

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL



**Desarrollo de una galleta funcional a base de dos tubérculos
(*Ipomoea batatas* y *Manihot esculenta*), con propiedades
nutrimentales**

Por:

LUCAS SÁNCHEZ HERNÁNDEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Noviembre 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos

Desarrollo de una galleta funcional a base de dos tubérculos (*Ipomoea batatas* y *Manihot esculenta*), con propiedades nutrimentales

TESIS

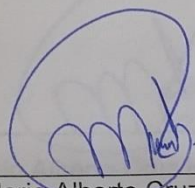
Presentada por

LUCAS SÁNCHEZ HERNÁNDEZ

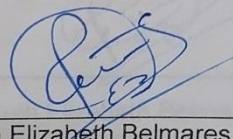
Y que somete a consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título profesional de

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Fue dirigida por el siguiente comité:



Dr. Mario Alberto Cruz Hernández
Asesor principal



Dr. Ruth Elizabeth Belmares Cerda
Co-asesor



Dra. Sonia Noemí Ramírez Barrón
Co-asesor



M.C. Rosa Marisol Martínez Hernández
Co-asesor

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Noviembre 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos

Desarrollo de una galleta funcional a base de dos tubérculos (*Ipomoea batatas* y *Manihot esculenta*), con propiedades nutrimentales

TESIS

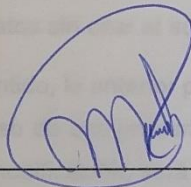
Presentada por

LUCAS SÁNCHEZ HERNÁNDEZ

y que somete a consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título profesional de

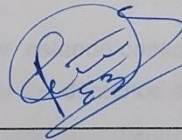
INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

APROBADA



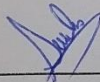
Dr. Mario Alberto Cruz Hernández

Presidente



Dra. Ruth Elizabeth Belmares Cerda

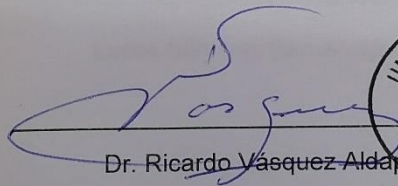
Vocal



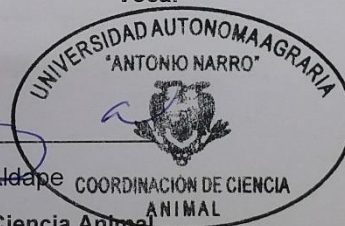
Dra. Sonia Noemí Ramírez Barrón M.C. Rosa Marisol Martínez Hernández

Vocal

Vocal



Dr. Ricardo Vázquez Aldape
Coordinador de la División de Ciencia Animal



Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Noviembre 2022

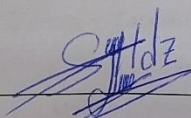
Declaración de no plagio.

Declaración de no plagio El autor quien es responsable directo, jura bajo protesta decir la verdad, que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (copiado y pegado); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como copia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin comillas; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, graficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente.

En este sentido, lo anterior puede ser confirmado por el lector, estando consciente de que, en caso de comprobarse plagio en el texto, no respetar los derechos de autor, edición o modificación, será sancionado por las autoridades correspondientes. Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias generadas en caso de existir cualquier tipo de plagio y declaro que este trabajo es original.

ATENTAMENTE



Lucas Sánchez Hernández

DEDICATORIAS.

A mis padres Andrés Sánchez Díaz y Lucía Hernández Hernández que son las personas que más amo, ya que ellos me han motivado a ser una mejor persona, inculcándome buenos valores y la ayuda que me han brindado a lo largo de la carrera, gracias a ellos pude formarme profesionalmente.

A mis hermanos María Sánchez Hernández que me ha brindado mucho apoyo a lo largo de mi formación académica, gracias a sus buenos consejos motivadores, me ha ayudado a ser una persona de bien. A Cristina Sánchez Hernández, que también me ha apoyado e impulsado a salir adelante y gracias a mi familia Sánchez Hernández que creyeron en mí y que un día me motivaron a seguir y a echarle ganas día con día, sabiendo que nada es fácil conseguir las cosas que uno quiere lograr.

AGRADECIMIENTOS.

Gracias a Dios por ayudarme a lograr un objetivo más en mi vida, por permitirme formarme profesionalmente aun cuando hubo muchas dificultades y tropiezos en el camino.

Agradezco a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro que me permitió aprender muchas cosas gracias a los maestros que me brindaron y fomentaron sus conocimientos además de las oportunidades que me brindó la Narro.

Gracias a mi asesor de tesis el Doctor Mario Alberto Cruz Hernández, por haberme guiado en este proyecto en base a su conocimiento y su experiencia pude lograr este objetivo.

Gracias a la Doctora Ruth Belmares Cerda por haberme brindado la confianza al acceso del laboratorio de Ciencia y Tecnología de Alimentos, para realizar los análisis de la tesis.

Gracias a la M.C Rosa Marisol Martínez Hernández por haberme apoyado en los análisis y en la revisión de este presente trabajo, agradezco por los consejos que un día me brindo.

Contenido

DEDICATORIAS.....	v
AGRADECIMIENTOS.....	v
Abstract.....	1
Resumen.....	2
1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. OBJETIVOS.....	5
2.1. Objetivo general.....	5
2.2. Objetivos específicos.....	5
3. JUSTIFICACIÓN.....	6
4. ANTECEDENTES.....	7
4.1. Alimentos funcionales.....	7
4.1.1. Harina de Quinoa y amaranto.....	8
4.1.2. Harina de sorgo.....	9
4.2. Galletas funcionales.....	10
4.3. Camote morado (Ipomoea batatas).....	11
4.3.1. Concepto.....	11
4.3.2. Composición y características.....	12
4.4. Yuca (Manihot esculenta).....	13
4.4.1. Concepto.....	13
4.4.2. Aplicaciones de la yuca.....	15
4.4.3. Composición química.....	15
4.4.4. Clasificación.....	15
4.5. Antioxidantes.....	16
4.6. Polifenoles.....	17
5. Metodología.....	19
5.1 Obtención de las harinas de camote y yuca.....	19
5.2 Análisis de materia prima.....	20
5.2.1 Análisis Bromatológico.....	20
5.2.2 Determinación humedad.....	20
5.2.3 Determinación de contenido de cenizas.....	21
5.2.4 Determinación de grasa por el método de Soxhlet.....	22
5.2.5 Fibra.....	23
5.3 Determinación de proteína por método Macro – Kjeldahl.....	24
5.3.1 Digestión.....	24
5.3.2 Destilación.....	25

5.3.3 Titulación.....	26
5.4 Determinación de carbohidratos totales.	27
5.5 Formulaciones de las galletas funcionales.	27
5.6 Elaboración de las galletas.	28
5.7 Análisis bromatológico.....	28
5.8 Determinación de polifenoles hidrosolubles totales.	29
5.9 Determinación de la capacidad antioxidante (DPPH).	29
5.10 Determinación de ABTS.....	29
5.11 Evaluación sensorial de las galletas.	30
6. Resultados y discusión.	31
6.1 Análisis de materias primas (composición química).	31
6.1.1 Determinación de humedad.	31
6.1.2 Determinación de cenizas.	32
6.1.3 Determinación de grasa.	33
6.1.4 Determinación de proteína.	33
6.1.5 Determinación de fibra.	34
6.1.6. Determinación de carbohidratos totales.	35
6.2 Composición química de las galletas con harina de yuca y harina de camote morado.....	36
6.2.1 Determinación de humedad.	36
6.2.2 Determinación de ceniza.....	37
6.2.3 Determinación de grasa.	39
6.2.4 Determinación de fibra.	40
6.2.5 Determinación de proteína.	41
6.2.6 Determinación de carbohidratos totales.	42
6.3 Análisis de las galletas con harina de yuca y camote morado del contenido de compuestos Fenólicos totales y capacidad antioxidante.	43
6.3.1 Contenido de compuestos fenólicos totales.....	43
6.3.2 ABTS.....	44
6.3.3 DPPH.....	46
6.4 Análisis sensorial de las formulaciones de galletas a partir de harina de yuca y camote morado.	47
7. Conclusiones.....	49
8. BIBLIOGRAFÍA.....	50

Índice de tablas.

Tabla 1. Ingredientes para la elaboración de galletas.....	27
Tabla 2. Formulaciones para la elaboración de las galletas.	27

Índice de figuras.

FIGURA 1. Alimentos Funcionales (Ejemplos).....	7
FIGURA 2. Harina de yuca.	8
FIGURA 3. Harina de quinoa y amaranto.....	9
FIGURA 4. Harina de sorgo.	10
FIGURA 5. Galletas de linaza, amaranto y yacón.	11
FIGURA 6. Camote morado (Ipomea batatas L.) fruto y planta.....	12
FIGURA 7. Yuca (Manihot esculenta) planta y fruto.	14
FIGURA 8. Estructuras químicas de los principales antioxidantes de los alimentos y los reguladores de la acidez.	17
FIGURA 9. Estructura química básica de las principales clases de polifenoles.	18
FIGURA 10. Yuca y camote morado deshidratado.....	19
FIGURA 11. Harina de yuca y camote morado.....	20
FIGURA 12. Determinación de humedad de las harinas.	21
FIGURA 13. Determinación de cenizas.	22
FIGURA 14. Determinación de grasa total.....	23
FIGURA 15. Determinación de fibra cruda.	24
FIGURA 16. Proceso de digestión de las muestras.....	25
FIGURA 17. Proceso de destilación de muestras.	25
FIGURA 18. Titulación de las muestras	26
FIGURA 19. Proceso de elaboración de las galletas.	28
FIGURA 20. Formato de evaluación sensorial para las galletas elaboradas.	30
FIGURA 21. Porcentaje de humedad de las harinas de yuca y camote morado.....	31
FIGURA 22. Porcentaje de cenizas de harina de yuca y camote.....	32
FIGURA 23. Porcentaje de grasa de harina de yuca y camote.	33
FIGURA 24. Porcentaje de proteína de harina de yuca y camote morado.....	34
FIGURA 25. Porcentaje de fibra de harina de yuca y camote morado.....	35
FIGURA 26. Porcentaje de carbohidratos totales de harina de yuca y camote morado.....	36
FIGURA 27. Contenido de humedad en galletas de yuca y camote morado.	37
FIGURA 28. Contenido de ceniza en galletas de yuca y camote morado.	38
FIGURA 29. Contenido de grasa en galletas de yuca y camote morado.....	39
FIGURA 30. Contenido de fibra cruda en galletas de yuca y camote morado.	40
FIGURA 31. Contenido de proteína en galletas de yuca y camote morado.	41
FIGURA 32. Contenido de carbohidratos totales en galletas de yuca y camote morado.....	42
FIGURA 33. Contenido de fenoles totales en galletas de yuca y camote morado. ..	43
FIGURA 34. Contenido de antioxidantes en galletas de yuca y camote morado por ABTS.....	45
FIGURA 35. Contenido de antioxidantes en galletas de yuca y camote morado por DPPH.....	46
FIGURA 36. Evaluación sensorial de galletas de yuca y camote morado.	48

Abstract.

There are plants throughout the country that by their nature have a large amount of bioactive compounds that can help nutrition. However, currently they have not been used industrially. These types of products could be used to improve nutrition from the nutritional point of view, within them you can find flours from non-traditional sources.

In this present work, the development of functional cookies was carried out using unconventional flours, cassava (*Manihot esculenta*), purple sweet potato (*Ipomoea batatas*). Bromatological analyzes were performed on each flour, determining the percentage of each of the nutrients. Likewise, the formulations of the cookies were made, the control formulation was used 100% wheat flour, the F1 formulation was used 60% wheat flour, 10% sweet potato flour and 30% cassava flour; Formulation F2 used 60% wheat flour, 20% cassava flour and 20% sweet potato flour; Formulation F3 used 60% cassava flour, 30% sweet potato flour and 10% cassava flour; and formulation F4 used 60% wheat flour 20% sweet potato and 20% cassava, this last formulation is sweetened with 2.5% splenda. The nutritional analysis and the antioxidant capacity of the formulated cookies were also carried out. Finally, the sensory analysis of the cookies was carried out, evaluating the parameters of color, smell, taste, texture and appearance. The nutritional analysis and the antioxidant capacity of the formulated cookies were also carried out. Finally, the sensory analysis of the cookies was carried out, evaluating the parameters of color, smell, taste, texture and appearance.

The results of this project include the flours used for the analysis, making purple sweet potato flour known as the best flour, giving results: 0.99% moisture, 4.32% ash, 3.33% fat, 1.75% protein, 0.10% fiber and 89.50% carbohydrates. The characterization of the formulations had higher nutrient concentrations than the control, except the concentration of fat and protein that were higher in the control. In the sensory analysis, the formulation most accepted by the panelists was the formulation indicated as F1 because the results obtained from the attributes were the most acceptable.

Keywords: non-traditional source flourcassava, purple sweet potato, antioxidants.

Resumen

Existen plantas a lo largo del país que por su naturaleza poseen una gran cantidad de compuesto bioactivos que pueden ayudar a la nutrición, Sin embargo, en la actualidad no se les ha dado un aprovechamiento de forma industrial. Este tipo de productos podrían ser aprovechados para mejorar la alimentación desde el punto de vista nutrimental, dentro de ellos se pueden encontrar harinas de fuentes no tradicionales.

En este presente trabajo, se realizó el desarrollo de galletas funcionales utilizando harinas de fuente no tradicional como la yuca (*Manihot esculenta*), camote morado (*Ipomoea batatas*). Se realizaron análisis bromatológicos a cada harina, determinando el porcentaje de cada uno de los nutrientes. Así mismo, se hicieron las formulaciones de las galletas. La formulación control se empleó 100 % de harina de trigo, la formulación F1 se empleó 60 % de harina de trigo, 10% de harina de camote y 30 % de harina de yuca; la formulación F2 se empleó 60 % de harina de trigo, 20 % de harina de yuca y 20 % de harina de camote; la formulación F3 se empleó 60 % de harina de yuca, 30 % de harina de camote y 10 % de harina de yuca; y la formulación F4 se utilizó 60 % de harina de trigo 20 % de camote y 20 % de yuca, esta última formulación es endulzado con 2.5 % de esplenda. También se realizó el análisis nutrimental y la capacidad antioxidante de las galletas formuladas. Por último, se realizó el análisis sensorial de las galletas evaluando los parámetros de color, olor, sabor, textura y apariencia.

Los resultados del presente proyecto engloban las harinas utilizadas para los análisis, dando a conocer a la harina de camote morado como la mejor harina dando resultados: 0.99 % de humedad, 4.32 % de ceniza, 3.33 % de grasa, 1,75 % de proteína, 0.10 % de fibra y 89.50 % de carbohidratos. La caracterización de las formulaciones tuvo concentraciones de nutrientes mayores que la del control, excepto la concentración de grasa y proteína que fueron mayores en el control. En el análisis sensorial, la formulación más aceptada por los panelistas fue la formulación señalada como F1 debido a que los resultados obtenidos de los atributos fueron los más aceptables.

Palabras clave: harina de fuente no tradicional, yuca, camote morado, antioxidantes.

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad las personas necesitan cada vez mayor aporte energético debido a las actividades que se realizan en los campos, por lo que es necesario obtener esta energía de los alimentos que se consumen diariamente. en la ciudad según la ENSANUT 2018, el sedentarismo va en aumento por lo que el requerimiento calórico va en declive, es decir, requerimos menos alimento.

Para que las personas puedan estar siempre activas, deben consumir alimentos que contengan gran cantidad de nutrientes, de esa forma tendrán una vida saludable y bien alimentada.

El camote morado (*Ipomoea batatas*) tiene un alto valor nutricional debido a su abundancia de fitoquímicos beneficiosos para la salud humana y, por lo tanto, se considera un alimento funcional. Es considerado como uno de los cultivos alimentarios más importantes del mundo ya que como se había mencionado, tiene un aporte alto de energía. *Ipomoea batatas* es una hortaliza de raíz de grandes tamaños y su sabor dulce al momento de la cocción de este tubérculo. Hoy en día este tubérculo tiene muchas aplicaciones en la industria alimentaria, Su versatilidad permite la creación de diferentes productos con diversas propiedades nutrimentales como como yogurt, dulces, mermeladas, alimentos para bebé, pan, helados. El camote morado (*Ipomoea batatas*) es consumida principalmente por personas de bajos recursos debido a que este es un sustituto barato de alimentos básicos con almidón como el arroz, y la papa. No obstante, al limitar el consumo de cereales a una sola variedad se presentan problemas graves de malnutrición pues tienden a tener insuficiencia de vitaminas y calorías, problema importante presente alrededor del mundo, por esas razones se tienden a buscar soluciones a esos problemas mediante desarrollos y mejoras de los alimentos que se tienen en la actualidad.

Así mismo, la yuca (*Manihot esculenta*), es un tubérculo que se cultiva en zonas infértiles, marginales y con escaso de agua. Es un alimento básico para muchas familias campesinas de escasos recursos, y es muy consumida por su contenido alto en calorías, rico en saponinas, polifenoles, que poseen propiedades antioxidantes, antimicrobianas y antiinflamatorias. Su uso tradicionalmente es en la elaboración de dulces de yuca, relleno para panes y también como acompañamiento para otros platillos en la cocina.

La utilización de harinas funcionales para este proyecto se enfoca en mejorar la nutrición, perfeccionar la textura de la galleta, mejorar la procesabilidad y que no contengan aditivos para que el resultado sea lo más saludable posible. Existe una gran variedad de tipos de harina de alta calidad para satisfacer los gustos o necesidades específicas de los consumidores, en este proyecto se utilizó la harina de yuca y camote. La harina más empleada a lo largo de la historia y el tiempo en la humanidad es la harina de trigo, caracterizada por contener gluten. Las harinas de fuente no tradicional, como en este proyecto, carecen de gluten, por lo que puede resultar una excelente opción para las personas celíacas, así ellos pueden consumir galletas sin que les causen ningún problema para su salud.

Una de las alternativas muy utilizadas para favorecer una buena alimentación es balancear los alimentos que se consumen, por lo que los alimentos funcionales juegan un papel muy importante al poder tener un alimento que permita saciar el hambre pero que también cumpla con las características nutrimentales necesarias para cada persona. Los alimentos funcionales se caracterizan por tener un alto contenido nutrimental, son benéficas para la salud y además, previenen enfermedades.

Debido a lo anterior, en este proyecto tiene como objetivo principal el desarrollar una galleta a base de camote morado (*Ipomoea batata*) y yuca (*Manihot esculenta*) con características nutrimentales benéficas para la salud, con el fin de llevar a los consumidores productos que aporten grandes cantidades de nutrientes para su desarrollo y para sus necesidades de alimentación que se requieren diariamente.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general.

Desarrollar una galleta utilizando harinas no tradicionales con propiedades funcionales como fuente alternativa de alimento nutritivo usando formulaciones de harina de camote morado y yuca, determinando sus características nutrimentales y sensoriales.

2.2. Objetivos específicos

- Obtener las harinas de camote morado y yuca, mediante los procesos de lavado, cortado, deshidratación y molienda de las materias primas.
- Analizar y caracterizar nutrimentalmente la materia prima para la elaboración de harinas funcionales.
- Realizar formulaciones de acuerdo a las propiedades nutrimentales utilizando las harinas para la elaboración de galletas.
- Evaluar las propiedades bromatológicas y capacidad antioxidante de las formulaciones desarrolladas.
- Determinar las características sensoriales y de aceptación de las galletas desarrolladas.

3. JUSTIFICACIÓN

En el mercado se encuentran una gran variedad de productos chatarra que desde el punto de vista nutricional no aportan compuestos que benefician a la salud. De esa manera existen muchas personas que padecen de enfermedades metabólicas crónicas- degenerativas no transmisibles por una mala alimentación y/o por falta de ingresos en las poblaciones más vulnerables que carecen de tener un buen trabajo para satisfacer sus necesidades básicas como alimentación. El problema mundial más relevante en la actualidad es la desnutrición, por falta de una buena alimentación en donde se presenta una carencia crónica de macro y micronutrientes esenciales para el buen funcionamiento del cuerpo.

La necesidad de formular productos que satisfagan las necesidades nutritivas de las poblaciones mediante productos altos en proteínas, carbohidratos, de fácil asimilación pueden mejorar la calidad de alimentación de las personas que consumen este tipo de alimentos. Además, los productos naturales como el camote morado (*Ipomoea batatas*), la yuca (*Manihot esculenta*) poseen muchas propiedades medicinales que pueden dar puntos a favor para el consumo de estos productos. Aunque no se vea como un producto medicinal, se sabe que tiene varias propiedades como antiinflamatorio, antiasmático, antidiabético, que son algunos de los problemas que presenta la población.

Las galletas innovadoras desarrolladas son una alternativa para aquellas personas que buscan complementar su dieta nutricional ingiriendo las cantidades adecuadas del producto para tener una dieta equilibrada y una vida saludable.

4. ANTECEDENTES

4.1. Alimentos funcionales.

Los alimentos funcionales se definen como alimentos que tienen efectos fisiológicos positivos más allá de su función nutricional de proporcionar nutrientes. Las sustancias nutraceuticas con valor comercial pueden obtenerse a partir de alimentos funcionales que han demostrado un beneficio fisiológico o son capaces de proporcionar algún tipo de protección frente a una enfermedad crónica o infecciosa.(Rivera et al., 2010). El término alimentos funcionales abarca tanto los alimentos naturales como los procesados industrialmente, que "cuando se consumen regularmente dentro de una dieta diversa a niveles eficaces tienen efectos potencialmente positivos en la salud más allá de la nutrición básica" (Nystrand & Olsen, 2021).



FIGURA 1. Alimentos Funcionales (Ejemplos).

En México, la reducción del porcentaje de desnutrición posiblemente sea una consecuencia de programas de alimentación y nutrición certificados. Sin embargo, el sobrepeso y la obesidad aumentan con una prevalencia alta convirtiéndose en un problema alarmante de salud pública debido a que coexisten desnutrición y sobrepeso. Los niños con retardo de crecimiento en el representan el sector de la

población más propenso a desarrollar obesidad (Castillo-Ruiz et al., 2012). Hoy en día, con las mejoras en el nivel de vida y el estilo de vida, los consumidores ya no demandan alimentos que solo cumplan con los nutrientes necesarios, sino que desean alimentos con propiedades funcionales y nutracéuticas (Chen et al., 2021). Existen diferentes tipos de harina de yuca, dependiendo de la variedad de yuca, la formulación y los pasos de procesamiento; las más comunes son las harinas del grupo seco, grupo agua y harina de tapioca. En general, la harina del grupo seco se obtiene de la raíz de la yuca, la cual pasa por etapas de higienización, pelado, molienda y prensado. La masa que fue prensada se extiende sobre una placa metálica, a una temperatura promedio de 180°C, luego se seca la masa, bajo agitación constante. Después del enfriamiento, la harina de yuca se tamiza para obtener diferentes fracciones y se clasifica en función del tamaño de partícula en fina, mediana y gruesa. Además, la harina de yuca se comercializa en envase permeable al vapor de agua, en diferentes condiciones de temperatura (Araújo & Pena, 2020).



FIGURA 2. Harina de yuca.

4.1.1. Harina de Quinoa y amaranto.

Otros granos de la familia *Amaranthaceae*, como la quinua (*Chenopodium quinoa*), tienen generosas cantidades de almidón, fibra y proteínas de alta calidad (composición de aminoácidos esenciales balanceada y rica en azufre). Estas semillas comestibles también son una buena fuente de otros nutrientes con

beneficios potenciales para la salud, tales como: minerales (calcio, hierro y zinc), vitaminas y fitoquímicos (polifenoles, fitoesteroles, fitoesteroides y betalaínas). El amaranto (*Amarantus sp*), es una importante fuente de proteína, que proporciona equilibrio de aminoácidos esenciales y con la quinua y la avena podría ofrecer un producto alimenticio nutraceutico. Además, el amaranto es patrimonio cultural de México y ha sido uno de los alimentos más importantes de las culturas mesoamericanas. Es económicamente accesible y tiene un valor nutricional superior a los principales cereales de la dieta humana (maíz, trigo y arroz) con mayor contenido proteico, 93% de digestibilidad y no contiene gluten. Por su excelente valor nutricional y nutraceutico, el uso de harinas compuestas de estos granos es una tendencia actual para el desarrollo de alimentos funcionales en la dieta humana (Vázquez-Villegas et al., 2021).



FIGURA 3. Harina de quinua y amaranto.

4.1.2. Harina de sorgo.

La harina de sorgo es una fuente inagotable de nutrición y agrega un excelente sabor a la cocción sin gluten. Tiene un alto contenido de proteínas, hierro y fibra dietética, lo que hace que la harina de sorgo sea bienvenida en las despensas de todo el mundo. La harina de sorgo tiene un alto contenido de antioxidantes, que favorecen la salud cardíaca. Además, el almidón y la proteína del sorgo tardan más en digerirse que otros productos similares. Esta digestión lenta es particularmente útil para las personas con diabetes (Adeyeye, 2016).



FIGURA 4. Harina de sorgo.

4.2. Galletas funcionales.

Las galletas son alimentos populares, que utilizan harina de trigo como materia prima principal, que puede manipularse y almacenarse fácilmente y, a menudo, se relacionan como fuente de energía y placer. Se han realizado varios estudios con el objetivo de sustituir la harina de trigo en estos productos, principalmente debido a las nuevas tendencias de consumo de alimentos con mayor calidad nutricional y propiedades funcionales. La búsqueda de la salubridad indujo cambios en la composición de las galletas, y algunas demandas como mayor cantidad de fibra, vitaminas, granos integrales, así como cero azúcares añadidos se han atendido para proporcionar bienestar y una dieta equilibrada. Por ello, para la elaboración de galletas se han utilizado mezclas de harinas de diferentes fuentes vegetales con mejores características nutricionales. De esta manera, las propiedades biológicas y las propiedades físicas, químicas, sensoriales o funcionales podrían cambiar con el uso de dichos ingredientes (Morais et al., 2021).

La demanda de productos sin gluten (SG) está creciendo y la gama de productos ofrecidos a los consumidores es cada vez más amplia. Sin embargo, a menudo se destaca la necesidad de mejorar la calidad de los bienes GF. El índice glucémico (GI) es una de las preocupaciones relacionadas con la calidad nutricional del producto GF. Los productos de panadería sin gluten a menudo presentan un IG más alto en comparación con sus contrapartes que contienen gluten (Di Cairano et al., 2022).

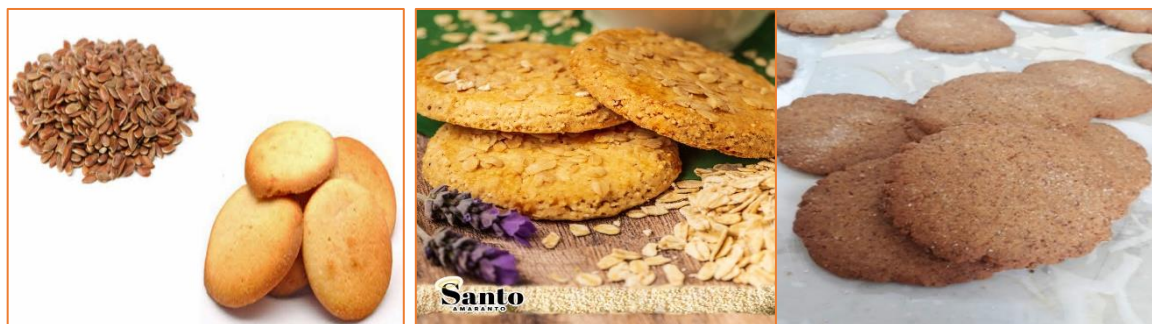


FIGURA 5. Galletas de linaza, amaranto y yacón.

Incrementar la ingesta de fibra dietética es una recomendación por las Autoridades Sanitarias dado el desplazamiento de los hábitos dietéticos de la población hacia productos con alto contenido en grasas y contenidos de carbohidratos refinados (Alava et al., 2019).

4.3. Camote morado (*Ipomoea batatas*).

4.3.1. Concepto.

(*Ipomoea batatas* L. Lam.), es el séptimo cultivo alimentario más importante del mundo y un miembro de la familia Convolvulaceae, es una hortaliza de raíz imprescindible con gran tamaño, alto contenido de almidón y sabor dulce (Majid et al., 2018).

Es una especie que tradicionalmente se cultiva con poca o ninguna tecnología, generalmente como cultivo de cobertura para otros cultivos, como el plátano, o en los patios traseros de familias rurales. Sin embargo, este cultivo tiene un gran potencial para convertirse en una opción económica y productiva para los agricultores. Las aplicaciones de este tubérculo en la industria están aumentando debido a que su uso se ha expandido significativamente y el boniato se está convirtiendo rápidamente en un complemento o sustituto de las materias primas en los productos alimenticios, gracias a sus características nutricionales y culinarias. Los usos de la batata incluyen la producción de harinas, almidones, productos de panadería y fideos, así como la preparación de salmueras de la raíz. La batata

también se puede curar (conservar agregando sal), deshidratar en trozos, enlatar, congelar, desmenuzar, cocinar en hamburguesas y agregar a los yogures. Además, se puede hacer puré, asar o freír en casa (De Paula et al., 2021).



FIGURA 6. Camote morado (*Ipomea batatas L.*) fruto y planta.

4.3.2. Composición y características.

La batata morada tiene un alto valor nutricional debido a su abundancia de fitoquímicos beneficiosos para la salud humana y, por lo tanto, se considera un alimento funcional. Las antocianinas son flavonoides con carga positiva con estructura C6-C3-C6 y uno de los pigmentos solubles en agua más comunes en la naturaleza. Las antocianinas también son una de las ingestas diarias más comunes de flavonoides. Las estructuras básicas de las antocianinas de la batata morada son cianidina, peonidina y pelargonidina. Entre ellos, el contenido de pelargonidina es relativamente bajo (Wang et al., 2017).

El mecanismo de la biosíntesis de antocianinas vegetales ha sido ampliamente estudiado. La biosíntesis de antocianina, utilizando fenilalanina como sustrato, emplea las siguientes enzimas, fenilalanina amonilasa (PAL), cinamato-4-hidroxilasa (C4H), cinamato-4-hidroxilasa (C4L), calcona sintasa (CHS), calcona

isomerasa (CHI), flavanona -hidroxilasa (F3H), flavonoide 3' -hidroxilasa (F3'H), flavonoide-3'5' - hidroxilasa (F3'5'H), dihidroflavonol reductasa (DFR), leucoantocianidin dioxigenasa (LDOX), antocianidina sintasa (ANS) y UDP-glucosa flavonoide 3-o-glicosiltransferasa (UF3GT) (Qin et al., 2020).

Los antioxidantes juegan un papel importante en la prevención y reparación del daño cutáneo causado por los FR. En los últimos años, numerosos estudios se han centrado en encontrar los antioxidantes, incluidos los extractos de plantas y los metabolitos secundarios de las plantas, que eliminarían los FR y apoyarían los mecanismos defensivos y regenerativos de la piel. Un ejemplo de tales materias primas vegetales es la batata (*Ipomoea batatas*), cuyos tubérculos contienen muchos fitoquímicos beneficiosos, incluidos carotenoides, minerales (zinc, potasio, sodio, manganeso, calcio, magnesio y hierro), vitaminas (A, B6, C, K), ácidos fenólicos, flavonoides, antocianina, terpenoides, taninos, saponinas, glucósidos, alcaloides y esteroides. Aunque la batata no es ampliamente conocida como planta medicinal, algunos estudios han demostrado sus efectos beneficiosos en la prevención o tratamiento de enfermedades crónicas debido a las actividades antioxidantes, antiinflamatorias, antilipogénicas, inmunomoduladoras, anticancerígenas, antiulcerosas y antimicrobianas que exhibe. Sin embargo, los estudios sobre el efecto protector de la papa sobre las células de la piel son escasos. La evaluación de la composición química y bioactividad de extractos de diferentes variedades de patata es fundamental para investigar a fondo y aprovechar el potencial medicinal de esta materia prima. Este conocimiento podría promover la batata en la industria farmacéutica y cosmética, permitiendo diseñar nuevos productos que contengan tubérculos de batata (Krochmal-Marczak et al., 2021).

4.4. Yuca (*Manihot esculenta*).

4.4.1. Concepto.

Se le conoce comúnmente como mandioca o 'tapioca' en Asia, 'mandioca' o 'yuca' en América del Sur, 'bankye' en Ghana, entre otros. Es una planta perenne que pertenece a la familia *Euphorbiaceae*. La planta se cultiva ampliamente en muchas

regiones tropicales y subtropicales, como América Latina, África y Asia. La yuca es uno de los alimentos básicos más consumidos en el mundo. La mayor parte del componente de carbohidratos en la dieta humana en las regiones tropicales y subtropicales proviene del consumo de yuca; sirviendo, así como fuente de energía para más de 500 millones de personas (Henneh et al., 2022). Es un cultivo altamente heterocigoto que existe como poliploide o diploide con 36 cromosomas en el último y ocupa el tercer lugar después del arroz y el maíz en el consumo humano. Adicionalmente, sirve como alimento para animales y se utiliza comercialmente en la producción de almidón y plásticos biodegradables. El cultivo se propaga a través de esquejes de tallo con un rango de producción de 5000 a 20 000 esquejes por hectárea, según la naturaleza del cultivo y el sistema de cultivo. Como cultivo, la yuca se encuentra entre los más tolerantes a la sequía y también puede tolerar suelos ácidos y sin nutrientes. La productividad de la yuca es de 308 millones de toneladas en una superficie de 27,8 millones de hectáreas. Nigeria es uno de los principales productores con alrededor del 20% de la producción mundial total, otros grandes productores son Angola, Brasil, China, República Democrática del Congo, Ghana, Indonesia, Filipinas y Mozambique, Vietnam y Tailandia (Muiruri et al., 2021). El secado es una de las operaciones de procesamiento más utilizadas para la conservación de la yuca, especialmente en las zonas rurales (Romuli et al., 2017).



FIGURA 7. Yuca (*Manihot esculenta*) planta y fruto.

4.4.2. Aplicaciones de la yuca.

La harina de yuca de alta calidad (HQCF) y el almidón de yuca se puede utilizar para diversas aplicaciones industriales, como la producción de etanol y biocombustibles, almidón y jarabe de glucosa, y edulcorantes en industrias químicas; espesantes, estabilizantes y modificadores de textura en las industrias de alimentos, panadería y confitería; aglutinantes y adhesivos en las industrias de fabricación de papel y madera contrachapada y rellenos, así como refuerzos en las industrias textil y de embalaje (Chimphepo et al., 2022).

4.4.3. Composición química.

Las raíces de yuca contienen una gran cantidad de carbohidratos (79-90 %) dependiendo de la variedad y condiciones de crecimiento (Bala et al., 2015). En contraste, las hojas de yuca contienen una alta cantidad de proteína que oscila entre 17,7% y 38,1% y antioxidantes como polifenoles (16–29 mg/g), vitamina C (1,49–2,81 mg/g) y clorofila (565–771 unidades SPAD) (Liu et al., 2022). La pulpa de yuca (CP), un subproducto de la industrialización del almidón de yuca, comprende del 15 al 50% de las fibras y del 40 al 60% del almidón residual. La PC es un producto agrícola fácilmente disponible, barato, abundante y renovable (Nithikarnjanatharn & Samsalee, 2022).

4.4.4. Clasificación.

Hay varias variedades cultivadas en el mundo, pero Brasil mantiene la gran diversidad genética. Las variedades pueden diferir en gran medida con respecto a la producción de raíces, rendimiento de almidón, contenido de almidón y palatabilidad. Se clasifican como yucas dulces aquellas que tienen características sensoriales para el consumo doméstico y un bajo contenido cianogénico. En cambio las yucas amargas se destinan a harina y almidón, por lo tanto, hay muchas variedades diferentes de yucas empleadas para cocinar o extraer almidón (Justamante et al., 2016). Sin embargo, la raíz de yuca sin procesar contiene glucósidos cianogénicos, especialmente en las partes frescas y tiernas y en la corteza. Si el tejido de la yuca se daña durante la cosecha o el almacenamiento, las enzimas endógenas hidrolizan los glucósidos cianogénicos y liberan ácido

cianhídrico tóxico, lo que limita el valor comestible de la yuca. El método tradicional de preparación de la yuca es quitar la piel, cortarla en trozos y luego eliminar los glucósidos cianogénicos por inmersión en agua u otros métodos. Luego, las piezas se secan al sol, se muelen y se cocinan, y en ocasiones se combinan con otros cereales. Entre las raíces y tubérculos, la yuca es adecuada para el reemplazo parcial o total de la harina de trigo, debido a su alto rendimiento, bajo costo de producción y las propiedades funcionales únicas de su harina y almidón. Es rico en una variedad de nutrientes, incluyendo fibras, vitaminas y minerales, y es ampliamente utilizado en las industrias de piensos, alimentos y productos químicos (Lu et al., 2020).

4.5. Antioxidantes.

Los antioxidantes son sustancias vitales que protegen al cuerpo humano de los daños causados por el estrés oxidativo inducido por los radicales libres. Sin embargo, el uso de antioxidantes sintéticos en productos alimenticios está bajo estricta regulación debido a los peligros potenciales para la salud causados por dichos compuestos. Muchas plantas medicinales son ricas en componentes antioxidantes con alta actividad y bajos efectos secundarios. Compuestos fenólicos, carotenoides, flavonoides, ácidos cinámicos, ácidos benzoicos, ácido fólico, ácido ascórbico son algunos de los antioxidantes producidos por las plantas para su sustento (Yuan et al., 2022). Un alto consumo de alimentos ricos en antioxidantes se asocia con un riesgo reducido de varias enfermedades, incluidas las enfermedades coronarias y algunos tipos de cáncer (Nälsén et al., 2006).

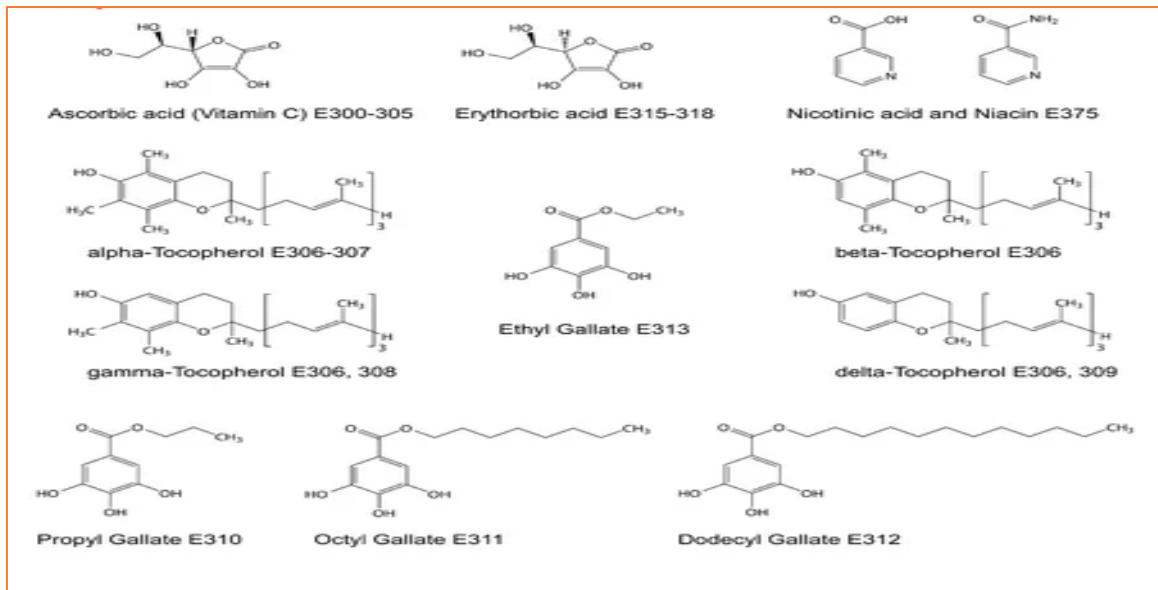


FIGURA 8. Estructuras químicas de los principales antioxidantes de los alimentos y los reguladores de la acidez.

4.6. Polifenoles.

Los polifenoles pertenecen a una clase de químicos orgánicos con alta actividad antioxidante, que pueden ser utilizados para prevenir el deterioro de los alimentos y proteger las vitaminas de los alimentos de la oxidación. Además, la ingesta de polifenoles puede prevenir el cáncer y la presión arterial alta. Por lo tanto, la demanda del mercado de polifenoles en las industrias de alimentos, medicamentos y biotecnología está aumentando rápidamente (He et al., 2015).

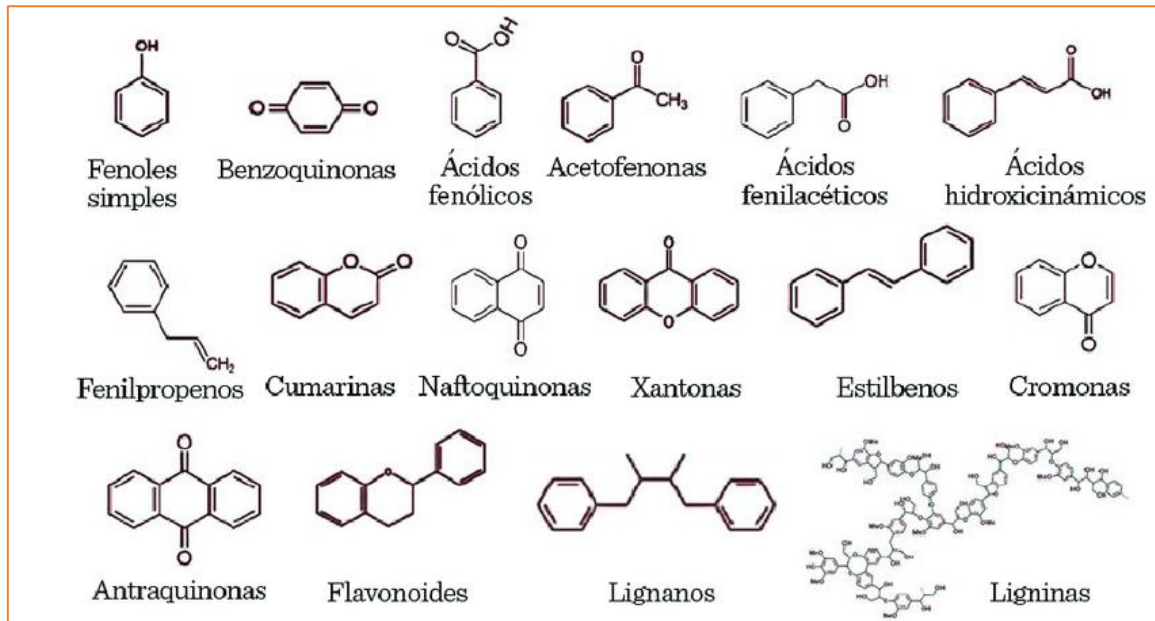


FIGURA 9. Estructura química básica de las principales clases de polifenoles.

5. METODOLOGÍA.

5.1 Obtención de las harinas de camote y yuca.

Las materias primas se obtuvieron en un supermercado local, seleccionando las piezas por su tamaño color y apariencia. Las materias primas seleccionadas fueron llevados al laboratorio para iniciar el proceso de lavado y desinfección utilizando una solución de hipoclorito de sodio a 200 ppm, posteriormente se les retiró la cascara y los residuos, se cortaron en rodajas para realizar el proceso de deshidratación en un secador de alimentos por convección a una temperatura de 60°C por 24 h.



FIGURA 10. Yuca y camote morado deshidratado.

Una vez completado el proceso de secado, las materias primas de cada alimento se dejaron enfriar a temperatura ambiente (25°C). Se realizó la molienda utilizando un molino de granos eléctrico (marca Golden wall). Las muestras fueron tamizadas utilizando una criba de número 100. Finalmente, las harinas se guardaron en bolsas herméticas y se colocaron en una caja de plástico, se cubrieron de la luz y se almacenaron en un lugar seco a temperatura ambiente hasta su posterior análisis.



FIGURA 11. Harina de yuca y camote morado.

5.2 Análisis de materia prima.

5.2.1 Análisis Bromatológico.

Se determinó humedad (método 920.151), cenizas (método 940.26), lípidos (método 930.09) y proteínas (método 920.152) se realizaron de acuerdo con los métodos oficiales de la Asociación de Químicos Agrícolas Oficiales (AOAC, 2012). Se determinó fibra cruda basada con la NORMA Oficial Mexicana NOM-F-90-S-1978. El contenido de carbohidratos se obtuvo por diferencia (Best et al., 2020).

5.2.2 Determinación humedad.

Se colocaron crisoles de porcelana en la estufa a una temperatura de 100°C por 12 horas para ponerlo a peso constante, transcurrido este tiempo se sacaron de la estufa utilizando unas pinzas, y se colocaron en un desecador para que se enfrié por un tiempo de 15 a 20 minutos, alcanzado este tiempo se pesaron en la balanza analítica y se registró el peso. Por separado se pesaron 2 g de muestra, colocándolos en cada crisol, se metieron a la estufa durante 24 horas, pasado este tiempo se sacaron los crisoles con la muestra seca de la estufa, se enfriaron por 15 a 20 minutos en un desecador y se procedió a pesar.

Los resultados se determinaron mediante la siguiente formula:

$$\%MST = \frac{\text{peso del crisol con muestra seca} - \text{peso del crisol solo}}{\text{g de la muestra}} \times 100$$

$$\%Humedad = 100 - \%MST$$

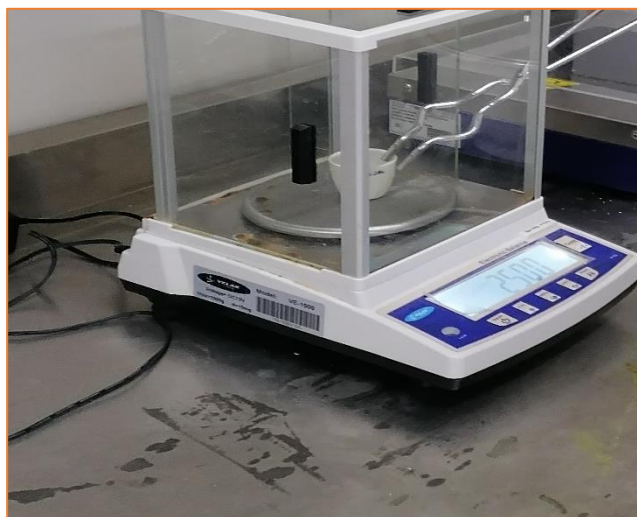


FIGURA 12. Determinación de humedad de las harinas.

5.2.3 Determinación de contenido de cenizas.

La muestra utilizada en la determinación de humedad, se pre-incineraron en una parrilla eléctrica, a temperatura alta, hasta que dejó de producir humo. Los crisoles se pasaron a la mufla (probiotec), con una temperatura de 600 °C por un periodo de tiempo de 2 horas, una vez transcurrido el tiempo se sacaron de la mufla, y se enfriaron de 15 a 20 minutos en un desecador y se procedió a pesar.

Los cálculos se determinaron mediante la siguiente formula:

$$\%C = \frac{\text{peso del crisol con ceniza} - \text{peso del crisol solo}}{\text{g de la muestra}} \times 100$$



FIGURA 13. Determinación de cenizas.

5.2.4 Determinación de grasa por el método de Soxhlet.

Consiste en someter la muestra exenta de humedad a un proceso de extracción continua con disolvente (hexano) en un equipo Soxhlet, donde una cantidad del disolvente rodea la muestra y se calienta a ebullición. El líquido condensado llega a cierto nivel dentro del Soxhlet y el líquido es sifonado de regreso al matraz de ebullición.

Previamente los matraces bola de fondo plano se habían colocado a peso constante en la estufa, se retiraron de esta y se dejaron enfriar en un desecador por 30 min y luego se anotaron los pesos obtenidos en la balanza analítica. Se colocó 5 g de muestra (harina) dentro de papel filtro formando un cartucho y evitando la pérdida de muestra y se depositó en el fondo del sifón, después se conectó el matraz bola con hexano y cerramos la parte de arriba con el refrigerante.

El proceso de desgrasado se realizó durante un lapso de 4 – 5 h en una parrilla eléctrica a una velocidad de condensación de 2 a 3 gotas por segundo. El matraz con el extracto se llevó a la estufa a una temperatura de 100 °C para ponerlos a peso constante posteriormente se dejó enfriar en el desecador, se pesaron y se anotó el peso para realizar los cálculos correspondientes de las muestras.

Los cálculos se determinaron mediante la siguiente fórmula:

$$\%E.E = \frac{\text{peso del matraz con grasa} - \text{peso del matraz solo}}{\text{g de la muestra}} \times 100$$

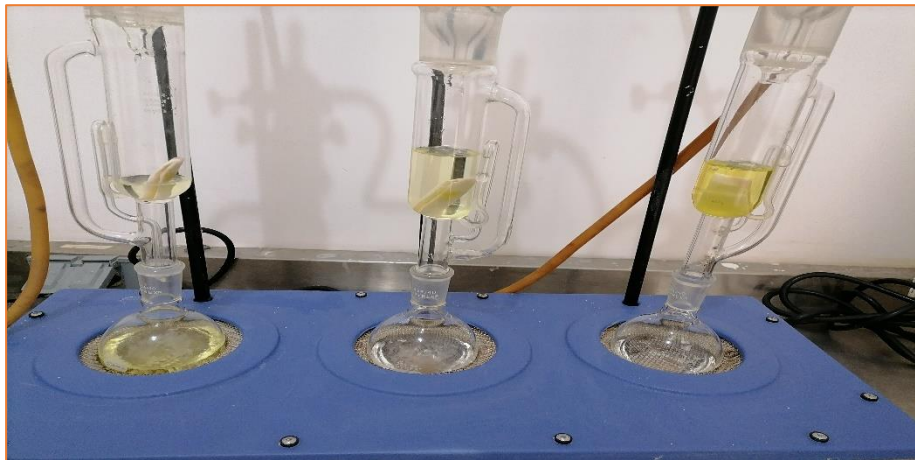


FIGURA 14. Determinación de grasa total.

5.2.5 Fibra.

Se pesaron 2g de muestra desengrasada, se colocaron en vasos de Berzelius, se agregaron 100 ml de solución de ácido sulfúrico al 0.255 N y se conectaron en el aparato de reflujo, por un periodo de 30 minutos contando a partir de la ebullición, al hervir, se bajó la temperatura, para que se mantenga en ebullición suave, transcurrido el tiempo se sacaron y se filtraron a través de una tela y se lavaron con 100 ml de agua destilada. El residuo que quedó en la tela se pasaron al vaso de Berzelius con 100 ml de solución de hidróxido de sodio 0.313 N y conectaron nuevamente al aparato de reflujo por 30 minutos, transcurrido el tiempo se sacaron y filtraron a través de la tela, con 100 ml de agua destilada, se dejó escurrir el exceso de agua, y se retiró la fibra con una espátula de la tela y depositaron en los crisoles de porcelana, después se pusieron los crisoles a peso constante en la estufa a 100 °C, por 12 horas, una vez transcurrido el tiempo, se sacaron de la estufa, se enfriaron y se pesaron una por una. Se pre incineraron las muestras en una parrilla y se metieron en la mufla a 600 °C por 2 horas, transcurrido el tiempo, se sacaron, enfriaron, pesaron y se calcularon con la siguiente formula:

$$FC = \frac{\text{peso del crisol con fibra seca} - \text{peso del crisol fibra cenizas}}{\text{g de muestra}} \times 100\%$$



FIGURA 15. Determinación de fibra cruda.

5.3 Determinación de proteína por método Macro – Kjeldahl.

5.3.1 Digestión

Se pesaron de 15 – 40 mg de muestra de harina previamente desengrasada en tubos con rosca, se agregaron 300 mg de catalizador más 2.5 ml de ácido sulfúrico, posteriormente se realizó la digestión en el equipo digestor con un condensador de vapores de vidrio conectada a la bomba de vacío para vapores ácidos, una vez ya digerida la muestra la retiramos el tubo digestor y se dejó enfriar.



FIGURA 16. Proceso de digestión de las muestras.

5.3.2 Destilación.

Se colocó el residuo blanquecino en un tubo de destilación, se agregaron 5 ml de agua lentamente para disolver el residuo blanquecino, también se agregaron 10 ml de hidróxido de sodio (NaOH) al 60 %. En un matraz Erlenmeyer donde se iba a recibir el resultado de la destilación se colocó 5 ml de ácido bórico al 5% y se adicionaron 2 gotas de mezcla de indicadores. Posteriormente se destiló la muestra en el equipo Kjeldahl hasta que se recolectaron 100ml de la muestra.



FIGURA 17. Proceso de destilación de muestras.

5.3.3 Titulación.

Se tituló lo recuperado con HCL al 0.01N, hasta permutar a color rosa pálido.

Los resultados se obtuvieron mediante la siguiente formula:

$$\%N = \frac{(v2 - v1) \times Eq. N \times N}{W} \times 100\%$$

%N=porcentaje de nitrógeno total

V2= Volumen de HCL gastado para titular la muestra (ml)

V1= volumen gastado para titular el blanco (ml)

N=normalidad del HCL 0.01N

EqN = 14.007

W = (peso de muestra en gramos) previamente desgrasada

V.N=porcentaje de nitrógeno

F= (factor de conversión) 6.25

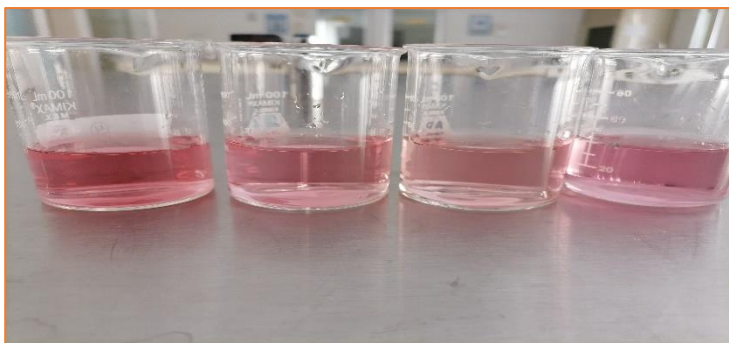


FIGURA 18. Titulación de las muestras

5.4 Determinación de carbohidratos totales.

Se determinan a través de una diferencia, esta diferencia es la que existe entre el peso original de la muestra y la suma de, humedad, ceniza, grasa, fibra cruda, proteína.

$\% \text{ Carbohidratos totales} = 100 - (\% \text{ humedad} + \% \text{ ceniza} + \% \text{ grasa} + \% \text{ fibra cruda} + \% \text{ proteína})$.

5.5 Formulaciones de las galletas funcionales.

Para la elaboración de esta galleta, se utilizó los siguientes ingredientes y se fueron adicionando las cantidades de las harinas dependiendo de la formulación.

Tabla 1. Ingredientes para la elaboración de galletas.

Ingredientes	Cantidad (g)
Margarina	40
Huevo	20
Miel	33.6
Polvo para hornear	2.2

Tabla 2. Formulaciones para la elaboración de las galletas.

Harina	Cantidad empleada (%)				
	Control	F1	F2	F3	F4
Trigo	100	60	60	60	60 + esplenda
Camote	0	10	20	30	20
Yuca	0	30	20	10	20

5.6 Elaboración de las galletas.

Se pesaron los ingredientes de acuerdo con la cantidad que se muestra en la tabla anterior. Posteriormente se derritió la margarina en un sartén pequeño. Se mezclaron muy bien los ingredientes y se amasó hasta obtener una consistencia dura, posteriormente se extendió la masa con un rodillo y con unos moldes se recortaron en círculos. Finalmente se dejaron en unos moldes y se hornearon a 140° C por 18 minutos.



FIGURA 19. Proceso de elaboración de las galletas.

5.7 Análisis bromatológico.

Se realizó un análisis bromatológico a las galletas adicionadas con harina de camote morado y yuca, como anteriormente se describe en la sección 5.2.1. Se tomaron las muestras de galletas en tres repeticiones para el análisis a realizar, previamente se molieron para obtener un tamaño de partículas adecuadas.

5.8 Determinación de polifenoles hidrosolubles totales.

Para la cuantificación del CPT se utilizó el método de Folin-Ciocalteu empleando la técnica de Heimler et al. (2005). Para la determinación de polifenoles se realizó una curva estándar de ácido gálico a diferentes concentraciones.

En cada uno de los tubos se agregaron 50 μ L de cada extracto, más 3 mL de agua destilada y 250 μ L del reactivo folin. Se dejó reaccionar por 8 minutos en la oscuridad, pasado el tiempo de reacción se agregó 750 μ L de bicarbonato de sodio (Na_2CO_3) y 950 μ L de agua destilada, se depositó en 300 μ L de la muestra tratada en la microplaca y se dejó reposar por 30 min en la oscuridad y a temperatura ambiente. Como paso final se midió la absorbancia a 750 nm con un lector de microplacas Biobase Elisa – EL 10^a.

5.9 Determinación de la capacidad antioxidante (DPPH).

La determinación de la actividad antioxidante se realizó mediante la siguiente técnica. Se utilizaron tubos donde se pesó 1.18 mg de la muestra y luego se le colocó 50 mL de metanol, después en otro tubo se colocó 40 mL de metanol con 2 mL del DPPH concentrado al tubo del diluido en una microplaca se colocó en 2 pocitos 300 μ L del DPPH diluido y se leyó a 720 nm.

Al final de los extractos se tomaron 30 μ L de muestra de cada extracto y se colocaron en 3 pocillos, del DPPH diluido se tomaron 270 μ L y se colocaron el mismo lugar del extracto, se mantuvo en total oscuridad de 30 – 40 min, pasado el tiempo se leyó la absorbancia a 520 nm, también se realizó una curva patrón con trolox a diferentes concentraciones (0,5,25,50,100,200,300,400,500 mg/L).

5.10 Determinación de ABTS.

Del extracto anterior se tomó una concentración de 10 mL -200ml de ABTS. La actividad antioxidante se cuantificó haciendo reaccionar ABTS 7 mM con 2,45 mM (final concentración) persulfato de potasio en la oscuridad a temperatura ambiente durante 12-16 h. Esta solución se diluyó en agua destilada hasta una absorbancia

de 0,7 a 734 nm. Un blanco de disolvente apropiado se tomó la lectura. Después de la adición de 100 µl de soluciones acuosas de extracto a 3 mL de ABTS + solución, la lectura de la absorbancia fue tomada en 30°C durante 20 min. para posteriormente tomar la lectura de absorbancia a una longitud de onda de 750 nm. Todas las soluciones se utilizaron recientemente y todas las mediciones se llevaron a cabo por triplicado. La actividad antioxidante se cuantificó a partir de una curva estándar basada en trolox de 500 ppm. Los resultados fueron expresados en (µM TE g) por 100 g de extracto. (Ozer, 2021).

5.11 Evaluación sensorial de las galletas.

Para el desarrollo del análisis sensorial se dieron a probar todas las formulaciones que se desarrollaron para poder determinar cuál es la formulación que tiene una mayor aceptabilidad, usando el siguiente formato para la evaluación:

EVALUACION SENSORIAL DE GALLETAS

Nombre: _____ Edad: _____ Fecha: _____

Instrucciones: Evalúe las galletas en cuanto a los atributos: sabor, textura, aroma, color y apariencia. Utilice la categoría que va de acuerdo a su gusto colocando la puntuación correspondiente por muestra y en todos los atributos. ¡Gracias por su participación!

Muestras/atributos	Sabor	Aroma	Textura	Color	Apariencia
CONTROL					
F1					
F2					
F3					
F4					

Categoría / Puntuación

- Me gusta mucho (5)
- Me gusta moderadamente (4)
- No me gusta ni me disgusta (3)
- Me disgusta moderadamente (2)
- Me disgusta mucho (1)

FIGURA 20. Formato de evaluación sensorial para las galletas elaboradas.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

6.1 Análisis de materias primas (composición química).

Los análisis se realizaron por triplicado mostrándose los promedios de las repeticiones de cada muestra.

6.1.1 Determinación de humedad.

La harina de yuca presentó una humedad de 0.66 %, mientras que la harina de camote tuvo una humedad de 0.99 % como se muestra en la figura 22. Según (Tambo Tene et al., 2019), la humedad que obtuvieron en la yuca amarga es de 12.55 %, mientras que la que se obtuvo en este análisis fue del 0.66 %, estos resultados son significativamente diferentes, esto puede variar dependiendo del método que usaron al momento de obtener la materia prima (harina), y también podría afectar que es el tipo de yuca, en este caso se utilizó yuca dulce. En comparación con la harina de camote fue un porcentaje mayor, debido a la cantidad de agua que tiene la materia prima.

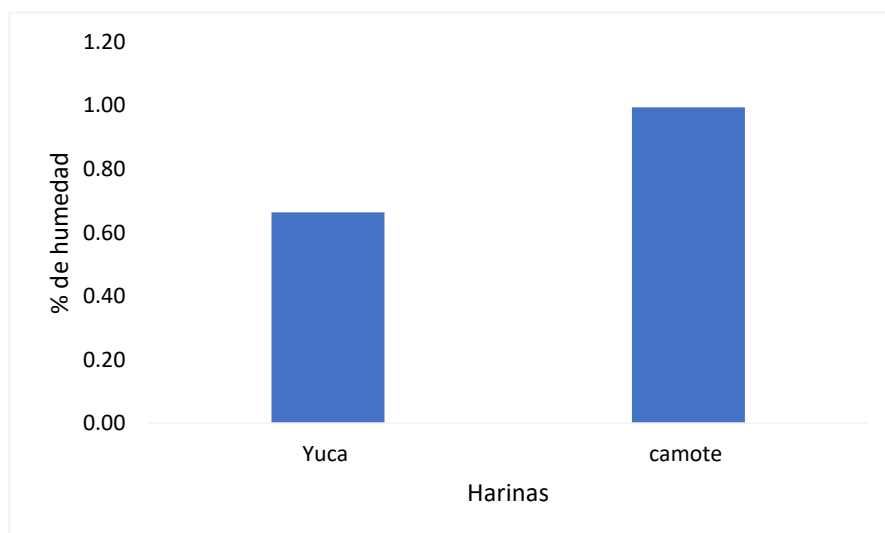


FIGURA 21. Porcentaje de humedad de las harinas de yuca y camote morado.

6.1.2 Determinación de cenizas.

Los resultados que se obtuvieron en el análisis de las harinas del contenido de cenizas fueron de 1.66 % para la harina de la yuca y 4.32 % de la harina de camote, dado a que este tipo de harina tiene una mayor concentración de minerales.

Según (Tambo Tene et al., 2019), la cenizas de la yuca amarga es de 1,05% y las cenizas de la yuca amarga tostada es de 1.15%, en comparación con el que se obtuvo de este análisis fue de 1.66 %, es un resultado más alto que las anteriores debido a las distintas condiciones del suelo, o del procesamiento de las harinas, todos esos factores intervienen en la composición nutrimental de cada una de las materias primas mencionadas anteriormente.

En comparación con los porcentajes de cenizas que se obtuvieron de las dos formulaciones de yuca amarga del autor antes mencionado, el porcentaje de ceniza que se obtuvo del camote morado fue de 4.32 %, esto significa que tiene una mayor cantidad de minerales que la yuca, que nos ayudan en las distintas funciones de nuestro cuerpo para mantenerse sano.

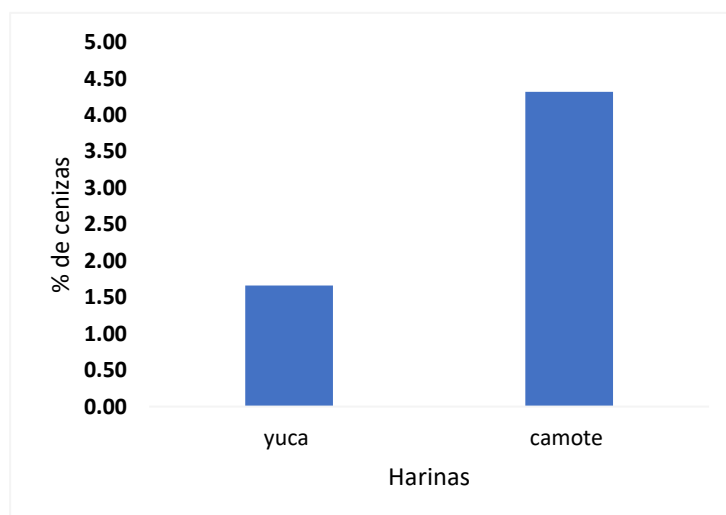


FIGURA 22. Porcentaje de cenizas de harina de yuca y camote.

6.1.3 Determinación de grasa.

Los resultados que se obtuvieron del análisis de los porcentajes de grasa o extracto etéreo para la muestra de yuca fueron de 2.33 % y para el del camote morado fue de 3.33 % como se muestra en la figura 24.

Según (Tambo Tene et al., 2019), el porcentaje de grasa que tuvo la yuca amarga fue de 0.63, en comparación con las que se obtuvieron de los análisis de grasa de la harina de yuca y camote morado fueron mayores, esto significa que al momento de la deshidratación de las harinas, no se evaporó mucho la concentración de los ácidos grasos de las harinas, por lo tanto estas presentaron mayores cantidades de grasas.

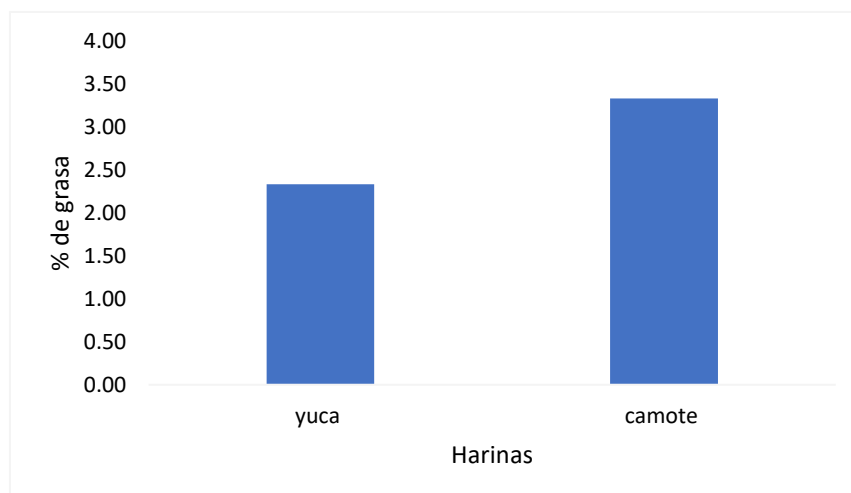


FIGURA 23. Porcentaje de grasa de harina de yuca y camote.

6.1.4 Determinación de proteína.

En el contenido proteico de la harina de yuca se observa un valor de 1.75 %, mientras que el del camote morado también presentó el mismo porcentaje de proteínas (1.75 %) como se muestra en la figura 25. Estos resultados se obtuvieron al promediar las tres repeticiones que se hicieron para esta determinación.

Según (Tambo Tene et al., 2019), el contenido de proteínas que se obtuvo de la yuca amarga es de 1.37 %, en comparación con las que se obtuvo de este análisis, fueron porcentajes mayores, pero no significativas. Esto se debe a las condiciones del suelo que se tienen al momento de plantar estos tubérculos, ya que el suelo influye mucho en los nutrientes que le pueden proporcionar al cultivo de estos. Así mismo, también afecta al tipo de proceso que se les aplicaron a las materias primas para la obtención de las harinas, así como, por ejemplo, el calor que se le aplicó al momento de secarlas o deshidratarlas.

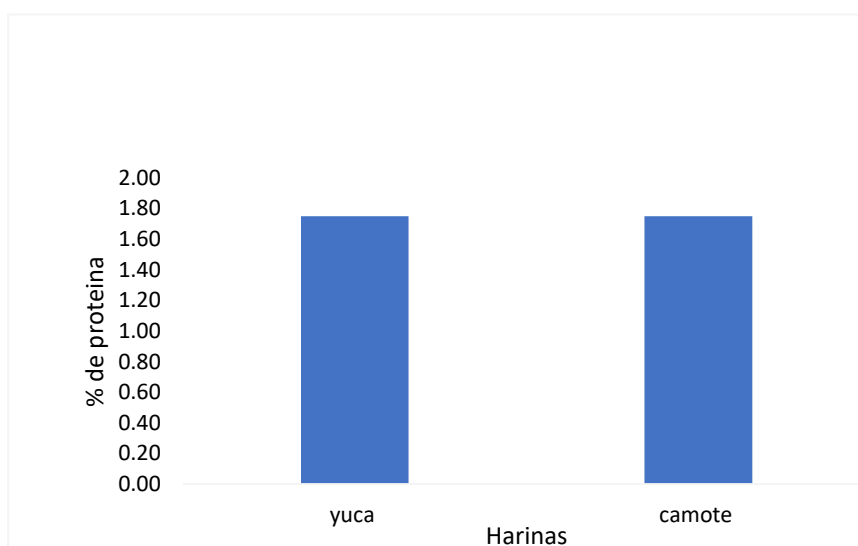


FIGURA 24. Porcentaje de proteína de harina de yuca y camote morado.

6.1.5 Determinación de fibra.

En el contenido de fibra cruda de la harina de yuca se observa un valor de 0.02 %, como se muestra en la figura 26, a diferencia de la harina de camote morado se tuvo un valor de 0.10 % de fibra.

Según (Tambo Tene et al., 2019), los porcentajes de fibra de la harina de yuca amarga fue de 0 %, ya que es pobre en fibra, en cuanto a lo que se obtuvo de este análisis fue de 0.02, tiene una diferencia no significativa ya que es un valor muy

bajo de la concentración de fibra, esto es porque la materia prima (yuca), es un alimento con bajo contenido de fibra. En cuanto a la concentración del camote morado es mayor a la concentración de fibra que presentó la yuca, ya que este es un alimento que tiene mayor valor nutrimental y necesita una mayor fertilidad del suelo para poder crecer y desarrollar sus raíces.

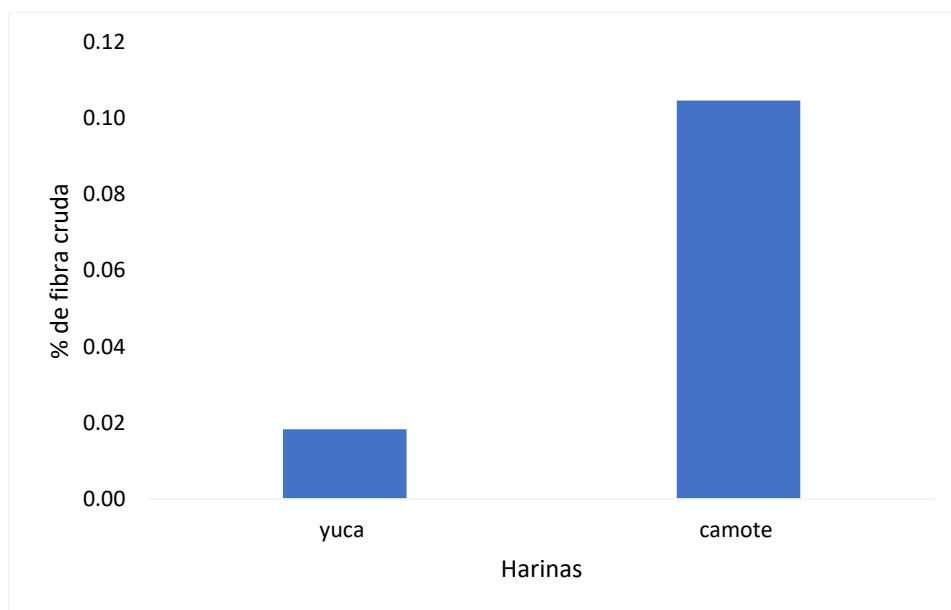


FIGURA 25. Porcentaje de fibra de harina de yuca y camote morado.

6.1.6. Determinación de carbohidratos totales.

En la determinación de carbohidratos totales, se presentó un 93.57 % de carbohidratos totales de la harina de yuca, mientras que la harina de camote se obtuvo el 89.50 % de carbohidratos totales como se muestra en la figura 27 no hay mucha diferencia significativa entre los dos tipos de harina, ya que estos tubérculos son ricos en carbohidratos.

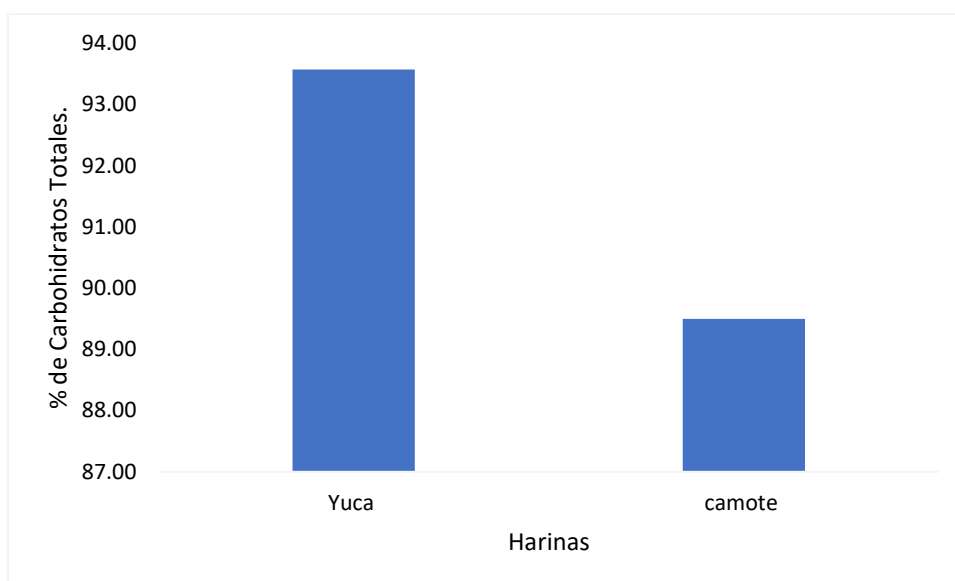


FIGURA 26. Porcentaje de carbohidratos totales de harina de yuca y camote morado.

Según investigaciones por (Vásquez et al., 2016), de un estudio de harina de maíz sobre la determinación de carbohidratos totales, se presenta una concentración de 76.63 %, a comparación de los datos obtenidos en este análisis, los resultados fueron mayores como se mostró en la figura anterior, la cual presenta una diferencia significativa, es decir, la yuca y el camote morado tienen mayor contenido de carbohidratos y tiende a proporcionar mayor energía al cuerpo.

6.2 Composición química de las galletas con harina de yuca y harina de camote morado.

6.2.1 Determinación de humedad.

La formulación control que está hecho a base de 100 % de harina de trigo presentó una humedad de 3.97 %, mientras que la formulación 1 presentó una humedad de 4.39 %, éste es la concentración de humedad más alta de todas las formulaciones. La formulación 2 se obtuvo una concentración de 2.70 %, este es la formulación más baja de porcentaje de humedad. La formulación 3 presentó una humedad de

3.32 %, este es uno de los valores intermedios y por último la formulación 4 presentó una humedad de 4.18 %, este es la segunda humedad más alta que se obtuvo en el análisis de las formulaciones de las galletas de yuca y camote morado como se muestra en la figura 28.

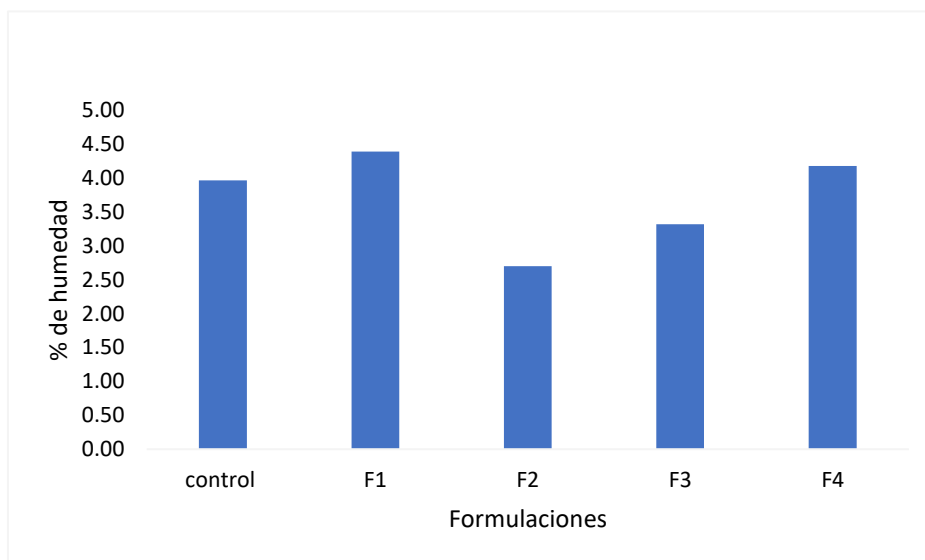


FIGURA 27. Contenido de humedad en galletas de yuca y camote morado.

De acuerdo con la NMX-F-006-1983 el límite permisible del porcentaje de humedad para las galletas cuyo máximo de humedad, es de 8.0%. El contenido de humedad en las galletas de harina yuca y camote morado están en el rango establecido de humedad, tanto como el de la galleta hecha 100 % de harina de trigo. El exceso de humedad en las galletas provoca un deterioro muy rápido, es decir, muy poca vida de anaquel, además aumentan el peso del agua y puede desarrollar microorganismos que contaminen las galletas.

6.2.2 Determinación de ceniza.

La formulación control que está hecha a base de 100 % de harina de trigo presentó 1.74 % de cenizas, este es uno de los valores más bajos que se tiene de todas las formulaciones, mientras que la F1 presentó 2.45 % de cenizas y tiene una diferencia de 0.71 % a la del control. Mientras que en la F2 se obtuvo 2.30 % de cenizas, un valor más bajo que la F1. La formulación que presentó mayor porcentaje de cenizas

fue la F3 con 2.58 %. Finalmente, la F4 con 2.37 % de cenizas es una formulación similar a la numero 2, difiriendo en el endulzante con una diferencia de 0.07 % entre la formulación 2 y 4, la cual no es significativamente diferente. En la figura 29 se muestran los resultados de las concentraciones de ceniza.

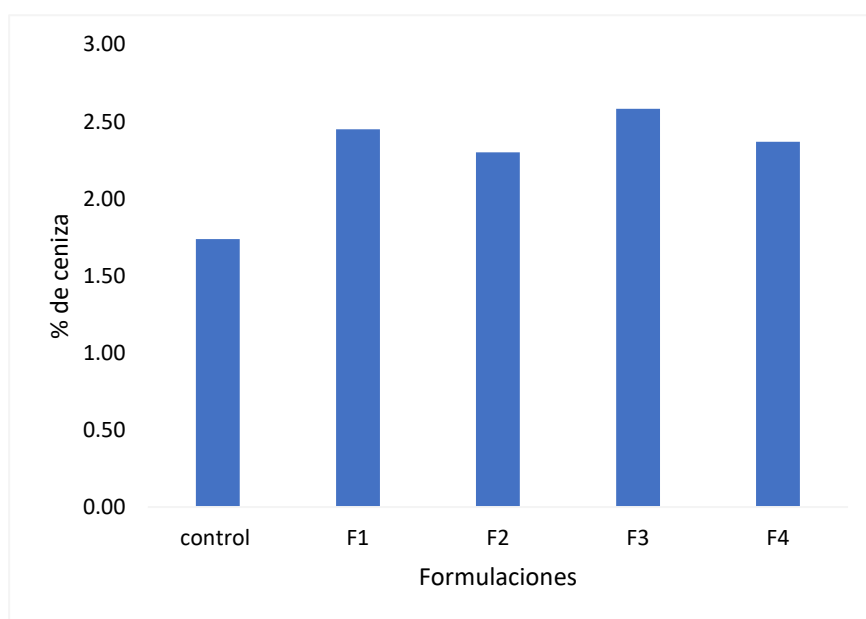


FIGURA 28. Contenido de ceniza en galletas de yuca y camote morado.

La cantidad de ceniza está relacionada con los minerales de acuerdo con los resultados obtenidos podemos ver que al incrementar la cantidad de harina de camote se obtienen valores más altos, este efecto en la galleta genera un producto más nutritivo. Así mismo se observa como al usar harina camote morado en una concentración de 30 % y 10 % de yuca aumenta un 0.84 % de cenizas a diferencia del control, por lo que la galleta obtenida contiene mayor cantidad de minerales debido a que el residuo obtenido por la incineración refleja el contenido de sustancias minerales del alimento.

Según (Qadri et al., 2018) un estudio de galletas saladas a base de trigo incorporadas con harina de arroz integral y carboximetilcelulosa presentó un porcentaje de cenizas del 1.67 %, comparar sus resultados con los obtenidos en el presente trabajo, podemos decir que la formulación con mayor porcentaje de cenizas fue la F3 con un 2.58 %, obteniendo una diferencia de 0.91 % de cenizas,

concluyendo que la galleta de camote con yuca, tiene mayor cantidad de minerales que la otra galleta mencionada anteriormente.

6.2.3 Determinación de grasa.

Los resultados obtenidos en la determinación de grasa para las formulaciones de galletas obtenemos que, la formulación control presentó 18.5 % de grasa, la cual es una concentración alta como se puede apreciar en la figura 30, mientras tanto la F1 registra un 16.3 % de grasa, la F2 presenta un 15.0 %, para la F3 se obtiene un 12.9 % de grasa y finalmente la F4, se obtiene un 13.8 %.

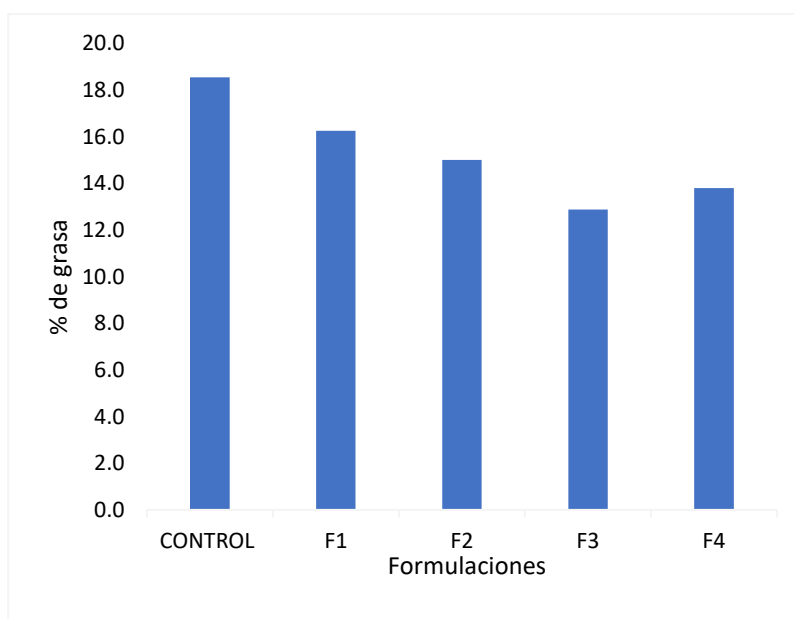


FIGURA 29. Contenido de grasa en galletas de yuca y camote morado.

Como se observa en la figura anterior para las galletas de yuca con camote morado conforme la concentración de harina de trigo se fue sustituyendo, el porcentaje de grasa disminuye. Al comparar el control con el resto de las formulaciones se puede apreciar un mayor porcentaje de grasa en contraste con la F3, obteniendo una diferencia de 5.6 %, la cual es una diferencia estadísticamente significativa.

Según (Morais et al., 2021), la concentración de grasa en galletas de camote morado incorporado con harina de col rizada es de 16.92 ± 0.16 a 4.99 como una primera formulación; también se analizó una segunda formulación, la cual el resultado es de 17.09 ± 0.14 . En comparación con el análisis que se hizo en esta investigación el porcentaje menor de grasa que se obtuvo fue la F3, la cual se obtuvo 12.9% de grasa. Se obtiene un porcentaje menor que en la investigación anterior, lo cual significa que las galletas de camote morado y yuca presentan características que las hace más saludables.

6.2.4 Determinación de fibra.

La formulación control que está hecha a base de 100% de harina de trigo presentó una concentración de 0.07% de fibra cruda, este es uno de los valores más bajos que se obtuvo al analizar las muestras como se puede apreciar en la figura 31, mientras que la F1 presentó un 0.13% de fibra, la F2 presenta un 0.12% de fibra, la cual no es un porcentaje bajo comparado con la formulación anterior, en la F3 presentó 0.13% de fibra al igual que la F1, y por último la F4 presentó 0.10% de fibra.

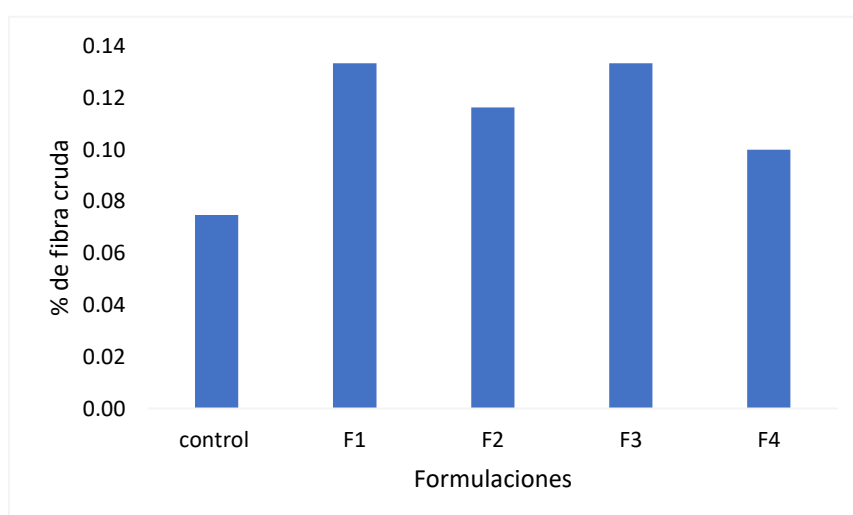


FIGURA 30. Contenido de fibra cruda en galletas de yuca y camote morado.

La formulación con más baja concentración de fibra es el control que compone el 100 % de harina de trigo, mientras que, al sustituir los diferentes porcentajes de harina de yuca y camote, éstas van aumentando la concentración de fibra como se muestra en la gráfica anterior. Las formulaciones con mayor porcentaje de fibra son la F1 y la F3, ya que las concentraciones de las harinas son inversamente iguales, la única diferencia es la cantidad de gramos que se le añade a cada formulación de las dos harinas no tradicionales. Al comparar la galleta control con la formulación 1 y 3 estas tienen una diferencia de 0.13 %, esto quiere decir que cuando se aumenta la cantidad de harina de yuca y de camote, aumenta la concentración de fibra.

6.2.5 Determinación de proteína.

La formulación control que está hecha a base de 100 % de harina de trigo presentó una concentración de 2.15 % de proteínas, la F1 presentó 0.54 % de proteína, mientras que la F2 obtiene un 0.41 % de proteína, en cuanto a la F3 presentó una cantidad de 0.42 % de proteína y, por último, la F4 presentó una concentración de 0.46 % de proteína como se muestra en la figura 32.

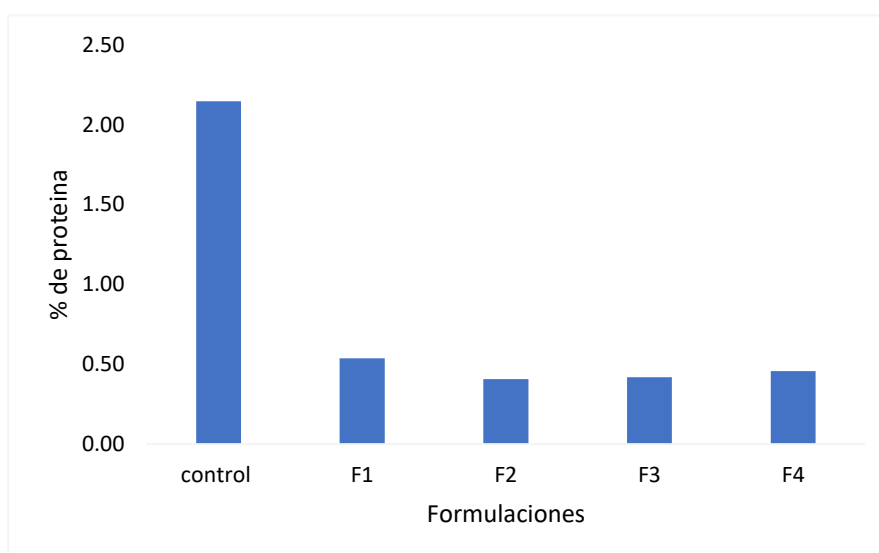


FIGURA 31. Contenido de proteína en galletas de yuca y camote morado.

La formulación más alta del contenido de proteínas es el control, presentando un valor de 2.15 %, esto debido a que el trigo contiene gluten, y éste está constituido principalmente por proteínas. En cuanto a las demás formulaciones se observa que tienen una concentración de proteína baja, esto se debe a que las harinas de camote y yuca son harinas libres de gluten.

6.2.6 Determinación de carbohidratos totales.

En la determinación de carbohidratos totales se obtuvieron resultados diferentes según las formulaciones que se usaron para la elaboración de galletas. El control contiene un 73.53 % de carbohidratos, como se observa en la figura 33, mientras que en F1 se registró 76.24 %, para la F2 se presentó un contenido mayor el cual corresponde a 79.48 % de carbohidratos totales; en la F3 se registró un 80.66 % de carbohidratos totales, esta formulación es la que presentó un mayor dato ya que se usó el 30 % de la harina de camote y la F4 presentó 79.10 % de carbohidratos totales.

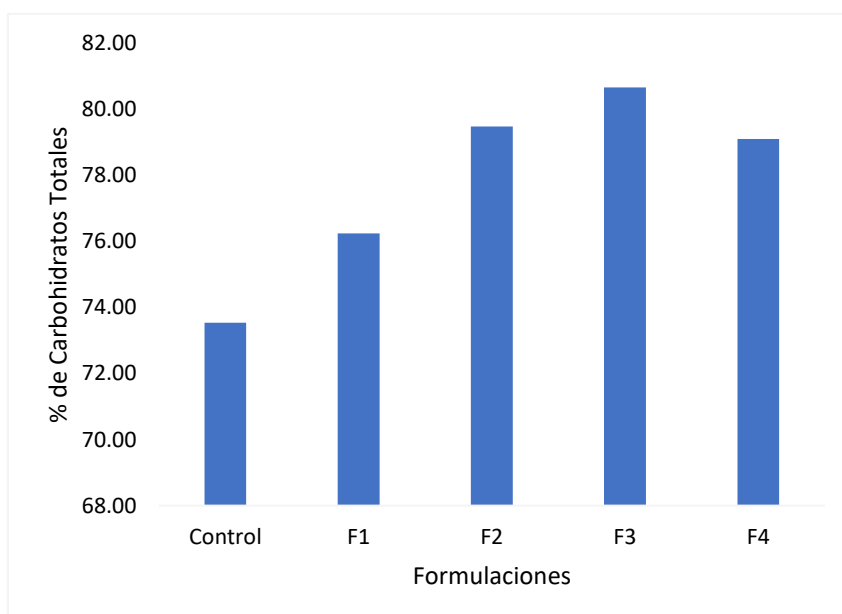


FIGURA 32. Contenido de carbohidratos totales en galletas de yuca y camote morado.

Según investigaciones realizadas por (Thongram et al., 2016), de un estudio de galletas de harina de garbanzo y harina de trigo, el porcentaje de carbohidratos que se obtuvo fue de 65.67 %. En comparación con el que se obtuvo de este análisis, encontramos que la formulación en donde se encontró 80.66 % de carbohidratos totales correspondientes a la F3, habiendo una diferencia de 14.99 % la cual es significativa entre el dato de la investigación mencionada y el análisis presente, a mayor porcentaje de carbohidratos se obtiene un mayor aporte de energía.

6.3 Análisis de las galletas con harina de yuca y camote morado del contenido de compuestos Fenólicos totales y capacidad antioxidante.

6.3.1 Contenido de compuestos fenólicos totales.

En la determinación de compuestos fenólicos totales, se determinaron que hubo poca diferencia entre las muestras de galletas de harina de trigo y su sustitución de las diferentes concentraciones de harinas de yuca y camote morado. En la formulación control, se determinó 6.16 mg GAE/ g; mientras que la F1 presentó 7.74 mg GAE/ g. La formulación más alta de contenidos fenólicos es la F2 ya que presentó 9.22 mg GAE /g, en la F3, se obtienen 8.62 mg GAE g y, por último, la F4 presentó 7.96 mg GAE g como se muestra en la gráfica 34.

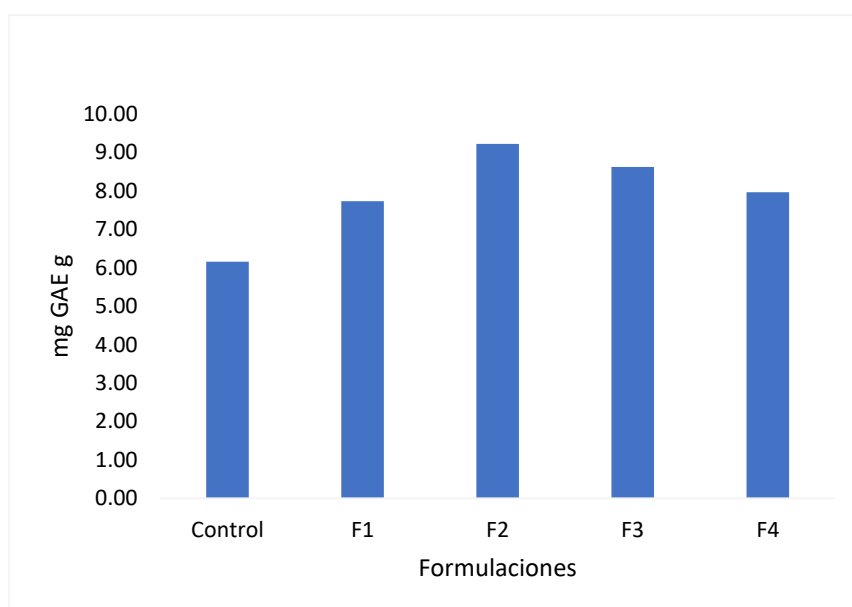


FIGURA 33. Contenido de fenoles totales en galletas de yuca y camote morado.

Según investigaciones de (Ghoshal & Kaushik, 2020), se realizó un análisis de determinación de fenoles totales de galletas hechas de soya, la cual se utilizó 20 % de harina de soya y 80 % de harina de trigo, obteniendo una concentración de 4 mg GAE/g, la cual es una concentración aceptable. En comparación con la formulación que se hizo en el análisis presente, con la F2 se obtuvo 9.22 mg GAE/g, la cual tiene una diferencia de 5.22 mg GAE/g, existiendo una diferencia considerable. La importancia de los antioxidantes radica en la estabilidad oxidativa de los alimentos.

6.3.2 ABTS.

Se determinó la actividad antioxidante por el método de ABTS el cual mide la cantidad de antioxidantes presentes en un alimento mostrando la capacidad para donar átomos de hidrógeno a los radicales peróxidos. Se determinó que existen diferencias significativas entre las formulaciones de galletas que contienen harina de yuca y camote morado con el control. La formulación control obtuvo una concentración de 1.23 μM Trolox la cual es una concentración muy baja, mientras que la F1 presenta un 18.23 μM Trolox, asimismo la F2 presentó un 14.35 μM Trolox, la F3 se registró una concentración de 27.23 μM Trolox la cual incrementa significativamente, finalmente la F4 se obtuvo una concentración de 13.60 μM Trolox como se observa en la figura 34.

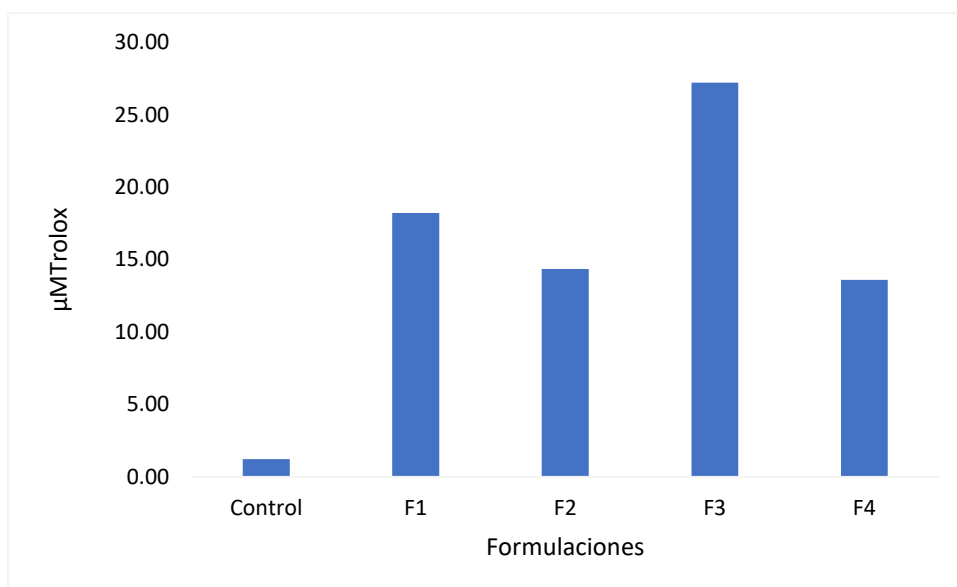


FIGURA 34. Contenido de antioxidantes en galletas de yuca y camote morado por ABTS.

Los antioxidantes aumentan conforme se incrementan las diferentes concentraciones de harina de yuca y de camote morado. Al comparar el control con la F1 se observa una diferencia de 17 μM Trolox, resultando una diferencia estadísticamente significativa. En la gráfica anterior se muestra que la F3, es la que tuvo la mayor concentración de antioxidantes de todas las formulaciones, presentando una diferencia de 26 μM Trolox respecto al control. Lo anterior se debe a un alto contenido de antocianinas presentes en el camote morado, permitiendo observar el claro incremento en la F3, donde se agrega el mayor contenido de esta harina, se sabe que un alimento es rico en antioxidantes cuando en su contenido existe una cantidad abundante de antocianinas.

6.3.3 DPPH

Se llevo a cabo la determinación de la capacidad antioxidante de los extractos obtenidos de las formulaciones mediante el método DPPH, en el cual se obtuvieron diferencias significativas entre la muestra control y las formulaciones realizadas. La formulación control tuvo como resultado una concentración de 0.79 $\mu\text{M TE g}$, mientras que la F1 un 4.85 $\mu\text{M TE g}$ como se puede apreciar en la figura 36, mientras tanto la F2 presenta un resultado similar a la primera formulación con 4.52 $\mu\text{M TE g}$, en la F3 presentó 4.09 $\mu\text{M TE g}$ y por último la F4 con 5.59 $\mu\text{M TE g}$. entre la F1 al F4 no presenta una diferencia significativa ya que en todas se emplearon harina de yuca y camote morado en las cuales existe una mayor actividad antioxidantes debido a sus componentes nutricionales.

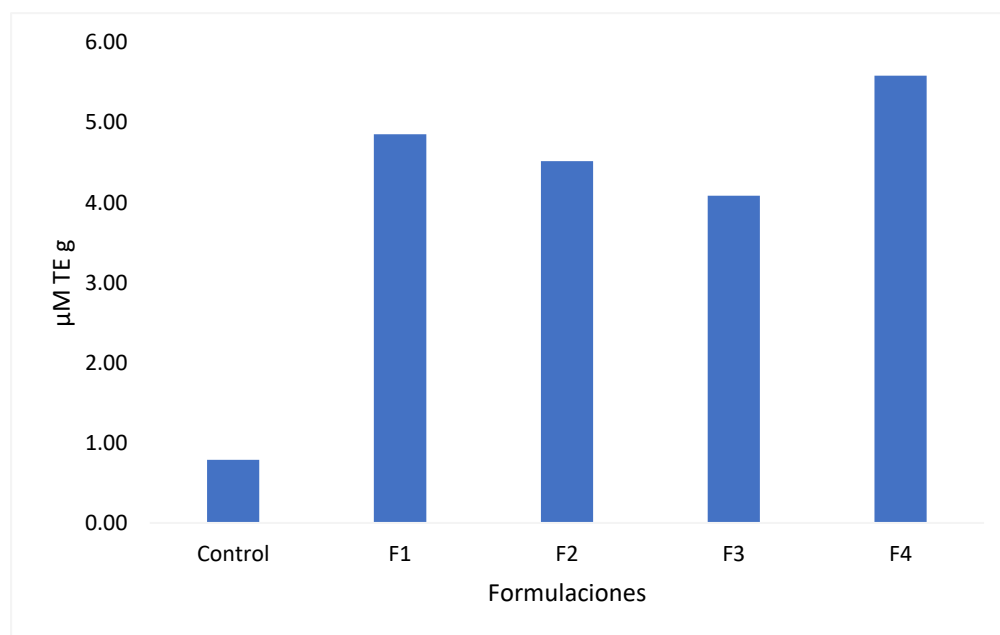


FIGURA 35. Contenido de antioxidantes en galletas de yuca y camote morado por DPPH.

Según el análisis realizado por (Natukunda et al., 2016), en la elaboración de galletas a base de harina de trigo y harina de semilla de tamarindo, la cual en una formulación donde se usó 2.5 % de harina de semilla de tamarindo y 250 gramos de harina de trigo, tuvo como resultado una concentración de 25.5 mg VCE/100 g de galleta. En comparación con lo realizado en este análisis, la formulación que tuvo mayor concentración fue la F4, en donde se obtuvo 5.59 μ M TE g, encontrando una diferencia significativa ya que la harina de semilla de tamarindo tiene una alta concentración de antioxidantes, pero también estas formulaciones realizadas tienen actividad antioxidante mayor que el control como se mostró en la gráfica anterior.

6.4 Análisis sensorial de las formulaciones de galletas a partir de harina de yuca y camote morado.

Se realizó el análisis sensorial de las galletas elaboradas en el presente trabajo, las cuales fueron analizadas por un grupo de cuarenta personas, con el objetivo de determinar cuál es la galleta con un mayor nivel de aceptabilidad. Los resultados de los 40 panelistas se promediaron para poder determinar cuál fue la formulación que presentó una mayor aceptabilidad como se identifica en la gráfica 37, todas las formulaciones de las galletas presentan una apariencia similar, sin embargo, la F1 muestra un aroma y sabor más agradable en comparación con el resto de las formulaciones, por lo que esta formulación es la que tuvo una mayor aceptabilidad. En la figura 37 se muestran los datos obtenidos tras la aplicación del análisis sensorial.

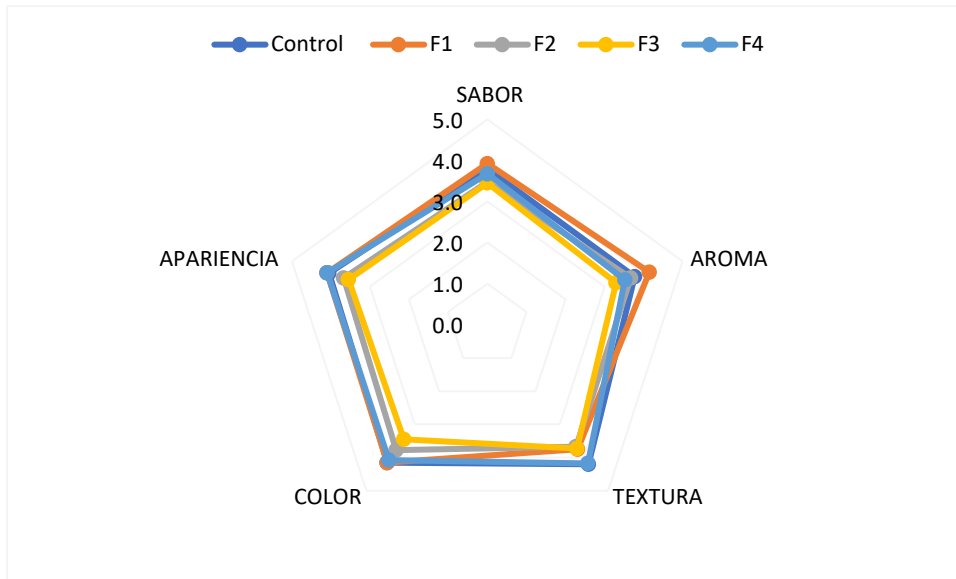


FIGURA 36. Evaluación sensorial de galletas de yuca y camote morado.

7. CONCLUSIONES.

- Se obtuvo de manera satisfactoria harina de yuca (*Manihot Esculenta*) y camote morado (*Ipomoea Batatas*) a través de los procesos unitarios de lavado, cortado, deshidratado y molienda de los tubérculos utilizados para realizar análisis planteado en el proyecto.
- Se analizó y caracterizó harina de yuca y camote morado como materias primas para la elaboración de galletas.
- Se logró determinar las propiedades nutrimentales y funcionales a través de la capacidad antioxidante de cada formulación de las galletas de yuca y camote morado. La concentración de polifenoles y antioxidantes fueron determinados por los dos métodos (ABTS Y DPPH) haciendo evidente el beneficio de sustituir la harina de trigo por harinas ricas en antioxidantes, por lo que resulta más conveniente el consumo de productos con dicha sustitución que los tradicionales a base de trigo.
- La evaluación sensorial reveló que los atributos como color, sabor, textura, apariencia y aroma presentaron una mejora significativa al producto obtenido en la F1, permitiendo mejorar las propiedades organolépticas de dicho producto, logrando una mejor aceptación en el consumidor.

8. BIBLIOGRAFÍA.

- Adeyeye, S. A. O. (2016). Assessment of quality and sensory properties of sorghum–wheat flour cookies. *Cogent Food and Agriculture*, 2(1).
<https://doi.org/10.1080/23311932.2016.1245059>
- Alava, C., Verdú, S., Barat, J. M., & Grau, R. (2019). Enrichment of chips with fibre from a tiger-nut (*Cyperus esculentus*) milk co-product at ‘source of fibre foods’ and ‘high fibre content foods’ levels: impact on processing, physico-chemical and sensory properties. *International Journal of Food Science and Technology*, 54(3), 908–915. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14014>
- Araújo, A. L. de, & Pena, R. da S. (2020). Effect of particle size and temperature on the hygroscopic behaviour of cassava flour from dry group and storage time estimation. *CYTA - Journal of Food*, 18(1), 178–186.
<https://doi.org/10.1080/19476337.2020.1717635>
- Bala, A., Gul, K., & Riar, C. S. (2015). Functional and sensory properties of cookies prepared from wheat flour supplemented with cassava and water chestnut flours. *Cogent Food and Agriculture*, 1(1).
<https://doi.org/10.1080/23311932.2015.1019815>
- Castillo-Ruiz, O., Velazquez, G., Uresti-Marín, R. M., Mier, N., Vázquez, M., & Ramírez De León, J. A. (2012). Estudio de los hábitos alimentarios de niños de 4-6 años de Reynosa, Tamaulipas (México). *CYTA - Journal of Food*, 10(1), 5–11. <https://doi.org/10.1080/19476337.2010.524941>
- Chen, C., Han, Y., Li, S., Wang, R., & Tao, C. (2021). Nutritional, antioxidant, and quality characteristics of novel cookies enriched with mushroom (*Cordyceps militaris*) flour. *CYTA - Journal of Food*, 19(1), 137–145.
<https://doi.org/10.1080/19476337.2020.1864021>
- Chimphepo, L., Monjerezi, M., Alamu, E. O., Ntawuruhunga, P., & Saka, J. D. K. (2022). Effects of genotype by environment interaction on agronomic and functional flour properties among cassava genotypes targeted for industrial use. *Annals of Agricultural Sciences*, 67(2), 147–157.
<https://doi.org/10.1016/j.aoas.2022.08.001>

- De Paula, C. D., Pastrana-Puche, Y. I., Vilorio-Benítez, K. M., Rubio-Arrieta, J. A., Simanca-Sotelo, M., Álvarez-Badel, B., & Avilez-Montes, Y. (2021). Physicochemical and sensory evaluation of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) restructured products produced in the Sinu Valley, Colombia. *Heliyon*, 7(8). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07691>
- Di Cairano, M., Condelli, N., Cela, N., Sportiello, L., Caruso, M. C., & Galgano, F. (2022). Formulation of gluten-free biscuits with reduced glycaemic index: Focus on in vitro glucose release, physical and sensory properties. *Lwt*, 154(October 2021), 112654. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112654>
- Ghoshal, G., & Kaushik, P. (2020). Development of soymeal fortified cookies to combat malnutrition. *Legume Science*, 2(3), 1–13. <https://doi.org/10.1002/leg3.43>
- He, Y., Lu, Q., & Liviu, G. (2015). Effects of extraction processes on the antioxidant activity of apple polyphenols. *CYTA - Journal of Food*, 13(4), 603–606. <https://doi.org/10.1080/19476337.2015.1026403>
- Henneh, I. T., Ahlidja, W., Alake, J., Mohammed, H., Boapeah, S. O., Kwabil, A., Malcolm, F., & Armah, F. A. (2022). Acute toxicity profile and gastroprotective potential of ethanolic leaf extract of *Manihot esculenta* Crantz. *Scientific African*, 17, e01284. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2022.e01284>
- Justamante, G., Schmitz, H., Peroni, F. H. G., Roberto, J., Campanha, R. B., Valle, T. L., Maria, C., Franco, L., & Cordenunsi, B. R. (2016). *1 Research Article*.
- Krochmal-Marczak, B., Zagórska-Dziok, M., Michalak, M., & Kiełtyka-Dadasiewicz, A. (2021). Comparative assessment of phenolic content, cellular antioxidant, antityrosinase and protective activities on skin cells of extracts from three sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) cultivars. *Journal of King Saud University - Science*, 33(6). <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2021.101532>
- Liu, C. Y., Amani, R., Sulaiman, S., Mahmood, K., Ariffin, F., & Mohammadi Nafchi, A. (2022). Formulation and characterization of physicochemical, functional, morphological, and antioxidant properties of cassava-based rice analogue. *Food Science and Nutrition*, 10(5), 1626–1637.

<https://doi.org/10.1002/fsn3.2785>

- Lu, H., Guo, L., Zhang, L., Xie, C., Li, W., Gu, B., & Li, K. (2020). Study on quality characteristics of cassava flour and cassava flour short biscuits. *Food Science and Nutrition*, 8(1), 521–533. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1334>
- Majid, M., Nasir, B., Zahra, S. S., Khan, M. R., Mirza, B., & Haq, I. ul. (2018). Ipomoea batatas L. Lam. ameliorates acute and chronic inflammations by suppressing inflammatory mediators, a comprehensive exploration using in vitro and in vivo models. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 18(1), 1–20. <https://doi.org/10.1186/s12906-018-2279-5>
- Morais, C. P., Utpott, M., Flores, S. H., Cesar Tondo, E., Thys, R. C. S., Barin, J. S., Costa, A. B. da, & Tischer, B. (2021). Nutritional, Antioxidant and Sensory Evaluation of Calcium-high Content Cookies Prepared with Purple Sweet Potato (*Ipomoea Batatas L.*) And Kale (*Brassica Oleracea Var. Acephala*) Flours. *Journal of Culinary Science and Technology*, 19(5)Morais, C. P., Utpott, M., Flores, S. H., Cesar Tondo, E., Thys, R. C. S., Barin, J. S., Costa, A. B. da, Tischer, B. (2021). Nutritional, Antioxidant and Sensory Evaluation of Calcium-high Content Cookies Prepared with Purple Sweet Potato (*Ipomoea Bat*), 373–389. <https://doi.org/10.1080/15428052.2020.1777919>
- Muiruri, S. K., Ntui, V. O., Tripathi, L., & Tripathi, J. N. (2021). Mechanisms and approaches towards enhanced drought tolerance in cassava (*Manihot esculenta*). *Current Plant Biology*, 28, 100227. <https://doi.org/10.1016/j.cpb.2021.100227>
- Nälsén, C., Basu, S., Wolk, A., & Vessby, B. (2006). The importance of dietary antioxidants on plasma antioxidant capacity and lipid peroxidation in vivo in middle-aged men. *Scandinavian Journal of Food and Nutrition*, 50(2), 64–70. <https://doi.org/10.1080/11026480600717202>
- Natukunda, S., Muyonga, J. H., & Mukisa, I. M. (2016). Effect of tamarind (*Tamarindus indica L.*) seed on antioxidant activity, phytochemicals, physicochemical characteristics, and sensory acceptability of enriched cookies and mango juice. *Food Science and Nutrition*, 4(4), 494–507. <https://doi.org/10.1002/fsn3.311>

- Nithikarnjanatharn, J., & Samsalee, N. (2022). Effect of cassava pulp on Physical, Mechanical, and biodegradable properties of Poly(Butylene-Succinate)-Based biocomposites. *Alexandria Engineering Journal*, 61(12), 10171–10181. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2022.03.052>
- Nystrand, B. T., & Olsen, S. O. (2021). Relationships between functional food consumption and individual traits and values: A segmentation approach. *Journal of Functional Foods*, 86(May). <https://doi.org/10.1016/j.jff.2021.104736>
- Qadri, T., Hussain, S. Z., Rather, A. H., Amin, T., & Naseer, B. (2018). Nutritional and storage stability of wheat-based crackers incorporated with brown rice flour and carboxymethyl cellulose (Cmc). *International Journal of Food Properties*, 21(1), 1117–1128. <https://doi.org/10.1080/10942912.2018.1485033>
- Qin, Z., Qin, Z., Hou, F., Hou, F., Li, A., Li, A., Dong, S., Dong, S., Huang, C., Wang, Q., Wang, Q., Zhang, L., & Zhang, L. (2020). Comparative analysis of full-length transcriptomes based on hybrid population reveals regulatory mechanisms of anthocyanin biosynthesis in sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam). *BMC Plant Biology*, 20(1), 1–12. <https://doi.org/10.1186/s12870-020-02513-1>
- Rivera, G., Bocanegra-García, V., & Monge, A. (2010). Traditional plants as source of functional foods: A review. *CYTA - Journal of Food*, 8(2), 159–167. <https://doi.org/10.1080/19476330903322978>
- Romuli, S., Abass, A., & Müller, J. (2017). Physical Properties of Cassava Grits before and after Pneumatic Drying. *Journal of Food Process Engineering*, 40(2). <https://doi.org/10.1111/jfpe.12397>
- Tambo Tene, S., Klang, J. M., Ndomou Houketchang, S. C., Teboukeu Boungo, G., & Womeni, H. M. (2019). Characterization of corn, cassava, and commercial flours: Use of amylase-rich flours of germinated corn and sweet potato in the reduction of the consistency of the gruels made from these flours—Influence on the nutritional and energy value. *Food Science and Nutrition*, 7(4), 1190–1206. <https://doi.org/10.1002/fsn3.902>

- Thongram, S., Tanwar, B., Chauhan, A., & Kumar, V. (2016). Physicochemical and organoleptic properties of cookies incorporated with legume flours. *Cogent Food and Agriculture*, 2(1).
<https://doi.org/10.1080/23311932.2016.1172389>
- Vásquez, F., Verdú, S., Islas, A. R., Barat, J. M., & Grau, R. (2016). Effect of low degrees of substitution in wheat flour with sorghum, oat or corn flours on physicochemical properties of composite flours. *Cogent Food and Agriculture*, 2(1). <https://doi.org/10.1080/23311932.2016.1269979>
- Vázquez-Villegas, P., Perez-Carrillo, E., Picazo García, C., & Cruz Camacho, M. (2021). Effect of wheat flour substitution and popped amaranth flour content on the rheological, physicochemical and textural properties of hot-press wheat-oat-quinoa-amaranth composite flour tortillas. *CYTA - Journal of Food*, 19(1), 571–578. <https://doi.org/10.1080/19476337.2021.1937323>
- Wang, L., Zhao, Y., Zhou, Q., Luo, C. L., Deng, A. P., Zhang, Z. C., & Zhang, J. L. (2017). Characterization and hepatoprotective activity of anthocyanins from purple sweet potato (*Ipomoea batatas* L. cultivar Eshu No. 8). *Journal of Food and Drug Analysis*, 25(3), 607–618. <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2016.10.009>
- Yuan, X. Y., Li, Z. Y., Chen, X. L., Ding, X. Q., Zhou, Y. P., Yu, L., & Yang, Q. X. (2022). Rapid screening of antioxidant activities components from yacon (*Smallanthus sonchifolius* Poepp. and Endl.) leaves by variable selection based on weight analysis. *International Journal of Food Properties*, 25(1), 1948–1957. <https://doi.org/10.1080/10942912.2022.2114494>