20
Total costo / paquete con 250 g				\$ 1.45	\$ 0.61	\$ 0.60

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La investigación evaluó pastas para tallarines con sustitución parcial del 20% y 30% de trigo por una mezcla de harinas de sorgo y maíz. Las fórmulas con estas proporciones fueron bien aceptadas sensorialmente, con calificaciones mínimas de 6 y máximas de 10 en sabor, textura, color y olor, comparándolas favorablemente con productos comerciales. Se observó una mejora significativa en el contenido proteico de las pastas en comparación con una muestra comercial. Sin embargo, la cantidad de sustitución y el grosor de la pasta afectan la aceptación del producto final, siendo menos apetitosas las mezclas con mayor proporción de harinas alternativas. La fórmula con 20% de sustitución (F5) tuvo un menor costo en comparación con la de

30% (F4), con una diferencia de US\$0.01 entre ambas y US\$0.61 por unidad de 250 gramos. Las pastas elaboradas cumplieron con los criterios microbiológicos, presentando <3 NMP/g de Escherichia coli, y un adecuado control de calidad microbiológico.

La investigación recomienda evaluar el efecto de la mezcla de harinas de sorgo y maíz en la elaboración de pasta alimenticia a través de un estudio de vida útil acelerado, para determinar su influencia en la vida de anaquel. Se sugiere utilizar variedades específicas de sorgo y maquinaria especializada para mejorar las características organolépticas. También se propone usar una goma como aditivo viscoso para mejorar la estabilidad y elasticidad en sustituciones mayores al 30%. Finalmente, se sugiere determinar el contenido de humedad en las mezclas de harinas de sorgo y maíz para comparar el comportamiento durante el almacenamiento y la vida de anaquel.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

<https://repositorio.ues.edu.sv/bitstreams/1f7da8fe-8a84-4ff0-9a4f-a30b1f5311c5/download>

EVALUACIÓN DE LA ACEPTABILIDAD DE UNA HORCHATA NUTRITIVA ELABORADA CON CEREALES, MANÍ, MARAÑÓN, AJONJOLÍ Y GIRASOL EN LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR PARA SU ESTANDARIZACIÓN

Debbie Alejandrina Guevara Chávez
Stanley Wilfrido Tovar Blanco

Junio 2021

RESUMEN

El proyecto de investigación, desarrollado entre febrero de 2020 y enero de 2021 en la Universidad de El Salvador, tuvo como objetivo evaluar la aceptabilidad y el aporte nutricional de tres propuestas de horchatas elaboradas con cereales y semillas oleaginosas para los trabajadores de la universidad. Se utilizaron materias primas como maíz, sorgo, arroz, maní, marañón, ajonjolí, girasol, proteína de soya aislada, lecitina de soya y especias. Las bebidas se prepararon en la planta de procesamiento de frutas y hortalizas de la universidad, y se realizaron análisis de humedad y actividad de agua en el Parque Tecnológico en Agroindustria (PTA).

La evaluación sensorial se llevó a cabo mediante pruebas afectivas con una escala hedónica verbal, aplicadas a 348 trabajadores de la universidad, de entre 20 y 65 años. Los resultados se analizaron estadísticamente utilizando pruebas no paramétricas del cuantil y kruskal-wallis, y se determinó el aporte nutricional de las horchatas basándose en los valores nutritivos establecidos por el INCAP. Los resultados mostraron una aceptación estadística significativa para las tres horchatas, con más del 75% de la población calificándolas por encima de 4 puntos. La edad no influyó en la aceptación de las bebidas, y la horchata de maíz fue la más preferida y la que ofreció mayores beneficios nutritivos.

Palabras Clave: horchata, humedad, actividad de agua, evaluación sensorial, pruebas afectivas, escala hedónica verbal.

ABSTRACT

The research project, developed between February 2020 and January 2021 at the University of El Salvador, aimed to evaluate the acceptability and nutritional contribution of three horchata proposals made with cereals and oilseeds for university workers. Raw materials such as corn, sorghum, rice, peanuts, cashews, sesame, sunflower, isolated soy protein, soy lecithin and spices were used. The drinks were prepared at the university's fruit and vegetable processing plant, and moisture and water activity analyses were carried out at the Agroindustry Technology Park (PTA).

The sensory evaluation was carried out through affective tests with a verbal hedonic scale, applied to 348 university workers, aged between 20 and 65 years. The results were statistically analyzed using nonparametric quantile and Kruskal-Wallis tests, and the nutritional contribution of the horchatas was determined based on the nutritional values established by INCAP.

The results showed a statistically significant acceptance for the three horchatas, with more than 75% of the population rating them above 4 points. Age did not influence the acceptance of the drinks, and corn horchata was the most preferred and the one that offered the greatest nutritional benefits.

Key Words: horchata, humidity, water activity, sensory evaluation, affective tests, verbal hedonic scale.

INTRODUCCIÓN

Según el MINSAL (2013), las enfermedades relacionadas con una mala nutrición, como la desnutrición, diabetes, hipertensión, anemia, obesidad y problemas cardíacos, son una problemática global. Estas enfermedades se deben a la producción masiva de alimentos de baja calidad y alto contenido en grasas y aditivos. El concepto de "alimentos funcionales" surgió en Japón en los 80's como respuesta al crecimiento poblacional y para mejorar la calidad de la dieta y reducir gastos en salud. Los consumidores buscan productos nutritivos, de buena presentación y beneficiosos para la salud.

La horchata, bebida artesanal transmitida por generaciones en Centroamérica, es rica en minerales y vitaminas. En El Salvador, el 92.94% de la población de 5 a 45 años consume horchata, especialmente en polvo. En esta investigación se elaboraron tres horchatas nutritivas con maíz, sorgo o arroz y semillas como maní, girasol, ajonjolí y marañón, evaluadas sensorialmente para ser una opción de alimento funcional.

El estudio beneficiará a los adultos de la Universidad de El Salvador y a los consumidores de horchata, ofreciendo una bebida nutritiva y aceptable. Las horchatas a base de maíz, sorgo y arroz aportan diversos beneficios nutricionales, siendo ricas en energía, proteínas, fibra, hierro, potasio, calcio y carbohidratos, sin colesterol y con ácidos grasos saludables. Además, se espera beneficiar a los productores nacionales y servir como base para futuras investigaciones en el área de bebidas.

EQUIPOS E INSTRUMENTACIÓN

- Horno de ventilación forzada
- Molino para semillas
- Tamiz (mesh 300)
- Molino
- Balanza
- Empaque trilaminar aluminizado
- Olla de acero inoxidable
- Mezcladora de inmersión
- Licuadora
- Cocina a gas
- Embudo
- Frascos
- Agua
- Solución al 1% de hipoclorito de sodio

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Formulaciones en estudio

Se efectuaron diferentes pruebas de laboratorio para poder establecer la fórmula final de trabajo para elaborar las tres bebidas en estudio, compuestas en igual proporción de ingredientes variando únicamente los cereales: arroz, sorgo y maíz cuya función principal es brindarle volumen y cuerpo a la bebida, un buen aporte nutricional y ser un agente secuestrante de las grasas que producen las semillas de maní, marañón, ajonjolí y girasol.

Para la elaboración de los tres tratamientos en estudio se llevaron a cabo las siguientes etapas de proceso:

Recepción y selección: Se observó las características de color, olor, textura, empaques etc. para poder observar daños mecánicos, incidencia de plagas etc. de las materias primas. Seleccionando las materias primas que cumplieran con los parámetros de calidad deseados; descartando los granos con manchas, picaduras y daños.

Lavado y desinfección: los granos de arroz, ajonjolí, maíz y sorgo se lavaron con abundante agua para remover las impurezas como piedras, ramas, semillas flotantes etc. Para la desinfección las semillas se sumergieron en una solución al 1% de hipoclorito de sodio durante 5 minutos luego se enjuagó con agua hervida para retirar la solución desinfectante.

Tostado: el tostado se realizó en un horno de ventilación forzada, con el objetivo de eliminar la humedad en el grano que fue lavado y poder así facilitar su molienda y prolongar su vida de anaquel, además de potenciar las características organolépticas; este proceso se realizó con temperaturas de 135°C a 150°C en tiempos de 10 a 35 minutos.

Descascarillado: se elimina la cáscara de las semillas de maní y girasol de forma manual, en el caso del girasol a pesar de que se utilizó girasol descascarillado la semilla poseía una película que se logró eliminar frotando suavemente la semilla con los dedos.

Molienda de cereales: los cereales se molieron por separado con ayuda de un molino para semillas por un minuto y medio. Se realizó en total 3 moliendas por cada cereal para lograr la granulometría deseada.

Tamizado de cereales: Se utilizó un tamiz con un mesh de 300 para poder separar las partículas que no podían molerse de la harina fina.

Pesado: Se pesaron las materias primas en base a la fórmula general de trabajo para poder elaborar los tres tratamientos: maíz, sorgo y arroz, elaborando 700 g por cada una.

Molienda y mezclado: todas las materias primas se colocaron en el molino para poder mezclarlas y obtener una harina homogénea, por 1 minuto y medio cada fórmula, debido a que las semillas oleaginosas como maní, marañón, ajonjolí y girasol no deben molerse por mucho tiempo por la cantidad de grasas que contiene la semilla.

Empacado: Se utilizó un empaque trilaminar aluminizado con resistencia a la humedad y grasas, resellable, para poder almacenar las bebidas. Cada bolsa contenía 227 g de producto.

Análisis de control de calidad

Los análisis de control de calidad que se realizaron a las tres formulaciones son de humedad y actividad de agua, ejecutados por los investigadores en el Parque Tecnológico en Agroindustria (PTA).

Preparación de las muestras para el análisis sensorial

La preparación de las formulaciones en estudio en líquido se llevó a cabo en la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas siguiendo las siguientes etapas:

Proceso para la elaboración de la bebida en líquido

Pesaje de las materias primas: se pesaron la cantidad de agua y azúcar para preparar las formulaciones en estudio. Utilizando 25 gramos de bebida para 250 ml de agua y 20 gramos de azúcar para 250 ml de horchata. En total se prepararon 2100 g de bebida en 21 litros de agua por las tres formulaciones.

Mezclado y licuado: en una olla de acero inoxidable se colocaron todas las materias primas para ser combinadas con ayuda de una mezcladora de inmersión y para obtener un líquido más homogéneo se colocó en una licuadora por 2 minutos, finalmente se tomaron los grados Brix de la bebida.

Esterilización de frascos: Se colocó agua a hervir en una olla y posteriormente se le agregó una pequeña cantidad de esta agua a los botes, luego se agitaron y se dejó reposar por 1 minuto.

Pasteurizado: se calentó la horchata a 60°C por 20 minutos, posteriormente se coloca en un choque térmico hasta alcanzar la temperatura de 15 °C.

Filtrado y llenado: Con ayuda de un colador se filtró la horchata para poder separar las partículas más grandes y poder mejorar la textura de la bebida. Con un embudo se llenaron los botes con la horchata para posteriormente colocarlos en enfriamiento en un recipiente con agua a temperatura ambiente.

Almacenamiento: la mitad de las bebidas se almacenaron a temperatura de refrigeración (0 a 4°C) y la otra mitad se sometió a temperaturas de congelamiento (debajo de 0°C) para ser utilizadas durante todo el análisis sensorial.

Desarrollo del análisis sensorial

El análisis sensorial se llevó a cabo en 9 facultades y oficinas centrales de la Universidad de El Salvador, durante el mes de marzo de 2020, utilizando una evaluación de pruebas afectivas de tipo escala hedónica verbal realizada a 348 trabajadores con edades entre 20 a 65 años, consumidoras de horchatas, sin alergias a las semillas ni diabética, la población del estudio es considerada como un panelista no entrenado o tipo consumidor final. El catador evaluó las 3 formulaciones por sus características organolépticas: textura, color, sabor y olor en base una escala hedónica verbal de 5 puntos tomando como me gusta mucho (5) como la puntuación más alta y me disgusta mucho (1) como la puntuación más baja.

Metodología socioeconómica

Para el análisis económico del proyecto se utilizó el método de costos parciales en el cual únicamente se toman en cuenta los desembolsos relacionados a la fabricación del producto sin tomar en cuenta maquinaria, instalaciones ni ganancias, ya que se está generando una nueva opción de tecnología la que no posee un mercado (ya que únicamente se conoce en el mercado la horchata de morro, maní o arroz), por eso se desea conocer cual formulación es la de menor costo, realizando un costo aproximado para la producción de 227 g y 340 g de bebida (ya que son las presentaciones de horchata de morro que más se encuentran en el mercado).

RESULTADOS

Fórmula general de la horchata

Para la elaboración de la horchata se realizaron pruebas preliminares en donde se consideraron aspectos nutricionales, sensoriales y económicos para determinar la fórmula general con la que se trabajaría, como propuesta se consideró una fórmula general en la que se varía solo el cereal base: sorgo, maíz y arroz según lo muestra la tabla No.1.

Tabla N° 1: Fórmula general de la horchata

Materia Prima	Fórmula porcentual (%)
Cereal (maíz, sorgo o arroz)	55
Maní	10
Marañón	10
Ajonjolí	4
Girasol	1
Proteína de soya aislada	18
Lecitina de soya	1
Canela	0.7
Pimienta gorda	0.3
Total	100

Aporte nutricional teórico de la horchata

Para la elaboración de la horchata se necesitan 25 g de bebida para disolver en 250 ml de agua, la fórmula sin azúcares añadidos posee el valor nutricional que muestra la tabla No. 2, estos datos se obtuvieron de las tablas del INCAP y OPS.

Etiqueta nutricional

Se elaboró la etiqueta nutricional de la fórmula de maíz debido a que fue la que mayores características nutricionales presento, según lo muestra la Figura 1

Información nutricional	
9 raciones por envase Tamaño por ración 1.5 cucharadas aprox. (25 g)	
Cantidad por ración	
Calorías	106
% valor diario *	
Grasa Total 4 g	6 %
Grasa Saturada 0.63 g	3 %
Grasa trans 0 g	
Colesterol 0 mg	0 %
Sodio 59.54 mg	2 %
Carbohidratos Total 12.40 g	4 %
Fibra Dietética 0.78 g	3 %
Azúcares 0 g	
Incluye 0 g de Azúcares añadidos	0%
Proteína 6.55 g	13 %
Calcio 23.01 mg	3%
Hierro 1.4 mg	10 %
Potasio 92.4 mg	2%
El% del valor diario recomendado (VDR) le indica la cantidad de nutriente en una porción de comida contribuye a la dieta diaria 2,000 calorías por día se utiliza para consejos nutricionales generales.	

Figura N°1 Etiqueta Nutricional de Formulación de Horchata

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Resultados del análisis sensorial

Se puede asegurar que las tres formulaciones de horchata evaluadas por el panel de catadores fueron aceptadas, con la diferencia que las formulaciones de maíz y sorgo obtuvieron calificaciones superiores a la de la horchata de arroz. De igual forma es importante destacar que el atributo que obtuvo menor calificación fue el “olor” con medianas de 4 esto puede ser evidenciado al revisar las medianas obtenidas por los demás atributos en las que se observa que el 50% de las calificaciones son 4 y 5 para las 3 formulaciones.

En el instrumento utilizado para la evaluación sensorial, al finalizar las calificaciones de todos los atributos de las tres muestras se presentaba la interrogante siguiente: ¿Cuál era su muestra favorita?, como lo muestra la Figura 43 el 54%, es decir 189 de 348 encuestados aseguro que la horchata de maíz fue su favorita, en segundo lugar se encuentra la formulación que contenía sorgo ya que el 30% aseguro ser su favorita, por último se encuentra la formulación de horchata de arroz ya que únicamente el 16% de los encuestados la selecciono como favorita. La formulación favorita por los catadores a nivel general es la fórmula de maíz, aunque estadísticamente sus diferencias no sean significativas con la horchata de sorgo, el catador señalo a la formulación de maíz como la mejor opción.

Costos parciales

Se consideraron los costos de producción para elaborar una presentación de horchata de 227 g y 340 g como lo muestra la tabla No. 2

Tabla N° 2: Costos de producción de las tres formulaciones en estudio

Materiales	Total para elaborar 227 g	Unidad	Costo fórmula de sorgo	Costo fórmula de maíz	Costo fórmula de arroz
Semillas de marañón	22.77	g	\$0.20	\$0.20	\$0.20
Semillas de maní	22.77	g	\$0.03	\$0.03	\$0.03
Semillas de ajonjolí	9.11	g	\$0.04	\$0.04	\$0.04
Semillas de girasol	2.28	g	\$0.01	\$0.01	\$0.01

Maíz	125.2	g	\$0.07	\$0.11	\$0.14
Sorgo		g			
Arroz		g			
Lecitina de soya	1.59	g	\$0.02	\$0.02	\$0.02
canela	1.59	g	\$0.08	\$0.08	\$0.08
Pimienta gorda	0.7	g	\$0.01	\$0.01	\$0.01
Proteína de soya	41	g	\$0.53	\$0.53	\$0.53
Agua	5	g	\$0.01	\$0.01	\$0.01
Energía	1	Kw	\$0.12	\$0.12	\$0.12
Empaque	1	un	\$0.25	\$0.25	\$0.25
Etiqueta	1	un	\$0.10	\$0.10	\$0.10
Total	227 g de bebida		\$1.47	\$1.51	\$1.54
	340 g de bebida		\$2.20	\$2.26	\$2.31

Según los datos obtenidos la fórmula más económica es la fórmula de sorgo con un costo de \$1.47, seguido de la fórmula de maíz con un costo de \$1.51 y finalmente la fórmula es la fórmula de arroz con un costo de \$1.54 para la elaboración de 227 g, en valores absolutos la fórmula de sorgo es la que menor costo posee, pero respecto a las otras fórmulas sus diferencias son mínimas.

Análisis de humedad y actividad de agua en las bebidas

Los resultados obtenidos fueron los siguientes según la Tabla No. 3:

Tabla N° 3: Análisis de Humedad y Actividad de Agua en Bebidas

Fórmula	Humedad	Actividad de Agua
Fórmula de arroz	2.60%	0.1507 _{aw}
Fórmula de maíz	3.89%	0.2606 _{aw}
Fórmula de sorgo	3.78%	1.2353 _{aw}

En las tres formulaciones de la bebida podemos observar que la mayor humedad obtenida fue la de maíz con un 3.89%, seguido de sorgo con 3.78% y finalmente la de arroz con un 2.60%, las cuales se encuentra dentro del límite (según la NTE). Los rangos de actividad de agua establecidos por AQUALAB (s.f.), para harinas es de 0.4 a 0.5 que corresponde a los valores más bajos de aw para inhibir la proliferación microbiana, los datos obtenidos fueron para la fórmula de maíz un 0.2606 aw, seguido de la de sorgo 0.2353 aw y finalmente la de arroz con un 0.1507 aw las cuales se encuentra dentro del límite.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El estudio mostró que más del 75% de la población encuestada aceptó las tres formulaciones de horchata, calificándolas con más de 4 puntos. Estadísticamente, se encontraron diferencias significativas en la aceptabilidad de la horchata de arroz por atributo, mientras que no hubo diferencias significativas en las formulaciones de maíz y sorgo; el atributo “olor” fue el menos aceptado. Aunque no hubo diferencias significativas en la calificación entre maíz y sorgo, la horchata de maíz fue la favorita según la prueba de preferencia general. Las tres formulaciones presentaron características nutricionales deseables, siendo energéticas, proteicas o fibrosas. La fórmula de sorgo tuvo el menor costo de producción (\$1.47), seguida de maíz (\$1.51) y arroz (\$1.54) para 227 gramos. Los porcentajes de humedad y actividad de agua de las formulaciones cumplieron con las normativas, garantizando un buen comportamiento del producto en términos de calidad e inocuidad durante su vida de anaquel.

La investigación recomienda elaborar la horchata de maíz si se busca una bebida más energética y rica en proteínas, sodio y zinc. Si se prefiere una bebida más fibrosa y rica en calcio, hierro y potasio, se aconseja la horchata de sorgo. Para una bebida rica en carbohidratos, la horchata de arroz es la mejor opción.

Se sugiere desarrollar estudios físico-químicos en laboratorio para comprobar el aporte nutricional teórico de las formulaciones, así como realizar estudios de vida útil para las horchatas de maíz y sorgo bajo diferentes condiciones de estrés. También se deben realizar estudios microbiológicos para asegurar que las horchatas cumplan con los requisitos de inocuidad.

Además, se recomienda evaluar diferentes empaques y su influencia en las características organolépticas de las bebidas, y analizar la factibilidad técnica y económica de la producción industrial de horchata de maíz o sorgo como alternativa de negocio. Se sugiere realizar un estudio de aceptabilidad en niños y adolescentes para conocer si la aceptación es similar en esta población.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

<https://repositorio.ues.edu.sv/bitstreams/2b2a202a-39a7-4e04-a71f-55874cfcbb83/download>

DESARROLLO DE UNA BEBIDA NUTRITIVA INSTANTÁNEA A BASE DE SORGO, ARROZ Y SOYA EN APOYO A LOS PROGRAMAS DE ALIMENTACIÓN ESCOLAR EN EL SALVADOR

Rafael Antonio Alfaro Medina
José Benjamín García Martínez
Miguel Efraín Méndez Cárcamo

Mayo 2016

RESUMEN

La investigación, realizada entre agosto de 2015 y febrero de 2016, se enfocó en desarrollar formulaciones de bebidas nutritivas instantáneas a partir de 70% cereales y 30% leguminosas. Esta etapa se llevó a cabo en el Laboratorio de Tecnología de Alimentos (LTA) del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA). Una vez definida una formulación sensorial y nutricionalmente aceptable, se evaluó bromatológicamente y se comparó con las Recomendaciones Dietéticas Diarias (RDD) del Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP).

El estudio de aceptación se realizó con 345 estudiantes del Programa de Apoyo a Comunidades Solidarias de El Salvador (PACSES) del Ministerio de Educación (MINED) en Apopa, utilizando una prueba hedónica de escala facial. Se determinó la vida útil de la bebida mediante la actividad de agua, porcentaje de humedad, índice de peróxido, y la presencia de *Escherichia coli*, *Salmonella sp*, *Staphylococcus aureus*, hongos y levaduras, así como análisis sensorial.

La formulación desarrollada contenía 40% sorgo, 26% arroz y 34% soya, siendo económicamente accesible (\$0.036 por ración de 32 g) y con una aceptabilidad del 88.7% en niños. La bebida es una excelente fuente de proteína, fósforo, potasio y zinc, con una vida útil de 71 días a temperatura ambiente en empaque de Polipropileno biorientado metalizado (BOPP).

Palabras Clave: Bebida nutritiva, Programas de alimentación, Vida útil, Prueba cuantil, y Prueba hedónica.

ABSTRACT

The research, carried out between August 2015 and February 2016, focused on developing instant nutritional drink formulations from 70% cereals and 30% legumes. This stage was carried out in the Food Technology Laboratory (LTA) of the National Center for Agricultural and Forestry Technology (CENTA). Once a sensorially and nutritionally acceptable formulation was defined, it was evaluated bromatologically and compared with the Daily Dietary Recommendations (RDD) of the Institute of Nutrition of Central America and Panama (INCAP).

The acceptance study was carried out with 345 students of the Program to Support Solidarity Communities of El Salvador (PACSES) of the Ministry of Education (MINED) in Apopa, using a hedonic facial scale test. The shelf life of the beverage was determined by water activity, moisture percentage, peroxide index, and the presence of *Escherichia coli*, *Salmonella sp*, *Staphylococcus aureus*, fungi and yeasts, as well as sensory analysis.

The developed formulation contained 40% sorghum, 26% rice and 34% soy, being economically accessible (\$0.036 per 32 g serving) and with an acceptability of 88.7% in children. The beverage is an excellent source of protein, phosphorus, potassium and zinc, with a shelf life of 71 days at room temperature in metalized bioriented polypropylene (BOPP) packaging.

Key Words: Nutritional drink, Feeding programs, Shelf life, Quantile test, and Hedonic test

INTRODUCCIÓN

En El Salvador, el 21% de los niños menores de cinco años tiene retraso en el crecimiento, el 6% tiene bajo peso y el 38% de los niños entre seis y 24 meses sufren de anemia debido a prácticas de alimentación deficientes y acceso limitado a alimentos nutritivos. El gobierno salvadoreño ha implementado programas como el Programa de Alimentación y Salud Escolar (PASE) y PACSES para complementar la dieta de los escolares. El proyecto "CENTA PACSES" también ha brindado capacitación en seguridad alimentaria y huertos escolares.

El PASE proporciona seis alimentos básicos, incluyendo una bebida fortificada, aunque esta ha sido criticada por su sabor a metal y vitaminas. En respuesta, se desarrolló una bebida nutritiva a base de sorgo, soya y arroz como alternativa para los programas de alimentación escolar.

Investigaciones previas han demostrado que las bebidas nutritivas mejoran la calidad de vida de los niños con desnutrición.

Este trabajo de investigación tiene como objetivo ofrecer una nueva bebida nutritiva instantánea para los programas de alimentación escolar en El Salvador. La formulación, a base de sorgo, arroz y soya, no solo mejorará la nutrición de los escolares, sino que también beneficiará a los productores de estos granos al aumentar la demanda y reducir la necesidad de importar bebidas instantáneas. Se espera que esta bebida, producida localmente, sea aceptada sensorialmente y tenga un alto valor nutricional.

EQUIPOS E INSTRUMENTACIÓN

- Agua
- Solución de hipoclorito de sodio (200 ppm)
- Solución de bicarbonato de sodio (0.5%)
- Horno
- Molino
- Tamiz (mesh 40, mesh 60)
- Balanza Bolsas plásticas
- Bolsas de Film de Polipropileno Biorientado (BOPP)
- Máquina selladora de bolsas

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Procesamiento de granos a harinas

- Limpieza y selección de granos

Se eliminó materia extraña (tierra, piedras, hojas, palos, entre otros) y se rechazaron granos picados y dañados. También se determinó el porcentaje de humedad.

- Pesado

Se realizó después de la inspección con la finalidad de determinar el rendimiento de grano a harina y costos de producción.

- Lavado de grano:

Los granos de sorgo y soya se lavaron con agua potable para remover las impurezas y se descartaron los granos flotantes por ser de baja calidad. Los granos de arroz no se sometieron a este paso para evitar la pérdida de las vitaminas del grupo B.

- - Desinfección

Se sumergieron los granos en solución de hipoclorito de sodio a 200 partes por millón (ppm) durante cinco minutos luego se enjuagó con agua hervida para retirar la solución desinfectante.

- Blanqueo del grano de soya

Se hizo una solución al 0.5% de bicarbonato de sodio a temperatura de 95°C en la que se agregó el grano y se mantuvo en cocción durante 10 minutos.

- Descascarado

Por fricción manual de los granos de soya se desprendió la cascara y se eliminó completamente por decantación y lavados sucesivos.

- Tostado de granos

Se realizó en un horno HOBART modelo CN85 a una temperatura de 145°C durante 60 minutos en esta etapa hubo cambio de color en el grano y desarrollo de aroma.

- Molienda de granos

Se utilizó el molino modelo Ewing CTI, en el que se hicieron 6 moliendas para obtener el tamaño de partícula deseado.

- Tamizado de harinas

Se utilizó un tamiz mesh 40 (0.4 mm) y posteriormente un tamiz mesh 60 (0.25 mm) para uniformizar el tamaño de partículas y garantizar que el 100% de la bebida nutritiva instantánea tuviera 0.25 mm.

- Mezclado

Se pesaron las harinas de acuerdo a los porcentajes de cada formulación y se mezclaron en bolsa plástica de 25 lb.

Las harinas se procesaron en tres lotes, en el primero se empacaron las harinas por separado en bolsas plásticas polietileno de 25 lb para utilizarlas en las formulaciones de bebidas. En el segundo y tercer lote se empacaron en bolsas de Film de Polipropileno Biorientado (BOPP) de doble capa metalizado para la protección contra la humedad, oxígeno y luz, en cantidades de 200 y 454 g de bebida. Para el sellado se utilizó una selladora Modelo: PFS-200 (Plastic Film Sealer).

Formulaciones de las bebidas nutritivas instantáneas

Los parámetros que determinaron la formulación final fueron: nutricional considerando un aporte de proteínas y micronutrientes que son las principales deficiencias en los niños y que cumpliera parte de las RDD, además que el panel sensorial entrenado aprobaran las características sensoriales cualitativamente de la bebida nutritiva instantánea siendo el sabor, textura y olor los determinantes; en el costeo se buscó tener un producto menor a \$0.05 por ración de 32g de bebida nutritiva instantánea en polvo.

Estudio de Aceptabilidad

La selección de la muestra se efectuó mediante muestreo multietápico, el programa que se seleccionó para la muestra fue el PACSES trabajando en las escuelas del municipio de Apopa, del departamento de San Salvador, para el levantamiento de datos por afijación proporcional se dividió la muestra en los Centros Escolares y por afijación simple se determinó el número de estudiantes de cada nivel académico a evaluar y en los grados se seleccionó una muestra al azar.

Análisis bromatológico

El análisis bromatológico fue realizado en el Laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de CCAA de la UES y en el Laboratorio de Química Agrícola del CENTA, siguiendo las marchas del AOAC (1980); se tomó al azar una muestra de 200 g de bebida nutritiva instantánea, se determinó el porcentaje de humedad por el método gravimétrico, el análisis proximal de: proteínas, grasas, fibra cruda y ceniza, por el método Weende y por diferencia los carbohidratos. Los minerales: calcio, hierro, zinc, sodio, magnesio y potasio y fósforo se determinaron por el método de espectrometría de absorción atómica.

Análisis microbiológico

En el Laboratorio de Microbiología de la Facultad de CCAA de la UES, se realizaron los análisis para cumplir con los parámetros microbiológicos que son de rigor por el RTCA 67.04.50:08: Alimentos. Criterios microbiológicos para la inocuidad de alimentos. En los que se encuentran: 35 Recuento Total de Coliformes por el método del Número Más Probable (NMP) y determinación de presencia o ausencia de Salmonella en Agar Salmonella-Shigella. Adicionalmente para corroborar las buenas prácticas de manufactura (BPM) se determinó Staphilococcus aureus en Baird-Parker Agar, además para conocer las condiciones ambientales de preservación se determinó: hongos y levaduras en PDA con ácido láctico, en las semanas: primera, quinta y decima segunda. Para esta actividad se tomaron dos bolsas de 200 g en cada fecha programada.

RESULTADOS

En la formulación de la bebida se consideraron aspectos sensoriales, nutricionales y económicos para determinar la fórmula final de 40% sorgo, 34% soya y 26% arroz. La bebida nutritiva instantánea fue aceptada por los estudiantes de los Centros Escolares PACSES del municipio de Apopa, Sansalvador, para determinar la fecha de caducidad del producto se sometió a un estudio de vida útil en donde se fijó en 71 días.

Formulación de la bebida nutritiva instantánea.

La porción de bebida nutritiva instantánea es de 32 g diluida en 200 ml de agua, recomendando agregar 23 g de azúcar para que la bebida tenga 12 °Brix. La porción de bebida es menor en relación a otras bebidas semejantes, la porción de bebida es de 82.37 gramos (incluyendo edulcorante). Evaluando la Fórmula 1 sensorialmente presentó baja aceptación en cuanto a consistencia, y se percibió arenosa al paladar debido a que la formulación tenía 50% de sorgo, este grano tiene la característica de ser más duro en relación a los otros ingredientes

Para superar el problema en la Fórmula 2 se trabajó con los siguientes porcentajes: 40% sorgo, 30% arroz y 30% soya. Se evaluó sensorialmente mejorando ligeramente la consistencia arenosa, sin embargo, se percibió disminución en el sabor con respecto a la Fórmula 1. La Fórmula 3 fue aceptada sensorialmente de forma cualitativa por los panelistas, de manera nutricional alcanzo del 10 al 15% de las RDD para niños y adolescentes, y el coste del producto fue inferior a \$0.05 por ración de bebida nutritiva instantánea en polvo fijándose la porción de bebida nutritiva instantánea es de 32 g diluida en 200 ml de agua, recomendando agregar 23 g de azúcar para que la bebida alcance 12 ° Brix. El costo del producto dio como resultado que 450 g equivale a \$0.504 y la ración de 32g \$0.036, tomando en cuenta solo el costo de las materias primas, la mano de obra y el servicio de agua y energía eléctrica utilizado en la elaboración de las harinas.

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

La formulación final de la bebida nutritiva instantánea se determinó considerando varios parámetros clave. Nutricionalmente, se buscó que la bebida aportara proteínas y micronutrientes esenciales, cumpliendo con parte de las Recomendaciones Dietéticas Diarias (RDD), ya que estas son las principales deficiencias en los niños. Además, la aprobación de las características sensoriales cualitativas, como el sabor, textura y olor, por parte de un panel sensorial entrenado fue fundamental. En términos de costo, se estableció como objetivo que el producto tuviera un precio menor a \$0.05 por ración de 32 gramos de bebida nutritiva instantánea en polvo.

La Fórmula 1 se evaluó sensorialmente por siete investigadores del LTA-CENTA, la ración de bebida evaluada fue de 8 gramos reconstituida en 50 ml de agua a temperatura ambiente, la Fórmula presentó características organolépticas no aceptables por lo que se elaboró la Fórmula 2, esta presentó mejores características organolépticas, pero no las suficientes para ser aceptada. Se hizo una nueva reformulación de materias primas y se obtuvo la Fórmula 3, misma que fue evaluada sensorialmente y tuvo buena aceptación, por lo que se prosiguió a calcular los componentes nutricionales teóricos y se comparó con los RDD.

Tabla N° 1: Composición de las formulaciones

Materia prima	Fórmula 1 (%)	Fórmula 2 (%)	Fórmula 3 (%)
Harina de sorgo	50	40	40
Harina de soya	30	30	34
Harina de arroz	20	30	26

Estudio de Aceptación en Centros Escolares

La aceptación de la bebida nutritiva instantánea obtenida en se resume en la tabla No. 2. Se muestra que la aceptación de la bebida es de 88.7% (en los parámetros: Me gustó 24.1% y Me encantó 64.6%) lo que manifiesta que la bebida nutritiva instantánea tiene una amplia aceptación por los estudiantes.

Tabla N° 2: Aceptación de la bebida nutritiva instantánea en Centros Escolares

Parámetros de la escala hedónica	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Odié	9	2.6	2.6
No me gustó	11	3.2	5.8
Indiferente	19	5.5	11.3
Me gustó	83	24.1	35.4
Me encantó	223	64.6	100
Total	345	100.0	

Aporte nutricional de la bebida desarrollada para niños (7-10 años).

Comparando los resultados bromatológicos con las RDD y siguiendo los lineamientos del anexo del RTCA 67.01.60:10: Etiquetado nutricional de productos alimenticios preenvasados para consumo humano para la población a partir de 3 años de edad, la bebida nutritiva instantánea es excelente fuente de proteínas, fósforo, potasio y zinc, ya que contiene dos veces los valores para fuente categorizados por el anexo (Cuadro A-8). Además, es fuente de hierro, magnesio y calcio ya que contiene no menos del 10% del VRN (Recomendaciones Dietéticas Diarias) por 100 g de producto.

Tabla N° 3: Aporte nutricional de la bebida para niños de 7 a 10 años

Nutriente	Unidad	Resultados Bromatológicos de la bebida (100 g)	RDD promedio para niños de 7-10 años	RDD aportados en 100 g de bebida (%)	RDD aportados en 32 g de bebida (%)
Energía	Kcal	344	1725	19.92	6.37
Carbohidratos	g	55	350	15.71	5.03
Proteínas	g	22.58	31	72.84	23.31
Grasa	g	9.51	67	14.18	4.54
Fibra	g	14.4	24	---	---
Ceniza	g	2.53	---	---	---
Calcio	mg	120.53	700	17.22	5.51
Fósforo	mg	450	700	64.29	20.57
Hierro	mg	3.42	13.2	25.91	8.29
Potasio	mg	1867	4150	44.99	14.40
Zinc	mg	3.07	7.1	43.24	13.84
Magnesio	mg	23.75	150	15.83	5.07
Sodio	mg	45.7	1350	3.39	1.08

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La bebida nutritiva instantánea desarrollada con una mezcla de 40% sorgo, 26% arroz y 34% soya obtuvo una aceptación del 88.7%. Esta bebida es considerada una excelente fuente de proteínas y minerales, y es accesible para el consumidor a un costo de \$0.036 por ración de 32 g. El análisis sensorial determinó una

vida útil de 71 días, ya que a los 79 días las características organolépticas se calificaron por debajo de tres puntos.

Se recomienda evaluar la factibilidad técnica y económica de la producción industrial de la bebida nutritiva instantánea desarrollada en el estudio. Además, es importante probar diferentes empaques para garantizar la conservación y manipulación adecuadas de la bebida. También se sugiere realizar pruebas con otras variedades de granos para identificar posibles variaciones en aspectos económicos, organolépticos y nutricionales.

Finalmente, se propone determinar la viabilidad de usar la formulación para elaborar otros productos alimenticios como atole, poleadas y galletas.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

<https://repositorio.ues.edu.sv/bitstreams/299e3d5d-2a85-40b0-8618-6e5370fe3470/download>

FACULTAD DE INGENNERÍA Y ARQUITECTURA- INGENIERÍA EN ALIMENTOS
PROPUESTA DEL DESARROLLO TECNOLÓGICO DE LA ELABORACIÓN DE BEBIDAS
NATURALES NUTRITIVAS ENDULZADAS CON MIEL DE AGAVE (Agave tequilana). CASO
DE ESTUDIO: AVENA (Avena sativa L.)

Carlos Daniel Rivas Alberto
Fátima Guadalupe Ramírez Flores
Kevin Alexander Martínez Moya

Febrero 2024

RESUMEN

Las bebidas vegetales, como la de avena, han ganado popularidad en el siglo XXI debido a sus beneficios saludables y nutritivos. La avena, originaria de Asia Central y comercializada en Europa, se volvió popular como desayuno en Estados Unidos en el siglo XX. Este cereal es versátil y se utiliza en productos como harina, galletas, barras energéticas y bebidas.

La miel de agave, conocida desde las culturas precolombinas, se obtiene de la piña del agave. Es más dulce que el azúcar de mesa y tiene un bajo índice glicémico, lo que favorece a las personas con diabetes. Aunque no es muy conocida en el mercado, su producción está en aumento.

Se desarrollaron dos procesos para elaborar la bebida de avena con miel de agave: tratamiento hídrico y tratamiento hídrico-térmico. Se evaluó la dulzura de las bebidas con diferentes cantidades de miel de agave (50 g, 60 g y 70 g) y se determinó que no había diferencias significativas entre las muestras, por lo que todas podrían tener aceptación en el mercado.

Se calculó la tabla nutricional, el HACCP y la vida útil de 16 días de la bebida. También se realizó un análisis de mercado para conocer la demanda y se finalizó el costeo y el escalamiento industrial.

Palabras Clave: Avena, Bebida nutritiva, Miel de Agave

ABSTRACT

Vegetable drinks, such as oat drinks, have gained popularity in the 21st century due to their healthy and nutritional benefits. Oats, originally from Central Asia and marketed in Europe, became popular as a breakfast food in the United States in the 20th century. This cereal is versatile and is used in products such as flour, cookies, energy bars and drinks.

Agave honey, known since pre-Columbian cultures, is obtained from the agave pineapple. It is sweeter than table sugar and has a low glycemic index, which is beneficial for people with diabetes. Although it is not well known in the market, its production is increasing.

Two processes were developed to make oat drink with agave honey: hydro treatment and hydro-thermal treatment. The sweetness of the drinks with different amounts of agave honey (50 g, 60 g and 70 g) was evaluated and it was determined that there were no significant differences between the samples, so all could be accepted in the market.

The nutritional table, HACCP and 16-day shelf life of the drink were calculated. A market analysis was also carried out to determine demand and the costing and industrial scaling were finalized.

Key Words: Oats, Nutritious Drink, Agave Honey

INTRODUCCIÓN

En el contexto actual de creciente conciencia sobre la alimentación saludable, se destaca la búsqueda de alternativas naturales y nutritivas. Este estudio explora el desarrollo tecnológico de bebidas naturales nutritivas, enfocándose en el uso de miel de agave como endulzante y la avena como ingrediente principal. La miel de agave, extraída de la planta Agave tequilana, es conocida por sus propiedades endulzantes y perfil nutricional único. Tiene un índice glucémico más bajo en comparación con otros edulcorantes y contiene antioxidantes y minerales beneficiosos para la salud. Incorporar miel de agave en bebidas naturales ofrece opciones más saludables y atractivas, especialmente para aquellos que buscan reducir el consumo de azúcares refinados.

La avena es un ingrediente versátil y nutritivo, rico en fibra, proteínas y nutrientes esenciales, convirtiéndose en una base ideal para bebidas nutritivas. La combinación de avena y miel de agave no solo potencia las propiedades organolépticas del producto final, sino que también ofrece una opción sana y equilibrada para los consumidores preocupados por su bienestar.

El estudio se enfocará en el desarrollo tecnológico, desde la selección de ingredientes y formulación, hasta la evaluación sensorial y análisis nutricional de las bebidas resultantes. Además, se analizará el impacto potencial en el mercado de estas innovadoras bebidas naturales, promoviendo hábitos alimenticios más saludables y sostenibles.

EQUIPOS E INSTRUMENTACIÓN

Materiales:

- Avena en hojuelas
- Miel de agave
- Agua purificada

Equipo:

- Báscula
- Colador
- Licuadora
- Olla
- Depósitos
- Cocina
- Termómetro

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Ensayos preliminares para la elaboración de la bebida

A continuación, se muestran los ensayos preliminares que se realizaron, en el cual se fueron variando la cantidad de los ingredientes, así como los métodos para obtener la bebida. Posteriormente se realiza un análisis sensorial para determinar cuál formulación y método posee la mejor aceptabilidad. En la figura 1 se muestra el diagrama del proceso incluyendo los pasos y variables del proceso.

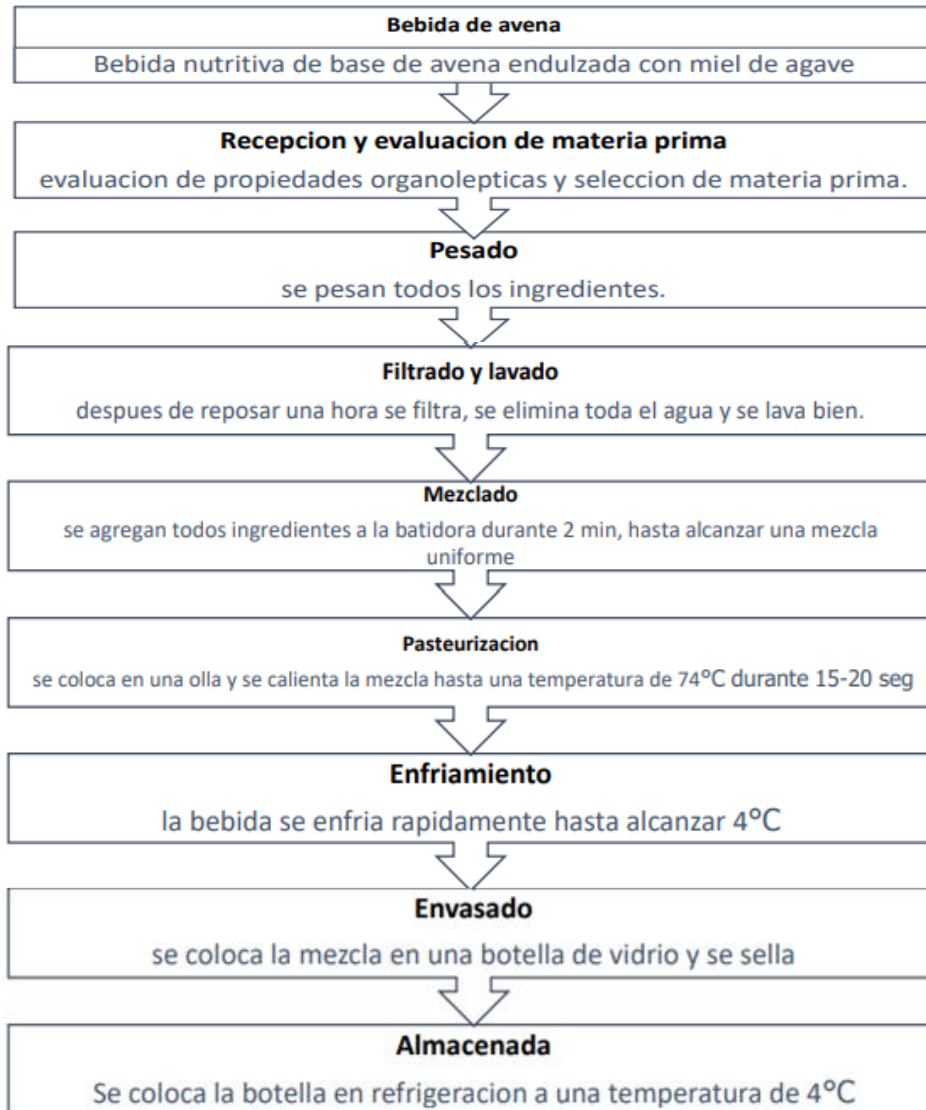


Figura N°1 Diagrama de flujo de la tecnología del proceso de elaboración de bebida de avena

Análisis sensorial

Se realiza el análisis sensorial para determinar cuál formulación será la escogida respecto a los grados de edulcoración. Es decir, solo se evaluará la dulzura y si le agrada o desagrada a los panelistas, para esto se emplea la metodología de la prueba hedónica de 9 puntos, donde 1 es me gusta muchísimo y 9 es me disgusta muchísimo.

A los panelistas se les pidió evaluar si la dulzura del producto era de su agrado o desagrado. En total se entregaron 6 muestras. 3 muestras elaboradas sólo con tratamiento hídrico con 50g, 60g, 70g de miel de


agave. Y 3 muestras con tratamiento hídrico- térmico con los mismos gramos de miel de agave con el fin de ver si el tratamiento hídrico- térmico afectaba la dulzura al hidrolizar el almidón.

Análisis de la vida útil del producto en estudio

Los estudios de vida útil se pueden clasificar en: métodos directos e indirectos. En los primeros se encuentran el análisis en tiempo real tiempo de vida útil largo y confiable. En los métodos indirectos se tienen las pruebas aceleradas que se realizan con extrapolaciones y las predicciones matemáticas bajo una simulación. El más común y utilizado son las de pruebas aceleradas ya que resulta más económico y da buenos resultados.

RESULTADOS

Tabla N° 1 Ficha técnica bebida de avena endulzada con miel de agave

Imagen del Producto									
Nombre del Producto	Bebida de avena endulzada con miel de agave 473 g.								
Descripción del producto	Bebida a base de avena en hojuelas con miel de agave. textura ligeramente espesa sin aditivos ni preservantes								
Propiedades Organolépticas	Color: Beige								
	Olor: Característico a avena, sin olores extraños.								
	Sabor: Característico a avena, ligeramente dulce.								
	Textura: ligeramente espesa o semi viscosa.								
Formulación	<table border="1" data-bbox="743 1283 1203 1423"> <thead> <tr> <th>Ingrediente</th> <th>Porcentaje (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Avena</td> <td>17.11</td> </tr> <tr> <td>Miel de Agave</td> <td>13.16</td> </tr> <tr> <td>Agua</td> <td>69.73</td> </tr> </tbody> </table>	Ingrediente	Porcentaje (%)	Avena	17.11	Miel de Agave	13.16	Agua	69.73
Ingrediente	Porcentaje (%)								
Avena	17.11								
Miel de Agave	13.16								
Agua	69.73								
Parámetros Físicoquímicos	Grados Brix: 12° pH: 7.58 Densidad: 1.04 g/mL								
Propiedades microbiológicas	<table border="1" data-bbox="743 1787 1385 1860"> <thead> <tr> <th>Parámetro</th> <th>Límite</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E. coli</td> <td>< 3 NMP/g o 10 UFC/g</td> </tr> </tbody> </table>	Parámetro	Límite	E. coli	< 3 NMP/g o 10 UFC/g				
Parámetro	Límite								
E. coli	< 3 NMP/g o 10 UFC/g								
Alérgenos presentes	Ninguno								

Tipo de conservación	En refrigeración entre 0°C – 4°C
Consideraciones para el almacenamiento	Mantener entre 0°C – 4°C. Bien cerrado alejado de las fuentes de calor. Evitar el contacto con el suelo y la luz.
Presentación	Envase de tereftalato de polietileno con rosca de rosca, 473 g
Vida útil	16 días
Instrucciones de consumo	Agitar antes de beber. Una vez abierto el empaque consumir lo más pronto posible dejándolo en refrigeración.

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Escalamiento industrial

Desde hace varios años se ha visto un crecimiento en el mercado de las bebidas a base de vegetales. Esto se debe a que han sido una alternativa saludable para personas que padecen intolerancia a la lactosa también por personas que deciden adoptar estilos de vida saludable. En este trabajo se escogerá el sistema de producción por lotes; la ventaja de este sistema es que se puede realizar mejor el control de calidad, reduciendo los desperdicios y facilitando la gestión de inventarios.

Formulación

Como se definió en el análisis sensorial, la bebida que se escogió fue la que contiene miel de agave con 50 g. A partir de este momento se harán los cálculos para determinar cuánto se necesita en materias primas y así completar la producción diaria que se estimó con el análisis de mercado. En la tabla No.2 se presenta los ingredientes para producir la bebida. La columna de unidades estándar se refiere a las preliminares que se realizaron en laboratorio. X_m es la fracción masa de cada ingrediente. $X_{unitario}$ es la cantidad de cada ingrediente que se necesita para elaborar 1 bebida de 473 g. Luego este dato se multiplica por 112 bebidas que se necesita para la producción diaria, esta aparece en la columna g. Por último, la columna kg son los kilogramos que se necesitan para elaborar las 112 bebidas al día.

Tabla N° 2: Formulación para la fabricación de 112 unidades de bebida al día

Ingrediente	Unidad St. (g)	X m	X unitario	g	Kg
Avena	65	0.17	80.91	9061.7	0.961684
Miel de Agave	50	0.13	62.24	6970.5	6.970526
Agua	265	0.70	329.86	36943.8	36.94379
Total	380	1.00	473.00	52976.0	52.9760

Costeo

Para esta parte se realizó una búsqueda en el mercado. El objetivo es escoger los precios más bajos para disminuir costos. En la tabla No. 3 se observan los precios y el costo por kilogramo de cada ingrediente.

Tabla N° 3 Costo de las materias primas a utilizar para producir la bebida de avena

Ingrediente	Cantidad (g)	Unidad (Kg)	Costo Unitario (Kg)	Costo total
Avena	9061.7	9.06	\$ 3.7667	\$ 34.1323
Miel de Agave	6970.5	6.97	\$ 9.1120	\$ 63.5154

Agua	36943.8	36.94	\$ 0.2457	\$9.0773
	Total			\$106.7251
	Rendimiento	112 UNIDADES		
	Costo de MP por 473 g	112 unidades	\$ 0.9529	

Tabla N° 4: Costos de material de empaque

Material	Unidades	Costo	Total
Envase ¼ L / boca rosca	112	\$ 0.23	\$ 25.76
Caja corrugada	14	\$ 1.00	\$ 14.00
Etiquetas	112	\$ 0.01	\$ 1.12
		Costo Total	\$40.88

El costo total del producto es de \$1.32 por unidad. Para definir realmente el precio de la bebida es necesario tomar en cuenta otros costos como los fijos, variables, indirectos, depreciación, impuestos y el margen de ganancia.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El estudio de mercado muestra una aceptación intermedia en San Salvador para las bebidas de avena y vegetales con miel de agave debido a su desconocimiento. La evaluación sensorial de las bebidas fue positiva, con la mayoría de las opiniones situadas entre "me gusta mucho" y "me gusta poco". El costo de producción de una bebida de 473 gramos es de \$1.32, y se identificó la pasteurización flash como el método de conservación más adecuado, con una vida útil de 16 días. No hubo diferencias significativas entre las formulaciones de miel de agave en los análisis sensoriales por ANOVA, por lo que se eligió la de 50g por costos. La bebida presenta un pH de 7.58, 12 grados Brix y una densidad de 1.04 g/L, susceptible a bacterias neutrófilas. La tabla nutricional revela que la bebida contiene 1% de grasa total, 20% de carbohidratos totales, 17% de fibra dietética y 230 kcal. El sistema de producción recomendado es por lotes debido a la baja demanda y su capacidad de ofrecer mejor calidad mediante procesos controlados y un diseño sanitario adecuado.

Se recomienda comparar el uso de las enzimas α -amilasa y β -amilasa para degradar el almidón de la avena y determinar las diferencias entre los tratamientos hídricos e hídrico-térmico. Para obtener resultados sensoriales más confiables, es esencial capacitar a los panelistas y reducir el margen de error. Además, se sugiere realizar un estudio de vida útil acelerado de la bebida para comparar los resultados con el método sensorial utilizado previamente. Para calcular el costo real de la bebida, se deben considerar los costos de producción, incluyendo materiales directos, mano de obra y costos indirectos de fabricación. Finalmente, es necesario investigar si hay pérdida de nutrientes durante la elaboración y evaluar la necesidad de fortificación o enriquecimiento del producto.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

<https://repositorio.ues.edu.sv/bitstreams/282afea2-feb1-4b4e-9fb3-0826c321b29d/download>

DESARROLLO DE UNA BARRA ENERGÉTICA A PARTIR DE SORGHUM (SORGHUM BICOLOR L.) EXPANDIDO, COMO INNOVACIÓN DEL PRODUCTO ALIMENTICIO TRADICIONAL DENOMINADO EN EL SALVADOR COMO ALBOROTO

Rosario Guadalupe García Villalobos

Marzo 2022

RESUMEN

En El Salvador, la elaboración de dulces típicos se asocia a emprendimientos familiares o cooperativas comunales que mediante programas de asesoramiento técnico han implementado Buenas Prácticas de Manufactura conservando técnicas de producción artesanal.

Entre los dulces típicos se encuentra El Alboroto, elaborado a base de sorgo o maicillo inflado y dulce de panela. La falta de información nutricional, registro sanitario, información de producción, así como la investigación e innovación en estos productos limita el consumo a nivel nacional e imposibilita el acceso a mercados internacionales.

El CENTA ha desarrollado estudios sobre el sorgo para crear una Barra Energética innovadora a base de este cereal. Para establecer la formulación definitiva de la barra de sorgo se realizaron tres experimentaciones, formuladas con la misma cantidad de ingredientes secos, pero diferentes aglutinantes. En la Barra 1 (B1) se utilizó miel de abeja como aglutinante, en la Barra 2 (B2) se utilizó chocolate como aglutinante y en la Barra 3 (B3) se utilizó como aglutinante huevo. El uso de huevo en (B3) proporciono la firmeza característica esperada en una barra energética.

Para la Barra Energética 3 (B3), cuyos ingredientes son huevo, sorgo, maní, azúcar, almendras, chocolate, y canela, se estableció que aporta 140 calorías, 8 g de grasa total, 1.5 g de grasa saturada, 20 mg de sodio, 14 g de carbohidratos, 2 g de fibra, 3 g de azúcares y 6 g de proteína, además de minerales como calcio, hierro y potasio.

Palabras Clave: Sorgo, Barra Energética

ABSTRACT

In El Salvador, the production of typical sweets is associated with family businesses or community cooperatives that, through technical advice programs, have implemented Good Manufacturing Practices, preserving artisanal production techniques.

Among the typical sweets is el Alboroto, made from sorghum or puffed maicillo and panela sweets. The lack of nutritional information, health registration, production information, as well as research and innovation in these products limits consumption at the national level and makes access to international markets impossible.

CENTA has developed studies on sorghum to create an innovative Energy Bar based on this cereal. To establish the final formulation of the sorghum bar, three experiments were carried out, formulated with the same amount of dry ingredients, but different binders. In Bar 1 (B1) honey was used as a binder, in Bar 2 (B2) chocolate was used as a binder and in Bar 3 (B3) egg was used as a binder. The use of egg in (B3) provided the characteristic firmness expected in an energy bar.

For Energy Bar 3 (B3), whose ingredients are egg, sorghum, peanuts, sugar, almonds, chocolate, and cinnamon, it was established that it provides 140 calories, 8 g of total fat, 1.5 g of saturated fat, 20 mg of sodium, 14 g of carbohydrates, 2 g of fiber, 3 g of sugars and 6 g of protein, as well as minerals such as calcium, iron and potassium.

Key Words: Sorghum, Energy Bar

INTRODUCCIÓN

La clasificación de los dulces es amplia y no existe una definición única debido a la variación que experimentan respecto al país de origen y tecnología aplicada. Una forma de agruparlos es usando el tipo de alimento y criterio microbiológico para inocuidad de alimentos, este agrupamiento no es aplicado para fines de etiquetado en cuanto a denominación del producto, pero es útil para delimitarlos por el origen y tecnología aplicada. En el Grupo 5: Productos de confitería y subgrupo 5.2 se ubican los dulces típicos. El alboroto es un dulce típico masticable de El Salvador, elaborado a partir de Sorgo (maicillo o Sorghum bicolor, L. Moench) y Panela (dulce de atado) aproximadamente 100 g aportan 308 Kcal (Menchu,1996) y se comercializa en bolsa plástica transparente o film plástico. El presente trabajo aborda el desarrollo de una Barra Energética de Sorgo, que incluya productos utilizados para la elaboración de barras energéticas como maní, azúcar, almendras, chocolate, y canela.

Posteriormente, al definir la formulación de la Barra energética de Sorgo se hace la descripción del proceso productivo para realizar el análisis de peligros y puntos críticos de control (APPCC), desarrollando de forma breve los doce pasos para un sistema APPCC. Del APPCC se determina la etapa del proceso donde la inocuidad de alimentos se compromete (Punto Crítico de Control), y se establecen los Límites Críticos de Control (LCC).

Para el proceso productivo de Barras energéticas el PCC se encuentra en el intercambiador de calor en la etapa de horneado que elimina la presencia de microorganismos como E-coli, Staphylococcus aureus y Salmonella ssp. Finalmente se muestra el diagrama de flujo a verificar in situ y un diagrama de flujo de proceso de elaboración de la barra de sorgo desarrollada.

EQUIPOS E INSTRUMENTACIÓN

- Cucharas medidoras
- Tazas medidoras
- Balanza granataria
- Tazón
- Contenedor
- Film plástico
- Bandeja o sartén
- Balanza
- Tamizador
- Horno
- Termómetro
- Huevo
- Sorgo
- Azúcar
- Chocolate
- Maní
- Almendras
- Canela

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Proceso productivo de las barras energéticas

El sistema de producción consiste en la transformación de insumos, las funciones básicas para el proceso productivo influyen en la elección de la tecnología, distribución de las instalaciones, análisis del flujo del proceso, ubicación de las instalaciones, equilibrio de las líneas, control de procesos y análisis de transportes. Una vez realizada la experimentación a nivel de laboratorio es posible realizar una propuesta de proceso productivo básico para la elaboración de barras de sorgo. Esta propuesta debe ajustarse y acondicionarse posteriormente de acuerdo con las demandas y rendimientos reales de funcionamiento en planta.

Procedimiento experimental:

- Preliminarmente se realiza la eliminación de peligros físicos y restos de insectos, se procede a sumergir durante 2 minutos el sorgo en agua limpia y finalmente el grano debe ser lavado con agua potable.
- Realizar el proceso de explosión del grano del sorgo, secar en una bandeja durante cinco minutos a una temperatura de 110°C.
- Realizar una mezcla de la siguiente materia prima seca: sorgo inflado, chocolate, almendras y maní.
- Mezclar el huevo con la canela y azúcar e incorporar a la mezcla de materia prima seca, mezclar hasta lograr una distribución húmeda homogénea.
- Moldear en una barra de aproximadamente 12 cm de largo y 4 cm de ancho.
- Hornear durante 15 minutos a 185°C.
- Enfriar las barras hasta 25°C aproximadamente y empacar las unidades.

Evaluación nutricional

Posteriormente a establecer la formulación para la Barra Energética de Sorgo, cuyos ingredientes en proporción descendente son huevo, sorgo, maní, azúcar, almendras, chocolate, y canela, (de los cuales están clasificados como alérgenos huevo, maní, almendras y canela) se determina mediante el uso de la base de datos SR28 una unidad de barra, una barra de 40 gramos o una pieza, es equivalente a una cantidad de referencia normalmente consumida (en inglés RACC). En la utilización del SR28, es primordial realizar la identificación de cada ingrediente de acuerdo con el nombre y código que la base de datos ha establecido, para posteriormente calcular el aporte de nutrientes por cada ingrediente.

RESULTADOS

En el desarrollo de una Barra energética de energética a partir de Sorghum bicolor L. expandido como innovación del dulce típico denominado en El Salvador como “Alboroto”, se realizaron tres experimentaciones, la prueba experimental B1 no cumplió con la consistencia esperada para una barra energética, ya que transcurridas varias horas no adquirió la consistencia firme característica. La prueba experimental B2 cumplió con la consistencia esperada después de una hora en reposo, pero esperar 60 minutos en un proceso industrial no es económicamente viable. La experimentación se modificó, en la formulación de la Barra 3 (B3), incorporando huevo en la formulación y eliminando agua mediante proceso térmico, fue posible lograr la palatabilidad, firmeza y aspecto característico en menos tiempo.

La barra energética es la combinación de materia prima húmeda y seca en una mezcla de homogénea, que será sometida a un proceso de eliminación de agua mediante aplicación de calor, por tanto, es necesario que para obtener una barra energética de 40 gramos con humedad del 4% se ajuste el peso de 61.68 gramos de masa con humedad del 37.65%, de los cuales aproximadamente 21.69 gramos de agua serán eliminados. La Tabla No.1 muestra las proporciones necesarias de masa húmeda al 37.65% de materia prima.

**Tabla N° 1 Proporciones de materia prima para la barra de sorgo formulada (B3)
en base húmeda de 37.65%**

Materia Prima	Peso (g)
---------------	----------

Huevo	19.92
Sorgo	17.62
Maní	13.41
Azúcar	3.83
Almendras	3.83
Chocolate	2.30
Canela	0.77
Total	61.69

Una barra nutritiva de Sorgo de 40 gramos es una pieza o cantidad de referencia normalmente consumida (RACC), aportan al consumidor 140 Calorías, 8 gramos de grasa o 10% para los valores diarios de una dieta de 2,000 calorías, posee 1.5 gramos de grasa saturada equivalentes al 8% diario. La aportación colesterol 50 miligramos (16%), sodio es de 20 miligramos o 1%, carbohidratos totales de 14 gramos que corresponden a 5 %, de los cuales hay un aporte de 2 gramos de fibra dietética (8%), 3 gramos de azúcares totales, 3 gramos (5%) de azúcar añadida y además aporta 6 gramos de proteína. En minerales proporciona, 31 miligramos de calcio (4%), 1.4 miligramos de hierro (8%) y 150 miligramos de potasio (4%). Vitamina D se declara una fuente no significativa de vitamina D.

BARRA ENERGETICA 40 g

Nutrition Facts / Etiquetado Nutricional

Serving size / tamaño de la porción 1 piece / 1 pieza (40g)
 1 serving per container/ Porciones por envase

Amount per serving / Cantidad por porción

Calories / Calorías 140

% Daily Value* / % Valores diarios*

Total Fat / Grasa total 8 g	10%
Saturated Fat / Grasa saturada 1.5 g	8%
Trans Fat / Grasas trans 0g	
Cholesterol / Colesterol 50 mg	16%
Sodium / Sodio 20mg	1%
Total Carbohydrate/ Carbohidrato total 14 g	5%
Dietary Fiber / Fibra Dietética 2g	8%
Total Sugars / Azúcares totales 3g	
Includes / Incluidos 3g Added Sugars / Azúcares añadidos	5%
Protein / Proteína 6 g	
Calcium/ Calcio 31 mg	4%
Iron / Hierro 1.4 mg	8%
Potassium / Potasio 150mg	4%

No es una fuente significativa de / Not a significant source of Vit D

* The %Daily Value (DV) tells you how much a nutrient in a serving of food contributes to a daily diet 2,000 calories a day is used for general nutrition advice / Los %de valores diarios están basados en una dieta de 2,000 calorías. Sus valores diarios pueden ser mayores o menores dependiendo de sus necesidades calorías.

INGREDIENTES: Huevo, Sorgo, maní, azúcar, almendras, chocolate negro y canela.


INGREDIENTS: Egg, Sorghum, sugar, almonds, dark chocolate, and cinnamon.

ALERGENO: HUEVO, MANI, ALMENDRAS, CANELA.

Figura No. 1 Etiqueta nutricional para la Barra Energética de Sorgo desarrollada.

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Tabla N° 2 Descripción de Barra energética de Sorgo.

Nombre del Producto	Barra energética de sorgo inflado
Descripción	Producto que se obtiene de los granos inflados de sorgo, los cuales son mezclados con maní, chocolate, almendras, azúcar, canela y aglutinados con huevo.
Dimensiones	Rectangular
	Largo 12 cm
	Ancho 4 cm
	Alto 1 cm
Forma de consumo	Producto listo para consumir
Almacenamiento	Conservar a temperatura ambiente, en un lugar fresco y seco.
Alérgenos involucrados	Maní y huevo. Puede contener gluten
Tamaño de porción	40 g
Porciones por empaque	1
Ingredientes	Huevo, Sorgo, maní, azúcar, almendras, chocolate negro y canela.
Características organolépticas	Producto dulce, olor chocolate y canela.
Aspecto	

Evaluación económica de la producción.

En El Salvador la unidad de medida más común para la comercialización de materia prima es la libra, por tanto, es oportuno reflejar los costos de producción en dólar americanos (US\$) por libra. Los precios reflejados corresponden a las valoraciones de la tercera semana de septiembre 2021 y se detallan en la Tabla No. 3 de donde se observa, para una barra energética de 40 gramos el costo total de la materia prima utilizada. Para la evaluación económica se establece un tamaño de lote producido igual a 135.71 lb lo que corresponde a 61.69 kilogramos de materia prima. Por tanto 616 unidades tienen un costo de producción de US\$168.49.

Tabla N° 3: Costos de producción para las barras energéticas de sorgo.

Producto	Cantidad	Unidad	Costo u.	Costo Total
Huevo	43.830	lb.	0.80	\$ 35.06
Sorgo	38.770	lb.	0.25	\$ 9.69
Maní	29.500	lb.	0.45	\$ 13.28
Azúcar	8.430	lb.	0.50	\$ 4.22
Almendras	8.430	lb.	8.00	\$ 67.44
Chocolate	5.060		7.00	\$ 35.42
Canela	1.690		2.00	\$ 3.38
Total	135.71			\$ 168.49
Rendimiento / costo unitario materia prima	616	unidades	19	
Costo materia prima / unidad 40 g			616	\$ 0.2735

Del sistema APPCC para PCC se determina que existe una etapa crítica del procesamiento, la etapa de horneado que se realiza a 185°C por 15 minutos, en la cual es necesario alcanzar la temperatura de 80°C por 5 minutos para garantizar la eliminación de microorganismos como E-coli, Staphylococcus aureus y Salmonella ssp. y no sobrepasar los límites críticos establecidos por el RTCA 67.04.50:08 (2008) de ausencia de Salmonella ssp/25 g (ya que la formulación incluye huevo), Escherichia coli menores a 3 NMP/ g y para Staphylococcus aureus 102 UFC/g. Además, se incorpora en esta etapa el uso de detector de metales que identifique la presencia de peligros físicos metálicos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La barra energética desarrollada a partir de Sorghum bicolor L. expandido como innovación del dulce típico denominado en El Salvador como “Alboroto” fue formulada en conjunto con huevo, maní, azúcar, almendras, chocolate negro y canela, ingredientes que mejoran la palatabilidad del sorgo, de estos ingredientes el chocolate aportan sabor competitivo comercialmente, mientras que la evaluación nutricional, selección de bolsa de polietileno de baja densidad y definición de parámetros de producción mejoran son el fundamento para un procesamiento tecnológico de alimentos.

El maicillo, sorgo o Sorghum bicolor L. es consumido por humanos mediante el dulce típico denominado Alboroto, y ha sido ampliamente estudiado por el CENTA debido a las propiedades agrícolas de resistencia al cambio climático y las propiedades nutricionales que contribuyen a la seguridad Alimentaria y Nutricional (SAN), estas características agrícolas permiten la disponibilidad anual de esta golosina, la cual es elaborada mediante técnicas de procesamiento artesanal de gelatinización de Sorgo, aglomerado de forma esférica y usando como aglutinante dulce de panela fundido, cuya esfericidad promedio es de 5 cm a 8 cm.

Se recomienda ampliar el estudio y análisis de procesos tecnológicos tradicionales para posterior proyección industrial como es la elaboración de dulces típicos, ya que se fortalece el valor cultural que poseen como patrimonio intangible, y permite a pequeños productores incorporar aspectos de valor comercial en mercados nacionales y extranjeros, mediante la información nutricional, registro sanitario, información de producción.

Incorporar ingredientes nuevos en la formulación de alimentos tradicionales como chocolate negro, blanco, caramelos y frutos secos, genera una potencialización para mercados de productos étnicos nacionales e internacionales. En el país existen instituciones como el laboratorio de Tecnología de Procesamiento de Alimentos CENTA-MAG, y universidades como la UES que promueven el análisis de procesos productivos

tradicionales, desde la perspectiva administrativa u operativa, por los que se recomienda a los productores el acercamiento a estas entidades para el mejoramiento de los procesos productivos tradicionales.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

<https://repositorio.ues.edu.sv/bitstreams/c9a15478-1984-4da6-9cd5-8083f5fca50f/download>

DISEÑO DE UNA PLANTA PROCESADORA DE PASTA TIPO TALLARINES A BASE DE HARINAS DE YUCA (*Manihot esculenta*), ARROZ (*Oryza sativa*) Y MORINGA (*Moringa oleífera*)

Mayra Abigail Anzora Bernal
Luis Ricardo Mejía Sigüenza
Salvador Elías Monge Acevedo

Marzo 2019

RESUMEN

En esta investigación se diseñó una planta procesadora de pasta tipo tallarines utilizando harinas de yuca, arroz y moringa, con el objetivo de evaluar su factibilidad económica, técnica y de mercado en El Salvador. El propósito es ofrecer a los consumidores una alternativa a las pastas convencionales de trigo con mejores aportes nutricionales y fomentar el desarrollo socioeconómico mediante la generación de empleo, ya que las materias primas pueden cultivarse localmente.

Se destacó que la harina de moringa, con un contenido proteico del 25-29%, permite obtener un alimento con alto valor biológico, aunque se añadió proteína aislada de soya y goma xantana para mejorar el aporte proteínico y simular la función del gluten. Las formulaciones fueron sometidas a pruebas de calidad y aceptabilidad organoléptica, obteniendo la mejor aceptación una mezcla con 23.32 g de harina de yuca, 63.18 g de harina de arroz y 2.0 g de harina de moringa. Esta formulación mostró un contenido proteico de 23.41%, superando a las pastas de trigo y libres de gluten de marcas comerciales.

El diseño de la planta procesadora demostró ser económicamente rentable, con una relación costo-beneficio mayor a 1 para proyecciones a 2 y 10 años, siendo de \$1.22 y \$1.38 respectivamente.

Palabras Clave: Planta procesadora, Tallarines, Yuca, Arroz, Moringa

ABSTRACT

In this research, a noodle-type pasta processing plant was designed using cassava, rice, and moringa flours, with the objective of evaluating its economic, technical, and market feasibility in El Salvador. The objective is to offer consumers an alternative to conventional wheat pasta with improved nutritional value and to promote socioeconomic development by generating employment, as the raw materials can be grown locally. It was highlighted that moringa flour, with a protein content of 25-29%, provides a food with high biological value, although isolated soy protein and xanthan gum were added to improve protein content and simulate the function of gluten. The formulations were subjected to quality and organoleptic acceptability tests, with the highest acceptance being a mixture containing 23.32 g of cassava flour, 63.18 g of rice flour, and 2.0 g of moringa flour. This formulation showed a protein content of 23.41%, surpassing commercial wheat and gluten-free pasta brands.

The processing plant design proved to be economically viable, with a cost-benefit ratio greater than 1 for 2- and 10-year projections, at \$1.22 and \$1.38, respectively.

Key Words: Processing plant, Noodles, Cassava, Rice, Moringa

INTRODUCCIÓN

El trigo ha sido fundamental en el desarrollo económico y cultural, siendo uno de los cereales más producidos a nivel mundial, usado en la elaboración de diversos alimentos como pan, galletas y pastas. En El Salvador, el pan francés es parte de la canasta básica, lo que refleja el consumo masivo de trigo, aunque este no se cultiva en el país, creando dependencia de importaciones.

Para reducir esta dependencia, se propone la creación de productos alternativos utilizando materias primas locales, fomentando el desarrollo socioeconómico y generando empleo. Se consideran los cambios en los hábitos alimenticios hacia productos más saludables y funcionales.

En este contexto, se diseñó una planta procesadora de pasta tipo tallarines a base de harinas de yuca, arroz y moringa, ofreciendo una alternativa sin gluten y con mayor aporte nutricional, adecuada para el creciente mercado de consumidores preocupados por su salud en El Salvador y América Latina.

EQUIPOS E INSTRUMENTACIÓN

- Deshidratador de alimentos
- Molino
- Maquina laminadora para pasta
- Molino
- Tamiz
- Horno
- Agua
- Hipoclorito de Sodio (20 ppm)

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Encuesta poblacional para el cálculo de oferta y demanda del producto

Para calcular la oferta y demanda del producto, se utilizó una encuesta poblacional para recopilar datos sobre consumo, marcas y preferencias. Se realizó una encuesta presencial para dimensionar la muestra, que luego se complementó con una encuesta en línea. Las encuestas presenciales se llevaron a cabo en tres municipios del área metropolitana de San Salvador: San Marcos, Santa Tecla y Antiguo Cuscatlán, con la participación voluntaria de las personas.

Selección de factores utilizados en el estudio de localización de la planta

Para evaluar las alternativas de ubicación de la planta productora de pasta tipo tallarines a base de harinas de yuca, arroz y moringa, se analizaron seis factores clave: servicios públicos, características climatológicas y geográficas, distancia al área metropolitana de San Salvador, aspectos fiscales y financieros, factores de la comunidad y suministro de materias primas; todos estos elementos son cruciales para determinar la ubicación óptima de la planta.

Factores a considerar en el diseño de planta.

Los factores que se consideran pueden variar dependiendo del tipo de producto y del nivel de producción que se desea, en este caso se tomaron en consideración los siguientes:

- La cantidad que se desea producir
- Mano de obra que se desea implementar
- Tiempos de turnos de trabajo
- Optimización física de los espacios de la planta
- La capacidad de los equipos en cada proceso
- Optimización del recurso humano
- Consideraciones generales para el diseño de una planta procesadora de alimentos

Cálculo de razones económicas (VAN, TIR, B/C), amortización y depreciación

El cálculo de las razones económicas nos permitirá saber si la inversión es rentable o no, la evaluación económica se realizó para un periodo de 2 y 10 años, para las 2 alternativas de proceso que se han planteado.

Proceso de formulación de la pasta alimenticia a base de harinas de yuca, arroz y moringa

Con el fin de obtener la mejor formulación se consultó literatura sobre harinas y pastas, así también se contó con la ayuda de especialista del CENTA sobre el tema de elaboración de pastas. Si bien no se contó con información o antecedentes en cuanto a trabajos previos con respecto a formulación de pastas a base de harinas de yuca, arroz y moringa, si se contaba con antecedentes que indicaban que al utilizar el estabilizante goma xantan, se obtenían características que asemejan a las de gluten. Se utilizó el método de prueba y error, con una formulación inicial que incluía cantidades iguales de harina de yuca y arroz, obteniendo 9 variaciones de la formulación inicial, usando en las primeras 3 formulaciones moringa triturada y en las siguientes 6 moringa finamente molida.

RESULTADOS

Cálculo de la oferta y demanda.

El tamaño de porción estimada de acuerdo a la FAO, es el tamaño de porción del alimento que una persona normalmente ingiere de dicho alimento, y para adultos de 18 a 45 años en el grupo alimenticio de pastas estima una ración de 50 a 70 gramos de alimento, sin embargo, al comparar las marcas disponibles en El Salvador, y específicamente en el área metropolitana de San Salvador, se toman 55 gramos de porción, por lo que se decidió asumir tal porción con fines comparativos de valores nutricionales.

El consumo total se calculó así:

$$\text{Consumo total} = 26,095 * 55 \times 10^{-3} * 12 * 0.0806 = 1,388.14 \text{ kg/mes}$$

Elección de alternativa en base a resultados por el método cualitativo por puntos

De acuerdo con el puntaje obtenido, la mejor alternativa para ubicar la planta procesadora de pasta tipo tallarines a base de harinas de yuca, arroz y moringa, es Usulután, dado que cuenta con la mejor cercanía de los proveedores de las materias primas, impuestos más bajos, y un clima más cálido, sumando un total de 83 de 100 puntos; seguido de San Salvador como segunda mejor opción, sumando un total de 81 de 100 puntos posibles, y finalmente, La Libertad sumando un total de 79 de 100 puntos posibles. A partir de lo anterior, es posible notar que los puntos obtenidos por las tres alternativas fueron similares, siendo una diferencia máxima de 2 puntos entre ellas, esto debido a que todas proponían grandes ventajas en cuanto a la ubicación de la planta se refiere.

Cálculo de razones económicas (VAN, TIR, B/C), amortización y depreciación

Al finalizar la evaluación económica, se decidió que la propuesta de proceso manual para el corte de yuca, era la que generaba beneficios más atractivos para un periodo de 2 años, aunque los intereses para el periodo de 2 años son mayores que para 10 años. La proyección del flujo de efectivo mostró que se podrían solventar estos pagos vendiendo el total de la producción establecida, sin embargo, si la planta llegara a implementarse en el futuro, sus beneficios económicos podrían aumentar si se expande el mercado fuera del municipio de San Salvador.

Evaluación de las pastas alimenticias formuladas con parámetros de calidad

Se evaluaron las pastas alimenticias formuladas según parámetros de calidad. Las primeras tres formulaciones (FE1, FE2, FE3) se realizaron con 100 g de mezcla de harinas, pero la textura de la masa se vio afectada por las fibras presentes en la moringa, generando cortes durante el prensado para obtener un espesor de 7 mm. Las formulaciones FE1 y FE2 presentaron una textura gelatinosa y pegajosa tras la cocción.

En las seis formulaciones siguientes (FE4, FE5, FE6, FE7, FE8, FE9) se utilizó moringa pulverizada, libre de partículas fibrosas, mejorando la consistencia de la masa. Se determinó que una concentración de moringa mayor a 3 g por cada 100 g de pasta producía una consistencia fibrosa que dificultaba el prensado.

Las formulaciones FE5, FE7 y FE9, que mostraron mejores características tras la cocción, fueron seleccionadas para ser evaluadas por un panel sensorial. Las pruebas de calidad para pastas cocidas se realizaron conforme a los estándares establecidos, obteniendo resultados favorables en dichas formulaciones.

Comparación nutricional del producto formulado con productos similares presentes en el área metropolitana de San Salvador

El objetivo principal de la comparación nutricional del producto formulado es verificar que ofrece una ventaja nutricional en comparación con los productos disponibles en el área metropolitana de San Salvador. Se realizaron dos comparaciones: una con pastas a base de harina de trigo (con gluten) y otra con pastas libres de gluten. En cuanto a las calorías, hubo una disminución del 4.01%, y una reducción del 100% en grasa y azúcar, así como casi un 97% en fibra. La principal ventaja de la pasta alimenticia formulada en la investigación es su aumento en el aporte de proteína, con un incremento de casi el 84%.

Los resultados de la comparación de la pasta formulada en la investigación con pastas libres de gluten fueron similares a la comparación con pastas a base de trigo, mostrando una disminución del 100% en grasa, fibra y azúcar.

El aporte de proteína se destacó como la principal ventaja, ya que una porción de 55 gramos de la pasta formulada contiene 12.87 gramos de proteína, en contraste con el promedio de 3 a 4.5 gramos en pastas libres de gluten. Esto representa un incremento total del 275% en el contenido proteico.

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

La investigación tuvo como objetivo realizar el diseño de una planta procesadora de pasta tipo tallarines a base de harinas de yuca, arroz y moringa, en éste apartado se realiza un análisis del diseño obtenido así como de la factibilidad económica de la proyección de la planta una vez iniciado su funcionamiento, así mismo se realizó el análisis del producto como los resultados de la evaluación sensorial en contraste con el estudio de mercado, y de igual forma se analizan las ventajas nutricionales del producto final con otras pastas alimenticias de marcas posicionadas en el mercado salvadoreño.

Análisis del cálculo de la oferta y demanda de la planta procesadora de pasta tipo tallarines a base de harinas de yuca, arroz y moringa

El cálculo de la oferta y demanda de la planta se realizó mediante un estudio de mercado, dicho estudio requirió de una muestra poblacional que representara de forma confiable los datos de consumo de la población estudiada, que para ésta investigación fue el área metropolitana de San Salvador.

Teniendo los datos de consumo de la poblacional se logró determinar una demanda de 4,327 kg/mes aproximadamente y una oferta de 5,770 kg/mes, lo cual es en primera instancia acertado ya que permite iniciar una producción como pequeña empresa, por lo que no se requiere de equipos de alta capacidad que son costosos y requieren de gran espacio. Por lo que, los valores de oferta y demanda para una nueva empresa se consideran aceptables.

Análisis de selección, localización y diseño de la planta procesadora de pastas

La ubicación de la planta procesadora de pasta se basó en seis factores clave, entre ellos la disponibilidad de materias primas y la proximidad de proveedores. Usulután fue seleccionada por contar con yuca, arroz y moringa necesarios para la producción, a pesar de la distancia a San Salvador.

El diseño de la planta se definió considerando los factores que influyen en las plantas procesadoras de alimentos, incluyendo el tipo de producto y las materias primas utilizadas. Se optó por una configuración en forma de L para evitar la contaminación cruzada y controlar el flujo de aire, garantizando así la calidad del producto final. Además, se tuvo en cuenta el espacio para equipos, el movimiento del personal, la limpieza y el mantenimiento.

Se desarrollaron manuales de buenas prácticas de manufactura y un análisis de peligros y puntos críticos para asegurar la calidad y seguridad del proceso de producción.

Análisis de la Factibilidad económica de la Planta

Se analizaron dos propuestas para el área de corte de yuca: una con un proceso manual y otra con un proceso semiautomático. Al evaluar ambas opciones mediante un análisis económico (VAN, TIR y B/C), se determinó que la propuesta de corte manual de yuca es más rentable en un plazo de dos años debido a su menor inversión inicial, ya que no requiere la compra de maquinaria semiautomática. Esto resulta en menores intereses, depreciación y amortización. Aunque ambas propuestas son rentables, la opción manual se seleccionó por su mayor rentabilidad a corto plazo. Además, el diseño de la planta permite futuras modificaciones para incorporar maquinaria semiautomática si el proyecto se amplía.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se encontró el diseño óptimo para una planta procesadora de pasta tipo tallarines utilizando harinas de yuca, arroz y moringa, optando por un proceso manual para el corte de yuca. Este diseño, con un recorrido lineal de 28.76 metros, permite una inversión inicial menor y facilita la incorporación de equipos semiautomáticos en caso de expansión.

La formulación de la pasta que obtuvo la mejor aceptación organoléptica contenía 23.32% de harina de yuca, 63.18% de harina de arroz, 2% de harina de moringa, 10.5% de proteína aislada de soya y 1% de goma xantana. Se determinó que el proyecto es factible económica, técnica y comercialmente, basado en estudios de mercado y evaluación económica a 2 y 10 años.

La pasta formulada mostró ventajas nutricionales, con un 84% más de proteína que las pastas de trigo y 275% más que las pastas libres de gluten disponibles en San Salvador. Cumple con los parámetros microbiológicos y nutricionales establecidos por la legislación nacional.

El estudio de pre-factibilidad ha demostrado que el proyecto de la planta procesadora de pasta es viable, aunque se recomienda realizar un estudio económico más detallado para obtener mayores beneficios económicos y considerar una vida útil del proyecto de más de 10 años.

El proceso de obtención de la harina de yuca depende de varios factores como la temperatura, velocidad del aire y superficie efectiva del material. Es crucial controlar estos factores durante el secado, ya que diferentes materiales tienen estructuras variadas que afectan la migración de agua. Se recomienda usar secadores que controlen la temperatura y proporcionen un flujo de aire constante, manteniendo la integridad del material y evitando contaminantes externos. No se aconseja el secado al sol debido a la falta de garantía en la inocuidad del proceso.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

<https://repositorio.ues.edu.sv/bitstreams/65968fb3-4658-4d94-aa30-2a3530a70c15/download>

**OBTENCION DE UNA HARINA COMPUESTA DE TRIGO, SEMILLA DE OJUSHTE
(*Brosimum alicastrum*) Y DE PLATANO (*Musa sapientum*), PARA LA
FORMULACION DE PRODUCTOS DE PANADERIA**

Isaac Salomón Alvarado Colorado
Marcela María Miranda Torres
Gabriela Beatriz Rosales Barrera
Iliana Yormy Tobar Menjívar

Febrero 2016

RESUMEN

Se formuló una harina compuesta a partir de trigo, semilla de ojushte y plátano para elaborar productos de panificación (pan tipo francés y galleta tipo margarita) con buen valor nutricional. Para controlar los cambios en el sabor y mantener las propiedades nutricionales, se establecieron temperaturas y procesos de secado específicos para cada harina: 155°C por 10.5 horas para el ojushte y 135°C por 4 horas para el plátano.

Usando el método de vértices extremos, se generaron cinco formulaciones y de las pruebas preliminares de aceptabilidad se seleccionaron tres con proporciones 81:15:4, 75:15:10 y 70:23:7 (trigo: ojushte: plátano). La formulación con mayor aceptación fue la de 75% trigo, 15% ojushte y 10% plátano.

Se realizaron pruebas de caracterización de harinas y pruebas fisicoquímicas para establecer parámetros de almacenamiento y calidad. Los análisis microbiológicos cumplieron con las especificaciones establecidas y se elaboraron etiquetas nutricionales de los productos. Además, un estudio preliminar de costos mostró que el pan tipo francés y la galleta tipo margarita se pueden elaborar a bajo costo, siendo una alternativa novedosa para nuevos productos alimenticios.

Palabras Clave: Harina compuesta, Trigo, Ojushte, Plátano, Productos de panadería

ABSTRACT

A composite flour was formulated from wheat, ojushte seed, and plantain to produce baked goods (French bread and margherita cookies) with good nutritional value. To control flavor changes and maintain nutritional properties, specific temperatures and drying processes were established for each flour: 155°C for 10.5 hours for ojushte and 135°C for 4 hours for plantain.

Using the extreme vertex method, five formulations were generated, and three were selected from preliminary acceptability tests with ratios of 81:15:4, 75:15:10, and 70:23:7 (wheat: ojushte: plantain). The most widely accepted formulation was 75% wheat, 15% ojushte, and 10% plantain.

Flour characterization tests and physicochemical tests were conducted to establish storage and quality parameters. Microbiological analyses met established specifications, and nutritional labels were developed for the products. Furthermore, a preliminary cost study showed that French bread and margherita cookies can be produced at a low cost, representing a novel alternative for new food products.

Key Words: Compound flour, Wheat, Ojushte, Banana, Bakery products

INTRODUCCIÓN

El territorio salvadoreño depende de cultivos como azúcar, frijol y maíz, pero también posee alimentos no explotados con altos valores nutritivos, como el ojushte. Este interés surge por la necesidad de alimentos nutritivos y accesibles, ya que muchos no están al alcance de toda la población.

Se busca formular productos de panificación que suplan nutrientes a bajo costo y sean agradables a los consumidores, utilizando materias primas locales. El ojushte, una semilla de la región mesoamericana, destaca por su contenido proteico, calcio y magnesio. Las semillas secadas pueden usarse en diferentes platillos y como ingredientes de bebidas y harinas.

La harina de trigo para panificación puede sustituirse hasta un 30% por harina de ojushte, produciendo una harina compuesta. Sin embargo, la semilla de ojushte procesada artesanalmente tiene un sabor amargo que se enmascara con harina de plátano, sin afectar las propiedades de la masa panificable.

EQUIPOS E INSTRUMENTACIÓN

- Deshidratador
- Molino de cuchillas
- Tamices (mesh 60, 100 y 200)
- Bolsas de polietileno
- Balanza semianalítica
- Probetas
- Amasadora semi-industrial
- Horno
- Azúcar
- Levadura
- Margarina
- Manteca
- Sal
- Huevo
- Polvo de hornear
- Esencia de vainilla
- Mermelada
- Agua
- Solución hipoclorito de sodio 100 ppm

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Formulación de la harina compuesta de trigo, ojushte y plátano

La formulación de una harina compuesta que incluye trigo, ojushte y plátano se realizó utilizando un diseño experimental de mezclas con tres componentes, buscando una mezcla con buenas características panificables.

- Harina de trigo: Se estableció un límite mínimo del 70% y un máximo del 100%, según investigaciones previas, para garantizar buenas propiedades panificables.
- Harina de ojushte: No existían estudios previos, por lo que los límites se establecieron buscando la mayor sustitución posible para mejorar el valor nutricional y mantener la aceptación del consumidor.
- Harina de plátano: Basándose en investigaciones anteriores, se determinó una sustitución mínima del 4% y un máximo del 10%, para preservar características organolépticas como olor, sabor, textura y color similares al pan de trigo.

La interacción entre los tres componentes podría generar resultados distintos, por lo que se realizó el ajuste de proporciones basado en los límites mencionados y pruebas experimentales.

Proceso de elaboración de los productos de panificación

El proceso de elaboración de los productos de panificación específicamente pan tipo francés y galletas tipo margarita incluyó los siguientes aspectos:

- Selección del tipo de harina:

Se utilizó harina de trigo fuerte para el pan tipo francés y harina de trigo suave para las galletas tipo margarita, manteniendo las demás proporciones constantes (trigo, ojushte y plátano) para comparar comportamientos de las masas.

- Cantidad de materia prima y agua:

Las cantidades fueron determinadas experimentalmente, basándose en literatura y pruebas prácticas, para cumplir con los estándares de calidad.

- Tiempo de mezclado y amasado:

La velocidad fue ajustada mediante pruebas para reducir tiempos y garantizar un amasado adecuado, considerando la funcionalidad de las amasadoras mecánicas.

- Tiempo de cocción:

Se establecieron temperaturas y tiempos específicos para mantener características óptimas en los productos horneados.

- Tamaño y peso de masa:

Las masas para pan y galletas se ajustaron para lograr volúmenes similares a los productos comerciales.

RESULTADOS

Formulación de la harina compuesta de trigo, ojushte y plátano

Tabla N° 1: Formulaciones de harina compuesta de trigo, ojushte y plátano, a partir de una base de 454 g

Formulación	Trigo		Ojushte		Plátano		Total de harina compuesta	
	%	g	%	g	%	g	%	g
F1	81.0	367.74	15.0	68.1	4.0	18.16	100	454
F2	70.0	317.8	26.0	118.04	4.0	18.16	100	454
F3	75.0	340.5	15.0	68.1	10.0	45.4	100	454
F4	70.0	317.8	20.0	90.8	10.0	15.4	100	454
F5	70.0	317.8	23.0	104.42	7.0	31.78	100	454

Proceso de elaboración de los productos de panificación

Para la elaboración de los productos de panificación se emplearon cinco combinaciones distintas de harinas de trigo, ojushte. La Tabla No. 2 muestra el listado de materia prima y aditivos que se utilizaron en la elaboración de pan tipo francés para todas las formulaciones, mientras que la Tabla No.3 detalla la formulación para galletas tipo margarita, dichas formulaciones fueron elaboradas con base en 1 lb de harina compuesta. Cabe recalcar que la materia prima y los aditivos fueron constantes en las cinco formulaciones, las cantidades de las materias prima y los aditivos, fueron determinadas experimentalmente a través de pruebas preliminares de elaboración de productos de panificación.

Tabla N° 2 Lista de materia prima y aditivos para las formulaciones de pan tipo francés

Componente	Cantidad
Harina compuesta	454 g
Azúcar	9.0
Levadura	5.8 g

Margarina	13.0 g
Manteca	13.0 g
Sal	5.0 g
Huevo	45.2 g
Agua	120.0 mL

Tabla N° 3: Lista de materia prima y aditivos para las formulaciones de galletas tipo margarita

Componente	Cantidad
Harina compuesta	454 g
Azúcar	100.0 g
Margarina	113.6 g
Polvo de hornear	10.0 g
Sal	1.4 g
Huevo	101.2 g
Esencia de vainilla	20.0 mL
Mermelada	2.0 g

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Evaluación de aceptabilidad

Tanto para el pan tipo francés como para la galleta tipo margarita, la formulación con mayor aceptación entre los panelistas fue la formulación 3, la cual posee un 75% de trigo, 15% de ojushte y 10% de plátano. De este resultado se pueden analizar varios factores, entre ellos:

- En una harina compuesta de trigo, ojushte y plátano, las mejores características sensoriales del producto se obtienen a un nivel máximo de sustitución del trigo de 75%.
- Los panelistas aceptan productos con un máximo de sustitución de ojushte del 15%, evaluándolo debido a que en este porcentaje se percibe menos el sabor amargo del ojushte. En el caso del pan, se tuvo una mayor percepción de sabor a ojushte, pero en las galletas este sabor no fue demasiado notorio.
- Los atributos más valorados por los consumidores son sabor y color, siendo estos dos factores decisivos al inclinarse por un producto en específico.
- La bibliografía consultada señala que la mayor sustitución de plátano es en un porcentaje de 7%, sin embargo, en el caso de pan tipo francés de trigo, ojushte y plátano, la sustitución de plátano puede ser de 10%.

Evaluación fisicoquímica de la harina compuesta de trigo, ojushte y plátano y productos de panificación

Los análisis fisicoquímicos realizados a las harinas compuestas y productos panificados sirvieron como base para diseñar las etiquetas nutricionales correspondientes. Los resultados fueron comparados con las normativas RTCA 67.01.15:07 (para harinas de trigo fortificadas) y NSO 67.30.01:04 (para productos panificados), con el objetivo de evaluar la calidad final obtenida.

- Análisis fisicoquímicos para acidez en grasa de harina compuesta

El análisis confirma que la mezcla de harinas compuesta de trigo, ojushte y plátano cumple con la especificación establecida en el RTCA 67.01.15:07, que exige no más de 50 mg de hidróxido de potasio (KOH) para neutralizar los ácidos grasos libres en 100 gramos de grasa.

El promedio obtenido para la mezcla de harina para pan fue de 45.559 mg KOH/100 g de grasa, situándose por debajo del límite reglamentario y garantizando su conformidad con los estándares de calidad.

El análisis experimental para las galletas mostró un promedio de 27.15 mg KOH/100 g de grasa, situándose por debajo del límite permitido. Este resultado también indica una mayor estabilidad en la vida útil de la mezcla, debido a la menor cantidad de ácidos grasos libres presentes.

- Humedad de harina compuesta

El contenido de humedad de la harina compuesta utilizada para el pan tipo francés se analizó mediante el Método AACC (44-15A), que consiste en secar una muestra de 2 g a $130 \pm 1^\circ\text{C}$ durante 60 minutos y calcular el porcentaje de humedad.

De acuerdo con el RTCA 67.01.15:07, el límite máximo de humedad permitido en harinas es del 15.5%, y las pruebas experimentales mostraron un promedio de 11.75% de humedad en las tres muestras evaluadas, lo que indica que cumplen con los requisitos establecidos.

Las pruebas experimentales en galletas tipo margarita indicaron un promedio de 11.03% de humedad en las tres muestras analizadas, cumpliendo con lo estipulado en la normativa.

- Ceniza en harina compuesta

Las cenizas son el residuo que queda tras incinerar una muestra a $550 \pm 10^\circ\text{C}$ hasta la combustión completa de la materia orgánica. Según el método AOAC 14.006, se utilizan de 2 a 6 g de muestra, buscando obtener cenizas blancas o grisáceas. El RTCA 67.01.15:07 establece un límite máximo de 1% p/p de cenizas en las harinas.

La harina compuesta para pan tipo francés presentó un contenido de cenizas promedio de 1.614%, superando el límite permitido. Así mismo, la harina compuesta para galletas tiene un contenido de cenizas promedio de 1.78%, ambas exceden el límite máximo permitido en la normativa usada como referencia.

Este excedente puede atribuirse al alto contenido de minerales en la harina de ojushte (como calcio, magnesio y manganeso), cuyos óxidos permanecen en las cenizas tras la combustión. Esto indica que, aunque la mezcla es rica en minerales, no cumple con la normativa establecida para contenido máximo de cenizas.

Evaluación nutricional

Durante el procesamiento de harinas compuestas de trigo, ojushte y plátano, se presentaron pérdidas nutricionales inevitables debido a factores como tratamientos térmicos, especialmente en las harinas de ojushte y plátano, ya que son sometidas a mayores temperaturas de secado. El ojushte, rico en proteínas, mostró una disminución de 0.63% tras el secado, pasando de 11.98% a 11.35% de proteína cruda. En la harina compuesta, el ojushte aportó un 17.1% del total de proteína (12.83%), mientras que el trigo contribuyó con el 82.9%. En los productos terminados, el pan tipo francés alcanzó un 14.07% de proteína, incrementándose en un 1.24% respecto a la harina, probablemente por la adición de huevo, mientras que las galletas presentaron un contenido proteico del 11.50%, similar al de su harina base. En cuanto al calcio, las semillas de ojushte contienen 1,494 ppm, y este valor se incrementó a 2,980.92 ppm en las galletas y 444.27 ppm en el pan francés, influenciado por la adición de ingredientes como huevo y margarina. Para el hierro, las galletas alcanzaron 254.03 ppm y el pan francés 606.18 ppm, con diferencias atribuidas al tipo de harina de trigo utilizada. Respecto al magnesio, el ojushte aportó un 11.46% del total en la harina para pan, el trigo un 85.96% y el plátano un 2.58%; los productos terminados presentaron 606.18 ppm en galletas y 254.03 ppm en pan, siendo el magnesio principalmente derivado de la harina compuesta.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Durante el procesamiento de harinas compuestas de trigo, ojushte y plátano, se lograron niveles bajos de pérdida nutricional a pesar de las altas temperaturas de secado; la formulación aceptada con 75% trigo, 15% ojushte y 10% plátano destacó por su perfil organoléptico debido a que el plátano enmascara el amargor del ojushte. Los análisis fisicoquímicos según el RTCA 67.01.15:07 revelaron niveles adecuados de acidez y humedad en ambas harinas, aunque excedieron el límite de ceniza por los minerales naturales del ojushte. Los productos finales cumplieron con la normativa NSO 67.30.01:04 en humedad, acidez y cloruro de sodio, presentando valores microbiológicos dentro de los límites establecidos. Energéticamente, el pan aportó

103.3 kcal por porción de 30 g y las galletas 101 kcal por 25 g, siendo ambos productos ideales para personas intolerantes a la lactosa y niños en crecimiento por su alto contenido de proteína, calcio y magnesio. Finalmente, las galletas de harina compuesta superaron a las comerciales en calcio, con 4% menos sodio y 1% menos carbohidratos, representando una opción saludable para diversos públicos.

Se recomienda realizar estudios toxicológicos sobre los productos alimenticios derivados del ojushte para evaluar sus posibles riesgos y cambios. En cuanto a la cosecha, se sugiere implementar un sistema más higiénico para recolectar las semillas caídas naturalmente, reduciendo la contaminación y la carga microbiana. Para el secado de ojushte y plátano, se propone emplear deshidratadores con control de flujo de aire y temperatura, asegurando un proceso más eficiente. La molienda debería realizarse en equipos especializados para reducir tiempos y lograr harinas con características granulométricas óptimas. Además, la capacitación de panelistas en evaluación sensorial mejoraría la confiabilidad de los resultados obtenidos en análisis de aceptabilidad. Finalmente, se recomienda fortificar la harina compuesta con hierro para enriquecer la calidad nutricional de los productos de panadería elaborados con esta formulación.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

<https://repositorio.ues.edu.sv/bitstreams/017d53f1-c662-44aa-93b7-325ef2ed29b3/download>

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA PARACENTRAL - INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

PREPARACIÓN DE GALLETA NUTRITIVA A BASE DE SORGO [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] Y MORINGA (*Moringa oleifera* Lam.), CON DIFERENTES FORMULACIONES EN EL MUNICIPIO Y DEPARTAMENTO DE SAN VICENTE, 2018

Alberto Antonio Flores Morán

Septiembre 2020

RESUMEN

La investigación estudió la aceptabilidad de una galleta nutritiva elaborada con harina de sorgo enriquecida con moringa como fuente proteica vegetal. Participaron 25 jueces no entrenados, utilizando una escala lineal para evaluar sabor, color y olor. El tratamiento más aceptado fue T0 (sorgo 100%) con una puntuación promedio de 7.62, seguido de T1 (sorgo 95% + moringa 5%) con 6.66, mientras que los tratamientos con mayores proporciones de moringa (T2-T4) mostraron menor aceptabilidad sensorial. El análisis bromatológico indicó que la cantidad de proteína aumentaba conforme se incrementaba la moringa, con valores que oscilaron entre 5.46% (T0) y 9.09% (T4). Además, la inocuidad del producto fue confirmada mediante análisis microbiológicos para *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, mohos y levaduras, cumpliendo con normativas alimentarias nacionales. Los resultados destacaron un balance entre aceptabilidad sensorial y beneficios nutricionales, con un producto seguro para el consumo humano.

Palabras Clave: galleta nutritiva, moringa, sorgo bicolor, proteína vegetal, harina de moringa, harina de sorgo.

ABSTRACT

The research studied the acceptability of a nutritious biscuit made with sorghum flour enriched with moringa as a plant-based protein source. Twenty-five untrained judges participated, using a linear scale to evaluate flavor, color, and odor. The most accepted treatment was T0 (100% sorghum), with an average score of 7.62, followed by T1 (95% sorghum + 5% moringa), with 6.66. Treatments with higher proportions of moringa (T2-T4) showed lower sensory acceptability. Bromatological analysis indicated that the amount of protein increased with increasing moringa content, with values ranging from 5.46% (T0) to 9.09% (T4). Furthermore, the product's safety was confirmed through microbiological analysis for *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, molds, and yeasts, complying with national food regulations. The results highlighted a balance between sensory acceptability and nutritional benefits, with a product safe for human consumption.

Key Words: nutritious biscuit, moringa, bicolor sorghum, vegetable protein, moringa flour, sorghum flour.

INTRODUCCIÓN

La investigación destacó el sorgo como un cultivo clave en El Salvador debido a su adaptabilidad a condiciones edafoclimáticas, superando al maíz en resistencia ante la sequía y consolidándose como el segundo grano más producido en el país. La moringa, rica en proteínas, cenizas y fibra cruda, se combinó con sorgo para crear una harina altamente nutritiva. El estudio incluyó cinco formulaciones diferentes de harina mezclada, tomando como referencia un recetario de productos de sorgo publicado por CENTA en 2011. Las muestras elaboradas fueron evaluadas a través de análisis bromatológicos, microbiológicos y sensoriales por 25 jueces no entrenados, estudiantes de la Universidad de El Salvador. Esto permitió medir la aceptación de las galletas por la población y determinar la formulación más aceptada, garantizando un producto nutritivo y seguro para el consumo.

EQUIPOS E INSTRUMENTACIÓN

- Cocina casera
- Molino pulverizador
- Batidora
- Mesa de trabajo de acero inoxidable
- Tazones
- Moldes para galleta
- Bandeja para hornear
- Jeringa
- Recipientes de aluminio
- Balanza
- Granos de sorgo
- Harina de hojas de moringa
- Mantequilla
- Manteca
- Canela molida
- Leche en polvo
- Agua
- Azúcar morena
- Sal
- Fécula de maíz
- Vainilla
- Margarina
- Harina de trigo
- Polvo para hornear

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Descripción del proceso para la elaboración de la galleta nutritiva

Para todo tipo de procesamiento de alimentos, siempre se siguen una serie de pasos en orden lógico, a continuación, se describe dicho proceso paso a paso y también se incluye un diagrama de flujo del mismo (Figura 1).

- Actividades preliminares: Desinfección de los utensilios y equipo de trabajo con solución de hipoclorito de sodio (2 mg/L) sumergidos durante 15 minutos.
- Recepción de materia prima: se recibe el grano entero de sorgo en bolsas de polipropileno, y la harina de hoja de moringa en el mismo tipo de envase.
- Limpieza de materia prima: el grano de sorgo se extiende sobre las mesas de trabajo para revisión, limpieza y eliminación de contaminantes físicos y mecánicos (rastros de cosecha, piedras, etc.).
- Pulverizado: para la obtención de las harinas es necesario la ayuda de un molino pulverizador, garantizando así que el tamaño de la partícula sea el adecuado, y cumplir con lo establecido por CODEX (2013) donde se establece que el 98 % o más de la harina deberá pasar a través de un tamiz (No. 70) de 212 micras.

- Pesado de ingredientes: este proceso es necesario para determinar el rendimiento y los costos de producción, además de garantizar los porcentajes exactos de cada ingrediente para cada tratamiento del estudio, para lo cual se utilizó una balanza de precisión analítica.
- Mezcla de ingredientes secos: para el mezclado de los ingredientes, se realizó en orden de mayor a menor, es decir los ingredientes que representan el mayor porcentaje dentro de los tratamientos, las cantidades mayores se agregaron uno por uno hasta llegar a los de menor cantidad, proceso ayudado por una mezcladora eléctrica de 5 velocidades.
- Adición de ingredientes húmedos: luego de tener los ingredientes secos previamente mezclados, se agregó los ingredientes de naturaleza húmeda comenzando por la manteca, luego mantequilla y para finalizar la vainilla.
- Mezclado final: el último mezclado se realizó adicionando leche fluida en la cantidad previamente establecida por la receta de cada fórmula.
- Engrasado de bandejas: las bandejas son previamente engrasadas para garantizar que al colocar en ella las galletas para ser horneadas, éstas no se adhieran a la bandeja.
- Moldeado por amasada: al finalizar el mezclado de los ingredientes, con la ayuda de un rodillo se extiende la pasta en la mesa de trabajo y haciendo uso de un molde de acero inoxidable se procede a cortar en distintas formas y tamaños la masa para obtener las galletas.
- Horneado: antes de introducir las bandejas al horno, fue necesario precalentarlo por media hora a 250 °C, pasado este tiempo se introdujo la bandeja con las galletas ya moldeadas y hornear por 15 minutos a 150 °C. 34
- Enfriado: luego de extraer las bandejas del horno, se colocan sobre la mesa de trabajo y se dejan enfriar a temperatura ambiente cerca de 30 minutos.

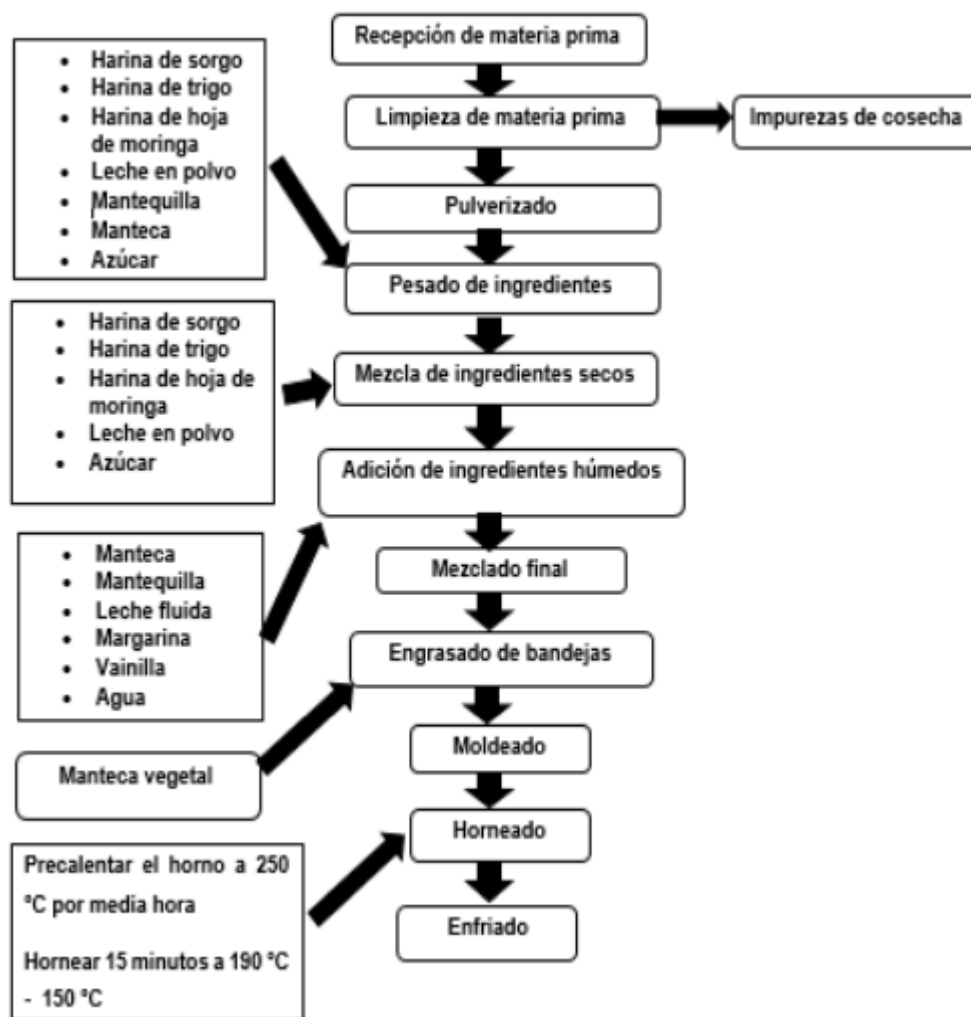


Figura N°1. Diagrama de flujo de proceso para la obtención de la galleta nutritiva.

RESULTADOS

La investigación se centró principalmente en la preparación de una galleta nutritiva a base de sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] y moringa (*Moringa oleifera* Lam.), con diferentes formulaciones en el municipio y departamento de San Vicente, además de determinar la aceptabilidad de la galleta, elaborando 4 tratamientos (fórmulas) contrastados con un tratamiento testigo, con los porcentajes de materia prima e insumos requeridos según fórmula.

Tratamientos o agrupaciones

Los diferentes tratamientos a utilizar en la investigación, se describen a continuación en las Tablas 1 y 2:

Tabla N° 1. Formulaciones de harina para los diferentes tratamientos en base a porcentaje.

Tratamiento	Sorgo (%)	Moringa (%)	Trigo (%)
T0	75	0	25
T1	95	5	0

T2	90	10	0
T3	85	15	0
T4	80	20	0

Tabla N°2 Formulaciones para los tratamientos en base a receta.

Ingredientes	Tratamientos				
	T0	T1	T2	T3	T4
Harina de sorgo (g)	340.90	399.0	378.00	357.00	336.00
Harina de trigo (g)	113.63				
Harina de moringa (g)	0.00	21.00	42.00	63.00	84.00
Mantequilla (g)	0.00	85.00	85.00	85.00	85.00
Manteca vegetal (g)	0.00	40.00	40.00	40.00	40.00
Azúcar (g)	227.27	170.00	170.00	170.00	170.00
Leche en polvo (g)	12.00	170.00	170.00	170.00	170.00
Levadura (g)	6.00				
Royal (g)	5.00				
Margarina (g)	80.00				
Canela (g)		1.00	1.00	2.00	1.50
Sal (g)		1.00	1.00	1.00	1.00
Fécula de maíz (g)		1.00	1.00	1.00	1.00
Vainilla (mL)	15.84	2.00	2.00	4.00	4.00
Leche fluida (mL)		150.00	150.00	150.00	150.00
Agua (mL)	360.00				

Para la recopilación de datos en el caso de las investigaciones de carácter cualitativos, se utilizará el diseño de encuesta que cuenta con la evaluación de las mismas características para cada tratamiento, evaluando: sabor, color, textura y olor.

La evaluación sensorial se realizó un día solamente, esto con el fin de evaluar o medir la aceptabilidad de los diferentes tratamientos, las variables organolépticas que se determinaron fueron: sabor, color, textura y olor de cada tratamiento respectivamente por parte de los jueces no entrenados; midiendo de esta manera la aceptabilidad general de las galletas por cada tratamiento; además de ser sometidos los diferentes tratamientos a análisis de laboratorio microbiológico y el análisis bromatológico completo para cada tratamiento.

Análisis de laboratorio

Los análisis de laboratorio nos ayudan con todos aquellos resultados que no son posibles determinarlos mediante personas o programas informáticos como en el caso de las variables organolépticas, ya que en los análisis de laboratorio se quiere determinar la inocuidad de los alimentos (presencia de bacterias) y que estos cumplan con lo establecido por las normas que rigen los alimentos en el país; además de determinar la cantidad de nutrientes presentes en la galleta para determinar si es nutritiva o no como se planteó en los objetivos.

Análisis microbiológico

Se realizó análisis microbiológico a las diferentes muestras de cada fórmula, para determinar la presencia de *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*, comparando los resultados obtenidos con lo establecido en el Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 67.04.50:08 29 Alimentos: Criterios Microbiológicos para la

inocuidad de alimentos del Grupo de Alimento 7.0: Pan y productos de panadería y pastelería; 7.2 Subgrupo del alimento: Panadería fina con o sin relleno (galletas, queque, pasteles, tortas) otros productos de panadería fina (dulces, salados, aromatizados) y mezclas. También se realizó análisis microbiológico para determinar la presencia de Mohos y levaduras en cada muestra de las fórmulas, debiendo obtener valores menores a 50 UFC/g, valor establecido en la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 67.30.01:04 productos de panadería. Calificación y especificaciones del pan dulce.

Análisis bromatológico

Los diferentes tratamientos fueron sometidos a análisis bromatológicos completos, donde se presentó una libra de galletas por tratamiento como muestra para el análisis, cantidad determinada por el encargado del laboratorio de química agrícola perteneciente a la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, donde se realizó el análisis, determinando los valores de: humedad total, materia seca, ceniza, proteína cruda, extracto etéreo, fibra cruda y carbohidratos.

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Para seleccionar el mejor tratamiento en la investigación, fue necesario elaborar una tabla donde se presentan los valores por medias de cada fórmula de la galleta, el tratamiento con mejor puntaje dentro del intervalo 1-10 del análisis sensorial de la prueba hedónica, es el tratamiento más aceptado. Los datos de acuerdo a la Tabla No. 3 muestran el promedio por cada tratamiento.

Tabla N° 3. Aceptabilidad de tratamientos en promedio por variable de la galleta

Tratamiento	Variables de la galleta				Sumatoria	Media
	Sabor	Color	Textura	Olor		
T0 (sorgo y trigo)	7.89	7.60	6.25	8.74	30.48	7.62
T1 (sorgo 95% y moringa 5%)	7.60	5.59	6.35	7.11	26.65	6.66
T2(90% sorgo – 10% moringa)	4.98	5.00	5.51	6.04	21.53	5.38
T3(85% sorgo – 15% moringa)	4.86	5.76	5.69	6.08	23.39	5.59
T4(80% sorgo – 20% moringa)	4.22	4.36	5.17	5.54	19.29	4.82

Interpretando los datos, se determina que la galleta de mayor aceptación fue la formulada bajo el nombre de tratamiento testigo (T0) formulado con harina de sorgo y harina de trigo, receta base elaborada por el CENTA en su recetario de productos elaborados a base de sorgo (*Sorghum bicolor* L.Moench), resultando el tratamiento con un promedio de aceptabilidad de 7.62 “me gusta un poco”, le sigue el tratamiento (T1) formulado con un 95% harina de sorgo y 5% de harina de moringa con un promedio de 6.66 “me gusta muy poco”. Datos graficados en la Figura 10 para mejor comprensión de la aceptabilidad promedio por tratamiento.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El tratamiento más aceptado por los jueces no entrenados fue el testigo, seguido del tratamiento 1, 2, y 3, mientras que el tratamiento 4, con mayor porcentaje de moringa, no superó un promedio de 5 debido a su sabor amargo. Las galletas contenían menos del 1% de fibra cruda, lo que las hace altamente digeribles. El contenido de proteína cruda aumentó proporcionalmente con la adición de moringa, alcanzando entre un 5% y 10%, cumpliendo con los objetivos de la investigación. La harina de moringa resultó ser una fuente rica en proteína y aminoácidos esenciales no sintetizables por el cuerpo humano. Se destacó la importancia de las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) para garantizar un producto inocuo acorde a las normativas vigentes. Exceptuando el tratamiento 4, las formulaciones son viables para su producción y consumo.

Además, se identificó una nueva forma de usar el sorgo como alimento humano y de incorporar moringa, mejorando el nivel proteico en alimentos tradicionales. Por último, se concluyó que estas galletas son adecuadas para personas con diabetes y alergias al gluten.

Para futuros estudios, se recomienda buscar alternativas que reduzcan el sabor amargo de la moringa en los tratamientos, como el incremento de vainilla o canela molida, con el objetivo de mejorar la aceptabilidad sensorial del tratamiento 4, que contenía el mayor porcentaje de proteína. También se sugiere consumir alimentos bajos en fibra cruda, como las galletas nutritivas, puede aprovecharse hasta en un 99%. Es ideal mantener niveles de proteína entre el 5% y 15% en las formulaciones, ya que estos rangos obtuvieron buena aceptación en el análisis sensorial. Además, se destaca la importancia de consumir estas galletas, que aportan aminoácidos esenciales necesarios para el organismo. Siempre deben implementarse Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) para garantizar inocuidad y cumplimiento con las normativas alimentarias, como el RTCA y la NSO. Se propone promover el uso del sorgo como alimento humano y enriquecerlo con moringa para incrementar los niveles de proteína cruda vegetal. Finalmente, estas galletas son una alternativa ideal para personas con diabetes o intolerancia al gluten, ampliando sus opciones alimenticias.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

<https://repositorio.ues.edu.sv/bitstreams/d3aaffc0-884a-4f44-b0c1-29b34917e0b7/download>

CAPÍTULO V

5.0 CONCLUSIONES

1. Se compilaron 38 investigaciones realizadas en las diversas Facultades de la Universidad de El Salvador bajo la modalidad trabajo de investigación realizadas entre los años 2014 y 2024 relacionadas con la temática de cereales.
2. La creación de un formato estandarizado de ficha técnica para presentar los resúmenes de las investigaciones facilita la sistematización de información, proporcionando un acceso más ágil, organizado y comprensible a los datos encontrados en ellas.
3. La elección de los criterios para la elaboración de las fichas técnicas para cada uno de los 15 trabajos de investigación seleccionados, se basó en temas cruciales como el aprovechamiento en diversos procesos tecnológicos, químicos y bioquímicos, la obtención de productos innovadores (harinas, mezclas alimenticias, productos de panificación, elaboración de galletas, elaboración de fideos, entre otros) y el abordaje de la evaluación de calidad y el análisis bromatológico proximal de productos de alto consumo elaborados a base de cereales.
4. La clasificación de las fichas técnicas por Facultad y en orden cronológico descendente aporta un recurso organizado que facilita la identificación de tendencias temporales y específicas y también permite una visualización de los avances investigativos a lo largo del período estudiado.

CAPITULO VI

6.0 RECOMENDACIONES

1. Que las autoridades de las diferentes Facultades de la Universidad de El Salvador promuevan, fomenten y apoyen líneas de investigación interdisciplinarias colaborativas; que posibilite la integración de recursos y conocimientos para abordar temas de manera más integral.
2. A los estudiantes que desarrollen futuras investigaciones de recopilación que actualicen y mejoren los instrumentos de vaciado de información, como de fichas técnicas para que no pierda funcionalidad y garantizar su utilidad a largo plazo.
3. Que los encargados de sistema informático de la Universidad de El Salvador desarrollen un sistema digital que presente fichas técnicas de las investigaciones realizadas en la Universidad, permitiendo un acceso rápido, seguro y sencillo para investigadores, estudiantes y otros interesados.
4. A cualquier lector que se interese en obtener mayor detalle de la información registrada en las fichas técnicas, se le sugiere acceder a los enlaces correspondientes a cada investigación y así encontrar aspectos adicionales que complementan la reseña presentada en la ficha técnica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Fundación Iberoamericana de Nutrición y el Interntional LifeSciencie Institute ILSI Nor-Andino. Informe Centífico técnico FINUT 02: Papel de los cereales de grano entero en la salud. Granada; 2020. 245
2. Pappalardo, B. 2024 Técnica dietética: transformaciones físico-químicas de los alimentos Editorial de la Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ciencias Médicas
3. Gil, Á. Tratado de Nutrición. 2024 Tomo III: Composición y calidad nutritiva de los alimentos. Capítulo 6
4. Hervert Hernández, D. Septiembre 2022. El papel de los cereales en la nutrición y en la salud en el marco de una alimentación sostenible. <https://dx.doi.org/10.20960/nh.04312>
5. Los cinco granos más saludables para tu familia. Octubre 2021. Disponible en: <https://scrippsamg.com/es/los-cinco-granos-mas-saludables-para-tu-familia/>
6. Geles, B. Agosto 2016. Arroz: Propiedades y valor nutricional
7. Revista Global, UNAM. Enero 2024. El maíz nativo: un tesoro ancestral en la gastronomía
8. Los beneficios del grano y harina de avena. Disponible en: nutrimill.com/es/blogs/life-in-healthy-balance/the-benefits-of-oat-grain-and-flour
9. Leal, K. Marzo 2024. Revisión clínica Cebada: qué es, para qué sirve y consumirla. Disponible en: <https://www.tuasaude.com/es/cebada/>
10. Peláez, E. Marzo 2021. El mijo, un sustento ancestral que regresa del olvido transformado en superalimento. Disponible en: <https://www.elcorreo.com/jantour/despensa/temporada-mijo-20210305130016-nt.html>
11. Sánchez, J. Marzo 2023. Sorgo, el cereal sin gluten y resistente al cambio climático. Disponible en: <https://www.rtve.es/television/20230307/sorgo-cereal-sin-gluten-cambio-climatico/2409711.shtml>
12. Tabares, J. Centeno: Propiedades y beneficios únicos de un cereal completo. Nutrición y Dieta. Disponible en: <https://naturesan.net/propiedades-centeno-beneficios/>
13. Angel, J. Septiembre 2016. T.V. Agro. Investigación del cultivo de Quinoa y sus variedades. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=r7ILtay9mAc>
14. Latham, M.C. Nutrición humana en el mundo en desarrollo. Colección FAO: Alimentación y nutrición N° 29

15. García Sierra, A.G. Septiembre 2024. Determinación del contenido de proteínas en la semilla tostada de amaranto (*Amaranthus cruentus*) mediante el método de Kjeldahl. Facultad de Química y Farmacia.
16. Amaya, R.Y. Mayo 2019. Determinación del análisis bromatológico proximal y de minerales en pupusas de *Zea mays* (Maíz) con relleno de hojas de *Moringa oleífera* (Teberinto) como alternativa nutricional. Facultad de Química y Farmacia.
17. Pineda Magaña, G.J. Noviembre 2016. Determinación del análisis bromatológico proximal y minerales en pupusas a base de *Zea mays* (maíz), comercializadas dentro y en los alrededores del campus central de la Universidad de El Salvador. Facultad de Química y Farmacia.
18. Córdova Mendoza, V.M. Mayo 2016. Recopilación de investigaciones que se han desarrollado en la universidad de el salvador de productos alimenticios para consumo humano elaborados con base en *Amaranthus spp* (Amaranto) y sus mezclas. Facultad de Química y Farmacia.
19. Guzmán Urrutia, M.P. Abril 2015. Propuesta de formulación de galletas elaboradas con harina compuesta de *Amaranthus cruentus* (Amaranto) Y *Sorghum bicolor L. Moench* (Sorgo). Facultad de Química y Farmacia.
20. Peña Trejo, C.S. Abril 2024. Evaluación de una mezcla farinácea de sorgo (*Sorghum spp L.*) y maíz (*Zea mays L.*) en sustitución parcial del trigo (*Triticum durum L.*) como una alternativa alimenticia en la elaboración de pastas y su influencia en las características organolépticas. Facultad de Ciencias Agronómicas – Ingeniería Agroindustrial.
21. Guevara Chávez, D.A. Junio 2021. Evaluación de la aceptabilidad de una horchata nutritiva elaborada con cereales, maní, marañón, ajonjolí y girasol en la Universidad de El Salvador para su estandarización. Facultad de Ciencias Agronómicas – Ingeniería Agroindustrial.
22. Alfaro Medina, R.A. Mayo 2016. Desarrollo de una bebida nutritiva instantánea a base de sorgo, arroz y soya en apoyo a los programas de alimentación escolar en El Salvador. Facultad de Ciencias Agronómicas – Ingeniería Agroindustrial.
23. Rivas Alberto, C.D. Febrero 2024. Propuesta del desarrollo tecnológico de la elaboración de bebidas naturales nutritivas endulzadas con miel de agave (*Agave tequilana*). Caso de Estudio: Avena (*Avena sativa l.*). Facultad de Ingeniería y Arquitectura- Ingeniería en Alimentos.

24. García Villalobos, R.G. Marzo 2022. Desarrollo de una barra energética a partir de sorgo (*Sorghum bicolor* L.) expandido, como innovación del producto alimenticio tradicional denominado en el salvador como alboroto. Facultad de Ingeniería y Arquitectura- Ingeniería en Alimentos.
25. Anzora Bernal, A.A. Marzo 2019. Diseño de una planta procesadora de pasta tipo tallarines a base de harinas de yuca (*Manihot esculenta*), Arroz (*Oryza sativa*) y Moringa (*Moringa oleífera*). Facultad de Ingeniería y Arquitectura- Ingeniería en Alimentos.
26. Arévalo Alvarenga, V.L. Enero 2018. Formulación y Caracterización de una Biopelícula Comestible elaborada a partir de Almidón de Sorgo (*Sorghum BICOLOR* (L.) Moench) Y Yuca (*Manihot ESCULENTA*). Facultad de Ingeniería y Arquitectura- Ingeniería en Alimentos.
27. Alvarado Colorado, I.S. Febrero 2016. Obtención de una Harina Compuesta de Trigo, Semilla de Ojushte (*Brosimum Alicastrum*) y de Plátano (*Musa Sapientum*), para la Formulación de Productos de Panadería. Facultad de Ingeniería y Arquitectura- Ingeniería en Alimentos.
28. Aguilar Ferrufino, W.O. Enero 2015. Estudio de factibilidad para la producción y comercialización de bebidas biofortificadas a partir de maíz y sorgo. Facultad de Ingeniería y Arquitectura- Ingeniería Industrial.
29. Flores Morán, A.A. Septiembre 2020. Preparación de galleta nutritiva a base de sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] y moringa (*Moringa oleifera* Lam.), con diferentes formulaciones en el municipio y departamento de San Vicente. Facultad Multidisciplinaria Paracentral – Ingeniería Agroindustrial.