

INFORME FINAL

Programa Investigación en Recursos Naturales y Ambiente
-PUIRNA-

Caracterización química, nutricional y evaluación de actividad antioxidante de dos variedades mejoradas de *Ipomoea batata* (camote) para su aprovechamiento integral

Proyecto Número DES6-2022

código del proyecto de investigación

Instituto de Investigaciones Químicas y Biológicas (IIQB),
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia

unidad académica o centro no adscrito a unidad académica avaladora

Coordinadora de Proyecto Sully Margot Cruz Velásquez
Auxiliar de investigación I: Aldo Ernesto García Avalos
Auxiliar de investigación I: Amy Kateleen Aldana de la Cruz

Guatemala 17 de febrero de 2023

Contraportada (reverso de la portada)

Autoridades

Dra. Alice Burgos Paniagua
Directora General de Investigación

Ing. Agr. MARN Julio Rufino Salazar
Coordinador General de Programas

MSc. Andrea Rodas Morán
Coordinadora de Programa Universitario
de Investigación en Recursos Naturales y Ambiente

Autores

Nombre del coordinador(a) del proyecto: Sully Margot Cruz Velásquez

Nombre del investigador(a): Nereida Marroquín

Nombre del auxiliar de investigación I: Aldo Ernesto García Avalos, Amy Kateleen Aldana de la Cruz

Colaboradores: Armando Cáceres (Laboratorio de Productos Naturales Farmaya), Alfredo López (Eurotropic)

Universidad de San Carlos de Guatemala, Dirección General de Investigación (Digi), 2023. El contenido de este informe de investigación es responsabilidad exclusiva de sus autores.

Esta investigación fue cofinanciada con recursos del Fondo de Investigación de la Digi de la Universidad de San Carlos de Guatemala a través de del código DES6-2022 en el Programa Universitario de Investigación en Recursos Naturales y Ambiente.

Los autores son responsables del contenido, de las condiciones éticas y legales de la investigación desarrollada.



Universidad de San Carlos de Guatemala
Dirección General de Investigación



INFORME FINAL

Índice general

Resumen y palabras claves	6
Abstract and keyword	6
Introducción	8
Planteamiento del problema	10
Delimitación en tiempo y espacio	11
Marco teórico	12
Estado del arte	16
Objetivos	20
Hipótesis	20
Materiales y métodos	20
Resultados y discusión	26
Conclusiones	54
Referencias	56
Apéndice	63

Cuadros

Cuadro 1. Muestra de camote y porcentaje de humedad	26
Cuadro 2. Determinación de sólidos totales en muestras de harina de raíz	27
Cuadro 3. Determinación de rendimiento de extracción	27
Cuadro 4. Determinación de sólidos totales en hojas y tallos	28
Cuadro 5. Cuantificación de antocianinas totales	28
Cuadro 6. Determinación de actividad antioxidante	29
Cuadro 7. Actividad fotoprotectora	30
Cuadro 8. Propuesta de formulación 1	31
Cuadro 9. Propuesta de formulación 2	31
Cuadro 10. Propuesta de formulación 3	32
Cuadro 11. Características de formulación 3	33
Cuadro 12. Propuesta de formulación 4	33
Cuadro 13. Características de formulación 4	34
Cuadro 14. Propuesta de formulación 5	34
Cuadro 15. Características de formulación 5	35
Cuadro 16. Análisis de macroelementos presentes en variedades de camote guatemalteco	44
Cuadro 17. Resultados de microelementos presentes en harinas de camote	45
Cuadro 18. Análisis de correlación estadística	46
Cuadro 19. Interpretación de resultados de correlación estadística	46

Tablas

Tabla 1. Revisión de análisis nutricional	36
Tabla 2. Revisión de composición nutricional de variedades de camote	36
Tabla 3. Grupo de compuestos y función biológica en camote	39
Tabla 4. Revisión de compuestos fenólicos por diferentes métodos de extracción	40
Tabla 5. Resumen de estudios seleccionados sobre productos a base de camote	42

Gráficos

Gráfico 1. Comparación de actividad antioxidante	30
Gráfico 2. Revisión de minerales y vitamina C	37
Gráfico 3. Revisión de minerales en ocho genotipos	38
Gráfico 4. Compuestos fenólicos reportados en hojas	40
Gráfico 5. Revisión de actividad antioxidante en hojas	41
Gráfico 6. Macroelementos detectados en harinas de camote	44
Gráfico 7. Microelementos detectados en harinas de camote	45

Imágenes

Imagen 1. Valor de HBL formulación 3	32
Imagen 2. Valor de HBL formulación 4	33
Imagen 3. Cálculo de HLB de formulación 5	34
Imagen 4. Diseño de etiquetado y empaque para producto cosmético	35

1 Resumen y palabras claves

Ipomoea batata (L.) Lam. (camote) es una planta originaria de las zonas tropicales de América. En Guatemala se cuenta con dos variedades biofortificadas ICTA Dorado^{BC} e ICTA Pacífico^{BC}, las cuales son de interés por la presencia de betacarotenos. El camote es rico en fibra, vitaminas, minerales y compuestos con actividad antioxidante como polifenoles. Muchas partes de la planta de camote son comestibles, incluyendo sus raíces, hojas y brotes, de los cuales se puede desarrollar una variedad de productos. En Guatemala se han realizado muy pocos estudios sobre actividad biológica y caracterización química, es por ello que se realizaron extractos, por percolación, obteniendo rendimientos en un rango de 38-42%, lo cual evidencia su factibilidad y viabilidad para su posible escalamiento. Se evaluó la actividad antioxidante por inhibición de radical libre DPPH, siendo el extracto de camote variedad Dorada, el más activo con un CI_{50} 10.52 mg/mL, mostrando una correlación con el contenido fenólico (11.4 mg de ácido gálico/g de extracto), se determinaron antocianinas (88-601 μ g/g). Se desarrolló una propuesta de una harina y un recetario de aplicación nutricional, con diez recetas a base de la misma, cinco propuestas de bloqueadores solares a base de las tintura, los extractos mostraron FPS (5.4-16.9), los cuales combinados con un filtro físico permitieron obtener un FPS de 30, disminuyendo así la concentración de filtros químicos. El camote puede representar una alternativa para pequeños y medianos productores, el cual puede establecerse especialmente en huertos familiares y explotar su potencial de producción e industrialización con beneficios nutricionales, medicinales y cosméticos.

Palabras claves: Harina de camote, antocianinas, carotenoides, polifenoles, fotoprotector.

2 Abstract and keyword

Ipomoea batata (sweet potato) is a plant native to tropical America. In Guatemala there are two biofortified varieties, ICTA Dorado^{BC} and ICTA Pacífico^{BC}, which are of interest due to the presence of beta-carotene. Sweet potato is rich in fiber, vitamins, minerals, and compounds with antioxidant activity such as polyphenols. Many parts of the sweet potato plant are edible, including its roots, leaves and shoots, from which a variety of products can be developed; however, very few

studies on biological activity and chemical characterization have been carried out in Guatemala, which is why extracts were made obtaining yields between 38-42%, which shows their feasibility and viability for possible scaling up, the antioxidant activity was evaluated by DPPH free radical inhibition, being the extract of sweet potato variety Dorada the most active with a CI_{50} 10.52 mg/mL showing a correlation with the phenolic content (11.4 mg of gallic acid/g of extract), anthocyanins were determined (88-601 $\mu\text{g/g}$), and a proposal for a flour and a recipe booklet for nutritional application was developed, with ten recipes based on the same, five proposals for sunscreens based on the tincture, the extracts showed SPF (5.4-16.9), which combined with a physical filter allowed obtaining an SPF of 30, thus decreasing the concentration of chemical filters. Sweet potato can represent an alternative for small and medium producers, which can be established especially in home gardens and exploit its production and industrialization potential with nutritional, medicinal and cosmetic benefits.

Keyword: Sweet potato flour, anthocyanins, carotenoids, polyphenols, photoprotector.

3 Introducción

Ipomoea batatas (L.) Lam. es el sexto cultivo alimentario más importante a nivel mundial, se reporta 178 millones de toneladas de producción en 2014, más del 95% de esta cantidad se producen en los países en desarrollo, su importancia radica en la diversidad de su uso y en su bajo costo de producción. Aunque sus orígenes se encuentran en América Latina, Asia es actualmente la mayor región productora de camote del mundo, con cifras que superan los 80 millones de toneladas de producción anual. China es el mayor productor y consumidor de camote, donde se le utiliza para alimentación humana, animal y procesado (como alimento, almidón y en otros productos) (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO, 2021; Glato et al., 2017; Jang & Koh, 2019; Rodríguez-Delfin et al., 2014; Oishimaya, 2017, Rossel et al., 2008). Es rico en vitaminas, carbohidratos, fibra, micronutrientes, incluyendo minerales esenciales como potasio, manganeso, hierro y calcio (Alam et al., 2016; Leite et al., 2022; Truong et al., 2007). Es naturalmente libre de grasa y colesterol, bajo en sodio y con menos calorías que las papas tradicionales. Las diferentes variedades se utilizan en distintas partes del mundo para el tratamiento de diversas enfermedades (Meira et al., 2012).

Es un producto nutracéutico útil en el tratamiento de diabetes mellitus por su bajo índice glucémico (Forlan et al., 2018), se ha reportado múltiples actividades como antioxidante, las cuales pueden reducir e inhibir el daño celular de los radicales libres y reducir el estrés oxidativo metabólico, lo que resulta en la prevención de enfermedades y en una mejora para la salud, así también ha presentado efecto antiinflamatorio, anticancerígeno, modulación inmunitaria, hepatoprotección, neuroprotección, actividad antimicrobiana y regulación intestinal (Chen et al., 2022; Kim et al., 2011; Nguyen et al., 2021) atribuida principalmente a la presencia de compuestos fenólicos, carotenoides y antocianinas, lo cual favorece la salud y longevidad (Amagloh et al., 2021). Los extractos de hoja de camote han presentado una actividad antioxidante por diferentes mecanismos como secuestro e inhibición de radicales libres, quelante de metales e inhibidora del daño oxidativo liposomal (Chen et al., 2022; Franková et al., 2022; Im et al., 2021).

En Guatemala el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA) y el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA), desarrollaron dos variedades biofortificadas de camote de pulpa anaranjada: ICTA DoradoBC e ICTA PacíficoBC, las cuales se encuentran a disposición de agricultores y población en general. Estas variedades contienen altos valores de vitamina A y fueron desarrolladas con apoyo del programa líder en biofortificación HarvestPlus, sin embargo no hay información sobre la actividad biológica, caracterización química y nutricional de la hojas y cáscara de dichas variedades, por lo que se seleccionaron dichos órganos y subproductos ya que son utilizados no solo como alimento, sino también por tener propiedades funcionales y medicinales que sugieren un aprovechamiento integral, pueden producirse en huertos familiares y se evidencia el potencial en el mercado internacional. Por lo que se comprobó la actividad biológica, se identificaron elementos químicos de interés que le dan el potencial nutricional, medicinal y cosmético, con el objetivo de proponer productos para diversificar su uso e incentivar el cultivo.

4 Planteamiento del problema

Según el Informe de la FAO-ONU (2017), alrededor de un tercio de la producción de los alimentos destinados al consumo humano se pierde o desperdicia en todo el mundo, lo que equivale a, aproximadamente, 1.300 millones de toneladas al año. En los países en desarrollo, más del 40% de estas pérdidas se produce en las etapas de post cosecha y procesamiento. En el caso de raíces y tubérculos, alimentos básicos de países en desarrollo, se pierde hasta un 45 % de su volumen producido que, junto con los residuos agroindustriales y la pérdida de otro tipo de alimentos, agrava enormemente el problema del hambre y de la contaminación ambiental. En este sentido, el aprovechamiento de estos recursos mediante procesos sostenibles podría ayudar a reducir las pérdidas de alimentos y constituirse como una medida eficaz para paliar, en parte, el déficit de alimentos y apoyar al desarrollo económico.

El camote es un ejemplo de cultivo subutilizado a pesar del valor nutricional ya que es alto en carbohidratos, fibra, antioxidantes y rico en vitaminas y minerales. Es un alimento reconocido por su eficacia en la lucha contra la desnutrición debido a sus características altamente nutritivas, facilidad de cultivo y productividad. El camote tiene un gran potencial para contribuir a aliviar el problema de inseguridad alimentaria y nutricional que existe en las zonas vulnerables del corredor seco y otras regiones de Guatemala. Entre los atributos, relacionados con la calidad nutritiva es el β -caroteno (precursor de la vitamina A, alto contenido de zinc y hierro). Además de servir como un alimento en dietas humanas, este cultivo se puede usar como fuente para alimentación animal; el follaje del camote tiene proteína superior a gramíneas forrajeras y el maíz, sin embargo, el consumo del camote es bajo y no se aprovechan las hojas. Ruiz (2004), estimó una producción de follaje en tres cultivares que equivale al 60% del total de biomasa del cultivo, es decir el 40% restante corresponde a la raíz, lo cual denota que las hojas constituyen un material subutilizado.

Sus aplicaciones en la industria a nivel mundial son cada vez mayores, siendo utilizado como complemento o sustituto en la elaboración de productos alimenticios, medicinales y cosméticos sin embargo en Guatemala no se han desarrollado productos que le den mayor valor agregado y que se aproveche los diferentes órganos del cultivo. Es importante resaltar que los valores nutricionales pueden variar dependiendo del cultivar que se analice y el tipo de cocción utilizado, por lo que es de interés analizar las variedades propias de cada región.

Es por ello que el presente estudio evaluará la raíz con cáscara y sin cáscara para explorar el potencial de la cáscara, se caracterizarán los diferentes órganos y subproductos como la hoja de camote de dos variedades mejoradas y se espera desarrollar propuestas para su diversificación y aprovechamiento integral.

5 Delimitación en tiempo y espacio

5.1 Delimitación en tiempo

El estudio se realizó de febrero a diciembre de 2022, en el primer semestre se realizaron los extractos de raíz, hoja, caracterización fitoquímica, nutricional, seguidamente se realizaron las pruebas de actividad antioxidante y determinación del factor de protección solar, los cuales permitieron seleccionar el extracto que presentó la mejor actividad para el diseño de la formulación cosmética, se evaluaron las características fisicoquímicas y estabilidad. En el segundo semestre se desarrollaron las aplicaciones de una harina con fines nutricionales obteniendo 10 recetas con buena aceptación sensorial.

5.2 Delimitación espacial

La colecta del material se realizó en el ICTA con la colaboración de Eurotropic y Farmaya. La extracción, caracterización y formulación del producto fitocosmético se realizó en el Laboratorio de Investigación de Productos Naturales (Lipronat) de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la USAC con la colaboración de Pronatt Guatemala.

El diseño del producto alimenticio y análisis sensorial se desarrolló en colaboración con nutricionistas.

6 Marco teórico

Ipomoea batatas (L.) Lamk

Sinónimos: *Batatas edulis* (Thunb.) Choisy, *Batatas edulis* (Thunberg ex Murray) Choisy; *Convolvulus batatas* L.; *Convolvulus chrysorrhizus* Soland. ex G. Forster, *Convolvulus candicans* Solander ex Sims; *Convolvulus edulis* Thunb., *Convolvulus edulis* Thunberg ex Murray, *Ipomoea batatas* var. *edulis* (Thunb.) Kuntze, *Ipomoea batatas* var. *edulis* (Thunberg ex Murray) Makino, *Ipomoea batatas* var. *lobata* Gagnepain & Curchet, *Ipomoea chrysorrhiza* (Soland. ex G. Forster) Peter, *Ipomoea edulis* (Thunberg ex Murray) Makino; *Ipomoea fastigiata* Sweet.

El camote es una planta perenne, que al cultivarse, es manejada como planta anual. Se propaga vegetativamente y la cosecha se realiza dependiendo del cultivar, pudiéndose presentar como precoz (90-120 días), intermedia (121-140 días) o tardías más de 140 días (Huamán, 1991). La planta es por lo general de hábito rastrero, con tallos que se extienden horizontalmente sobre el suelo, desarrollando un follaje exuberante

Las plantas provenientes de guías, desarrollan un abundante y vigoroso sistema radicular, que puede llegar hasta 1.20 m de longitud. El 80% del sistema radicular se encuentra en los primeros 46 cm, una planta puede desarrollar raíces tuberosas, fibrosas, cordoniforme y cabliforme, tanto en profundidad como en sentido lateral. La porción comestible es la raíz tuberosa, cuya cáscara y pulpa varían de color, pudiendo ser: blanca, crema, amarilla, naranja, roja-morada, morada o mixturada, con intensidades fuertes o débiles. Sin embargo, Paredes (2014), en el estudio de caracterización morfológica realizado a 368 accesiones de camote, observó que el color predominante de la piel de la raíz reservante es rosado (49%) y el color predominante de la pulpa es amarilla (28%), además indica que el 27% de las accesiones no presentan color secundario en la pulpa. La forma de la raíz varía en función del cultivar, las hay esféricas o redondas, obovada, ovada, oblonga, largo elíptica, largo oblonga, elíptica y largo irregular curvado (Macías, 2011), pudiendo ser lisas o con surcos o hendiduras longitudinales. La superficie o piel varía de suave y lisa a rugosa (Huamán, 1991). De acuerdo a Macías (2011), el 60% de las variedades estudiadas,

presentan la corteza gruesa (3-4 mm), el 27% intermedia (2-3 mm) y el 13% delgada (1-2 mm). Según Paredes (2014) el 82% de las accesiones estudiadas tiene escasa producción de látex y el 57% poseen poca oxidación (menor a 50%). La raíz reservante, posee pulpa azucarada, perfumada y rica en almidón, con elevado contenido de carotenoides, vitamina C y una proporción apreciable de proteínas. El peso de los tubérculos varía en función del tamaño, clasificadas en: grandes (> de 600 g), medianas (de 450 a 600 g) y pequeñas (menor a 450 g), (Truong et al., 2018).

Las hojas son numerosas, del tipo simple y alterna, se encuentran insertas de forma aislada en el tallo. Tiene una longitud de 4 a 20 cm, su forma varía dependiendo del cultivar, pudiendo ser: redondeada, reniforme, cordada, triangular, hastada, lobulada o casi dividida. El tipo de lóbulo se presenta como entero (sin lóbulos), muy superficiales, superficiales, moderados, profundos y muy profundos. En algunos cultivares los lóbulos llegan a ser tan profundos que la lámina tiene una forma digitada, con 3 o 9 divisiones. La coloración varía de verde pálido a verde oscuro, con pigmentaciones moradas. La longitud del peciolo varía de 4 a 20 cm, presenta color y pubescencia semejante al tallo (Huamán, 1991). Cuando la planta llega a su madurez de cosecha, el follaje se torna amarillento.

El camote es un cultivo de reproducción vegetativa, que tiene raíz reservante de alto valor nutritivo, con alto contenido de carbohidratos, proteínas, minerales y vitaminas; especialmente de betacarotenos (precursores de la vitamina A). También se puede consumir la parte tierna del follaje. El ICTA ha puesto a disposición de los productores dos variedades biofortificadas de camote, con buen potencial de rendimiento y alto contenido de betacarotenos.

Su importancia en el mundo puede compararse con la de arroz, trigo o maíz, ya que tiene escasas exigencias ambientales y puede dar buenos rendimientos, aún en terrenos de mediana calidad. Como es una planta tropical, no tolera las heladas, pero es sumamente rústica, resistente a las sequías y con gran capacidad de emitir raíces (Daryanto et al., 2016). Distintos centros de investigación trabajan para incrementar la producción, adaptar las variedades a determinadas regiones y conferirles resistencia a plagas y a enfermedades, al punto de que nuevos cultivares comerciales de batata dotados de esas características han ido desplazando a los tradicionales. En

Japón se han desarrollado clones con la pulpa enteramente morada, como la variedad llamada Ayamurasaki, mientras que en los Estados Unidos se prefieren los de pulpa anaranjada y textura húmeda, como Beauregard y recientemente Covington. Se consume asada o frita y a base de este tubérculo se elabora el shochu o soju en los Estados Unidos, bebida alcohólica tradicional del Japón, obtenida por destilación (Truong et al., 2018).

Obtención. Se cultiva como planta anual por propagación vegetativa usando raíces de almacenamiento o esquejes. El vástago es cilíndrico y la longitud depende del hábito de la variedad y la disponibilidad de agua en el suelo. El vástago se planta 2/3 partes y se extiende sobre el suelo (Mohanraj & Sivasankar, 2014). Puede cultivarse en muchos tipos de suelos y condiciones ambientales; crece rápido y demanda pocos recursos agrícolas. No tolera el frío y requiere de suelos neutrales o alcalinos para generar una buena raíz de almacenamiento (Escobar-Puentes et al., 2022). Se cosecha varias veces al año, lo que lo convierte en un cultivo muy conveniente y accesible; esto, aunado al interesante perfil nutricional y funcional, explica por qué ha trascendido como un cultivo principal en todos los continentes. En América Latina, Cuba, Brasil y Haití han sido grandes productores entre los años 1960 y 2010 (Alam, 2021; Escobar-Puentes et al., 2022). Algunos programas de mejoramiento genético han trabajado en la selección de germoplasmas y la evaluación de fenotipos con las mejores características agronómicas y alimenticias. Estos programas que buscan producir nuevas variedades de camote se enfrentan a un genoma difícil de manipular, ya que es un cultivo hexaploide (carga genética $6n$) con un gran número de cromosomas (90), y un alto grado de duplicación genómica. Algunas nuevas variedades producidas por ingeniería genética aumentan la biodisponibilidad de Fe y Zn e incrementan el perfil de carotenoides, antocianinas y almidón (Escobar-Puentes et al., 2022).

Usos populares. Las raíces de almacenamiento se emplean para consumo humano y se pueden comer hervidas, horneadas, fritas o machacadas, tanto en platillos dulces como en salados. En México, se consume como postre, helado, gelatina, flanes, atoles y otros. El platillo “dulce cristalizado” incluye la raíz hervida con azúcar para obtener una consistencia dura”. Las hojas también se pueden utilizar para consumo humano e incluso como alimento para animales. Según el color de la flor, se puede emplear como planta ornamental. En Pakistán, se utiliza para tratar la

infertilidad, alergias, artritis, problemas cardiovasculares, cáncer, VIH y envejecimiento. En las tribus Akan de Ghana, las hojas se utilizan para tratar DM2, y en Brasil, para tratar inflamación y enfermedades infecciosas orales. En regiones de Kagawa (Japón), el camote se come crudo para tratar la anemia, hipertensión y DM2. El grupo monpa de India usa la raíz para alimento y las hojas para alimento de pescados (Mohanraj & Sivasankar, 2014).

Indicaciones terapéuticas, posología y formas de uso. Se recomienda como una muy buena alternativa para la suplementación nutricional, por sus altos niveles en oligoelementos. Para usos terapéuticos, no hay reportes en la literatura que definan la cantidad a consumir para los efectos terapéuticos de interés.

Potencial de mercado. Este cultivo presenta un increíble potencial para la economía y la alimentación de la población rural de países en desarrollo, debido a su alto contenido nutricional y su interesante perfil agronómico (resiliente a enfermedades y condiciones de alta humedad) (Alam, 2021). Puede formar parte de sistemas diseñados acorde a las nuevas tendencias de la agricultura orgánica y genera menor costo al medio ambiente que otros cultivos, Es un cultivo de interés para tratar especialmente problemas nutricionales actuales, como la malnutrición crónica (Escobar-Puentes et al., 2022) y es producido en grandes cantidades en varios países asiáticos. En la industria alimenticia, reluce por su excelente perfil, alto contenido de materia seca, harina eficiente y contenido de almidón. Este almidón puede utilizarse para la producción de papel, textiles, farmacéuticos, entre otros. Los β -carotenos y las antocianinas pueden usarse como pigmentos para la industria alimenticia, otorgando los beneficios de las antocianinas al nuevo producto. Debido a la reciente conciencia de los riesgos a la salud derivados del consumo de gluten de trigo, se ha generado un nuevo nicho en el mercado para carbohidratos funcionales como el camote, lo que ha generado cultivares biofortificados de gran potencialidad, como los generados por el ICTA en Guatemala. La diversificación de ingredientes basados en camote por parte de las nuevas tecnologías de procesamiento de alimentos mejorarán la inclusión de camote en el mercado (Alam, 2021; Escobar-Puentes et al., 2022).

7 Estado del arte

Los principales compuestos presentes en las hojas son triterpenos, alcaloides, antraquinonas, cumarinas, flavonoides, saponinas, taninos y ácidos fenólicos. Se ha descrito la presencia de quercetina y ácido clorogénico, se ha establecido que la presencia de beta-carotenos los cuales le brindan propiedades antioxidantes reduciendo o inhibiendo la mutagénesis en células. Los terpenoides reducen el LDL lipoproteínas de baja densidad, pueden contribuir a proteger contra cierto tipo de cáncer (Mohanraj & Sivasankar, 2014).

Las antocianinas principalmente las peonidinas y cianidinas han demostrado actividad antioxidante y antiinflamatoria particularmente a nivel de tracto digestivo. Se ha evidenciado la capacidad de disminuir el riesgo a la salud por metales pesados y radicales de especies reactivas de oxígeno. Pueden emplearse como parte de la dieta con un efecto antihipertensivo y para prevenir aterosclerosis, el camote contiene nutrientes y minerales los cuales son considerados como alimento funcional (Shindo et al., 2007).

Diferentes compuestos fenólicos han sido reportados como ácido cafeoilquínico y derivados con potente actividad antioxidante aislados de la harina de la raíz. Se ha presentado actividad hepatoprotectora, antibacteriana, antihistamina, hipoglicémica. Los tallos contienen ácido feruloilquínico y pequeñas cantidades de ácido cafeoil-feruloilquínico, los cuales han demostrado prevención de proliferación de células cancerígenas principalmente de estómago, colon y leucemia (Silvia-Correa et al., 2022).

Las raíces contienen cumarinas como aesculetina, escopoletina y umbeliferona con propiedades anticoagulantes e inhibidoras de la replicación de HIV. La escopoletina presenta actividad hepatoprotectora, antioxidante, espasolítica e inhibidora de acetilcolinesterasa. Los triterpenos han demostrado actividad contra *S. aureus* comparado con ampicilina y amoxicilina y actividad antifúngica contra *Pseudallescheria boydii* (Osuntokun et al., 2020)

La composición presente en el camote otorga varios beneficios a la salud, tales como, aportes nutricionales, propiedades cardioprotectoras, hepatoprotectoras, anticancerígenas, anti envejecimiento, antidiabético, antiulcerogénico, es por ello que se promueve como un alimento

funcional en enfermedades crónicas degenerativas, para disminuir su incidencia y prevalencia (Wang et al, 2016). Los compuestos bioactivos juegan un papel importante en la promoción de la salud, al mejorar la función inmunológica, reducir el estrés oxidativo y el daño de los radicales libres, reduciendo el riesgo de enfermedades cardiovasculares y suprimiendo el crecimiento de células malignas para el ser humano (Johnson & Pace, 2010). Es importante mencionar que no solo la raíz del camote aporta beneficios nutricionales; las hojas de camote podrían constituir una fuente alternativa de verduras de hoja verde; de acuerdo con el índice de calidad nutricional, las hojas de camote son buenas fuentes de proteína, fibra y minerales, especialmente K, P, Ca, Mg, Fe, Mn y Cu (Taira et al, 2013), diferentes estudios han evidenciado actividad antioxidante en las hojas (Jang, & Koh, 2019). Se ha evidenciado el potencial en pacientes con enfermedad celiaca, el cual puede explorarse el desarrollo de productos libre de gluten. En la cosmética por la Vitamina C, antocianinas, compuestos fenólicos pueden ser utilizados para mejorar la salud de la piel, fotoprotector y colorante (Mohanraj & Sivasankar, 2014; Wirasuta et al., 2018)

Principal evidencia científica. Se ha demostrado potencial antibacteriano del extracto de raíz; el extracto acuoso es efectivo contra *S. epidermidis* y *S. aureus*; extractos etanólicos y metanólicos presentan actividad contra *P. multocida*; el liofilizado de hoja de tres cultivares inhibió el crecimiento de *B. cereus*, *E. coli* y *S. aureus*; sin embargo, el extracto de hoja no inhibe el crecimiento de bifidobacterias sanas para la microbiota humana (Alam, 2021). La actividad prebiótica para *B. animalis*, *L. acidophilus* y *L. casei* ha sido comprobada en las harinas (Escobar-Puentes et al., 2022). Las antocianinas inhiben el crecimiento de bacterias patógenas como *S. aureus* y *S. typhimurium* interrumpiendo su metabolismo; sin embargo, pueden inducir la proliferación de bacterias benéficas como *B. bifidum*, *B. adolescentis*, *B. infantis* y *L. acidophilus*, lo que sugiere que actúan regulando la microbiota intestinal (Sun et al., 2018). Las variedades púrpuras particularmente presentan alta actividad antioxidante, más aún que las variedades de camote blanco o naranja. Los ácidos clorogénico e isoclorogénico son las moléculas más efectivas frente al radical DPPH y contribuyen a la actividad antioxidante. Algunos métodos de cocción incrementan el contenido de ácido clorogénico en camote púrpura, tal como la cocción en microondas y el horneado; sin embargo, la cocción a vapor es el método que más incrementa el contenido de fenoles totales y de ácido clorogénico y por tanto, la actividad antioxidante (Franková

et al., 2022). Cinco antocianinas con esqueleto de peonidina fueron aisladas y se comprobó su alta actividad antioxidante (Li et al., 2019).

Por análisis de química computacional, se identificó que el δ -selineno y el α -cariofileno de hojas pueden ser candidatos para el desarrollo de fármacos efectivo contra el virus del dengue (Kharisma et al., 2021). Tanto el extracto hexánico como de acetonitrilo presentan porcentajes significativos de inhibición de canales iónicos dependientes de voltaje de Na y K (7.8-21.6%), por lo que tienen potencial para ser utilizados como agentes analgésicos (Ameamsri et al., 2021). Se ha adjudicado propiedad anticáncer por su habilidad de inhibir la proliferación de células neoplásicas y la inducción de apoptosis. Extractos metanólicos de hojas inhibieron la proliferación en líneas celulares de cáncer de próstata. Algunas antocianinas han demostrado efecto inhibitorio en el desarrollo de células cancerosas (Alam, 2021). La función antioxidante de los metabolitos de hoja suprimió la oxidación de LDL in vitro (Alam, 2021). Se evidenció la actividad antiulcerogénica en modelo de conejos a los cuales se les indujo úlceras con aspirina y en modelo con ratones se redujo significativamente la úlcera (Pasha, 2022; Mohanraj & Sivasankar, 2014; Bae, 2021)). La aplicación de un ungüento basado en harina de camote (2.5%), reparó heridas cutáneas y aumentó el número de células sometidas a metafase y reepitelización tisular; demostrando que la harina del camote es una alternativa natural en la cicatrización de heridas (Hermes, 2013).

Algunos metabolitos presentes en raíz y hojas han demostrado actividad antidiabética. Estos compuestos muestran distintos mecanismos de acción, tal como la acción sobre células β del páncreas para inducir la producción de insulina, la modulación de parámetros bioquímicos en sangre, la inhibición de enzimas o la alteración del metabolismo de la glucosa. Las raíces reducen los niveles sanguíneos de glucosa y la resistencia a insulina y modulan genes asociados a DM2, tal como el GLUT 4, el factor respiratorio nuclear 1, la carnitina palmitoiltransferasa, entre otros. También la actividad de la α -amilasa y α -glucosidasa, enzimas que producen monosacáridos al degradar almidón y oligosacáridos (Alam, 2021; Cui, 2019). Los efectos antidiabéticos se deben a las antocianinas aciladas, tal como la cafeoilsoforosa que actúa como inhibidor de la α -glucosidasa (Akhtar et al., 2018). Estos metabolitos aumentan los niveles de insulina en sangre e incrementan la tolerancia a la glucosa. El extracto acuoso provocó el descenso de creatinina sérica y actividad

de LDH; la suplementación de hojas en un 10% en ratas con dietas altas en grasa redujo los niveles de triglicéridos, colesterol total y LDL, así como la actividad ALAT y la concentración de creatinina (Mbouche Fanmoe et al., 2021). Tabletas de camote púrpura redujeron los niveles de colesterol total, triglicéridos y LDL, y aumentaron HDL en sangre. La reducción del colesterol puede estar asociada a la alta fibra dietética presente en las hojas. La evidencia demuestra un efecto cardioprotector tanto en raíz como en hojas (Mbouche Fanmoe et al., 2021).

Las antocianinas exhiben efectos protectores del riñón al inhibir la expresión de genes inductores de inflamación (Khairani et al., 2022). La ingesta de antocianinas doble aciladas extraídas de camote púrpura en ratones redujo los niveles de ácido úrico en suero en un 74%, a través de la inhibición de XO, enzima clave en la ruta de biosíntesis de ácido úrico (Yang et al., 2020). La combinación de alopurinol con extracto de antocianinas aciladas redujo los niveles de ácido úrico en suero y atenuó el daño renal. La respuesta inflamatoria se mitigó y la enzima XO se vio inhibida, por lo que se acumuló menor cantidad de ácido úrico (Zhang et al., 2017, 2019). Los compuestos fenólicos con actividad antioxidante podrían jugar un rol esencial en el efecto protector de gónadas. La ingesta puede ser una opción para el tratamiento de problemas de infertilidad. Presenta un efecto afrodisíaco que aumenta la estimulación sexual, la producción de esperma y de hormonas gonadales. Los extractos mejoraron la excitación sexual, calidad de semen, niveles de hormonas como testosterona, FSH, LH, y estradiol y atenúan los efectos citotóxicos del BAP en ratones (Majid et al., 2019). Se aisló un glucano PSPP-1 del tubérculo, el cual mostró a dosis dependiente efectos inhibitorios contra células de cáncer de hígado HepG2, colon LOVO y mama MCF-7 (Ji et al., 2021). El aceite obtenido como subproducto de una bebida fermentada de camote promovió el crecimiento del cabello in vitro e in vivo principalmente por los constituyentes etil palmitato e il linoleato y etil α -linolenato (Sho et al., 2021). Se evaluó el efecto de las harinas de cuatro variedades determinando que provocaron alteraciones beneficiosas en la composición de la microbiota, además de impulsar la actividad metabólica de la microbiota colónica humana in vitro, haciéndolas candidatas útiles como prebiótico en la formulación de alimentos funcionales o suplementos dietéticos de valor agregado (de Albuquerque et al., 2021). Se aisló una glicoproteína SPG-8700 y pectina los cuales demostraron un potencial en cáncer colonorrectal (Tian et al., 2019). El triterpeno ácido nummulárico mostró actividad anticancerígena in vitro, in vivo e in

silico induciendo apoptosis y muerte celular en cáncer de próstata, se redujo la inflamación y tamaño de próstata comparado con el control (Majid, 2022).

8 Objetivos (generales y específicos aprobados en la propuesta)

Objetivo General

Caracterizar las composición química, nutricional y actividad antioxidante de hojas, peciolo, raíces con y sin cáscara de dos variedades mejoradas de camote para el desarrollo de nuevos productos y aprovechamiento integral.

Objetivos específicos

Determinar la composición química y nutricional de hojas, raíces con cáscara y sin cáscara de dos variedades mejoradas de camote.

Evaluar la actividad antioxidante de extractos de hojas, raíces con y sin cáscara de dos variedades mejoradas de camote.

Diseñar una formulación a base de extractos de hojas de camote para su aplicación cosmética como bloqueador solar o aclarador de la piel.

Desarrollar un producto a base de la harina de raíz de camote con aplicación funcional en la nutrición humana.

9 Hipótesis (si aplica) Por tratarse de una investigación descriptiva no aplica

10 Materiales y métodos

10.1 Enfoque de la investigación

El enfoque de la investigación es cuantitativo ya que se realizó la revisión de la composición nutricional, se determinó la composición fitoquímica, actividad antioxidante, el factor de protección solar, los parámetros fisicoquímicos y de estabilidad en las formulaciones a base de extractos.

El tipo de investigación es descriptiva, explicativa y aplicada enfocada en el desarrollo de productos.

10.2 Método

El enfoque de la investigación es cuantitativo, experimental ya que se realizó la determinación de composición nutricional, fitoquímica, la actividad antioxidante, el factor de protección solar, los parámetros fisicoquímicos, y de estabilidad en las formulaciones a base de extractos.

El tipo de investigación es descriptiva, explicativa y aplicada enfocada en el desarrollo de productos para un aprovechamiento integral de un producto nativo mejorado.

Recolección de información:

Universo: Raíz y hojas de camote provenientes de Guatemala

Muestra: Raíz y hojas de dos variedades biofortificadas provenientes de plantaciones de ICTA localizadas en el municipio San José La Máquina del departamento de Suchitepéquez y municipio de Purulhá del departamento de Baja Verapaz.

Técnicas e instrumentos:

10.2.1 Obtención del material: Se colectó el material vegetal en el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA) y Eurotropic se secó el material en un horno de convección de aire forzada a 40 °C hasta obtener una humedad < 10 %, posteriormente se realizó la molienda y tamizado para obtención de la harina.

10.2.2 Análisis químico proximal: Se realizó una revisión de literatura incluyendo bases de datos, artículos y libros de referencias para construir las tablas nutricionales.

10.2.3 Análisis de macro y microelementos: Se realizó el análisis de digestión de la muestra en horno de microondas y detección y cuantificación de minerales por ICP-MS en el Laboratorio Analab.

10.2.4 Obtención del extracto: A partir de 200 g de material de cada órgano y subproducto de dos variedades de camote se realizó un extracto por percolación empleando etanol y se

concentró en rotaevaporador. Posteriormente se secó en desecadora hasta obtener un extracto seco.

10.2.5 Cuantificación de fenoles totales: Se preparó una curva patrón con 4 mL de ácido gálico disuelto en agua (1:10) en concentraciones de 0.625-6.25 mg/mL. Se prepararon dos tubos de muestra del extracto, se realizó la lectura en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 765 nm. La cantidad de fenoles totales se expresa como μg equivalentes de ácido gálico por mg de extracto, todas las muestras se realizan por quintuplicado para obtener el promedio, desviación estándar y los intervalos de confianza (Monente, Ludwig, Irigoyen, de Peña, & Cid, 2015).

10.2.6 Cuantificación de antocianinas totales: Se determinó utilizando el método de diferencial de pH, a partir de 10 mg/mL de extracto etanólico al 40% y 0.1 M HCl se tomaron dos alícuotas, una se diluyó con buffer pH 1 y la otra con buffer pH 4.5, la absorbancia de cada solución es medida después de 15 min utilizando un espectrofotómetro UV/VIS a una longitud de onda de 525 nm y 700 nm versus el blanco el cual tiene únicamente agua destilada, se calculó la absorbancia y el total de antocianinas se expresa en mg de cianidin-3- glucosido/100 g.

10.2.7 Evaluación de la actividad antioxidante: Método por CCF para evaluar la actividad atrapadora de radicales por difenilpicrilhidracilo (DPPH): Se aplicó 10 μL de muestra y 5 μL del estándar antioxidante terc-butil-hidroquinona (TBHQ) en una placa cromatográfica de silica gel 60F₂₅₄. Se colocó la placa en una cámara de vidrio saturada previamente con acetato de etilo:ácido acético:ácido fórmico:agua (100:11:11:26). Se secó y asperjó con DPPH (1 mg/mL en metanol). Resultados: Si los extractos presentan actividad antioxidante se observa la decoloración del DPPH en las bandas respectivas. Cada cromatografía se realizó por quintuplicado.

10.2.7.1 Método colorimétrico por DPPH: A partir de 20 mg de extracto en 1 ml de metanol, se prepararon cinco diluciones de concentración de 4-20 mg/mL. Posteriormente se preparó una serie de cuatro tubos de reacción por ensayo. Se realizó la lectura de la absorbancia en un espectrofotómetro (517 nm) contra el blanco respectivo. Se calculó el porcentaje de disminución

de la absorbancia causado por el extracto respecto al control. La actividad antioxidante se expresa en términos de la concentración de inhibición al 50 % (CI_{50}), que es la concentración del extracto requerida para disminuir un 50 % la absorbancia de DPPH se expresa como mg/mL. Se realizó el ensayo por quintuplicado para cada una de las muestras, obteniendo los intervalos de confianza. (Vasco, Ruales & Kamal-Eldin, 2008).

10.2.8 Evaluación de factor de protección solar

Se realizó un barrido para determinar la longitud de onda máxima de los extractos utilizando un espectrofotómetro Agilent 8453. Se determinó el espectro de absorción UV, realizando un barrido entre las longitudes de onda de 250 a 400 nm, para el octil-metoxicinamato (OMC, Parsol), a una concentración de 5 ppm en disolvente etanólico. Se prepararon mezclas de OMC con extracto. El factor de protección solar de los extractos elaborados, calculó según la fórmula y constantes teóricas proporcionadas por la Asociación Europea de Cosmética; en el cual se describe el método validado para la determinación del factor de protección solar de productos elaborados para este fin.

$$SPF_{in\ vitro} = \frac{\int_{\lambda=290nm}^{\lambda=400nm} E(\lambda) * I(\lambda) * d\lambda}{\int_{\lambda=290nm}^{\lambda=400nm} E(\lambda) * I(\lambda) * 10^{-A_0(\lambda)} * d\lambda}$$

En donde:

E: *Erythema action spectrum* o acción eritematosa según el espectro. Dato proporcionado por el apéndice I del documento antes mencionado.

I: *Spectral Irradiance of the UV source* o Radiación espectral de la lámpara UV. Dato proporcionado por el apéndice II del documento.

$A_0\lambda$: *Monochromatic absorbance measurements per plate of the test product before UV exposure* o medida de la absorbancia monocromática por plato de la muestra que no ha sido expuesta a radiación UV. Datos que varían de una muestra a otra.

$d\lambda$: *Wavelength step* (1nm) o medida de la longitud de onda a un nanómetro.

10.2.9 Elaboración del producto fitocosmético:

Se revisaron diferentes bases de datos para la propuesta de producto, en función de su composición química, actividad antioxidante y protección solar, se seleccionaron las formulaciones más promisorias empleando criterios de factibilidad y estabilidad. Se realizaron formulaciones tales como un gel (carbopol y trietanolamina) y una crema de base compuesta por una fase oleosa: monoesterato de glicérido (autoemulsificante), alcohol cetílico, vaselina. Una fase acuosa: metil parabeno, propielenglicol y trietanolamina para ajustar el pH 7 ± 0.5 . Se realizarán pruebas de formulación con el extracto.

Se evaluaron sus propiedades organolépticas, fisicoquímicas y se seleccionó la formulación que presente las mejores características.

Del producto seleccionado se evaluó su factor de protección solar comparado contra un filtro solar comercial y se comparó para determinar el potencial del extracto.

10.2.10 Diseño de un producto alimenticio: Se seleccionó la harina de camote como principal producto y se desarrollaron diez recetas a partir de la misma determinaron proporción de ingredientes, el orden de la mezcla de ingredientes, combinación con otras semillas (chía) y harinas (amaranto), se realizarán pruebas organolépticas.

10.3 Recolección de información

Universo: La selección de la especie se basó en los estudios previos que se han realizado en Guatemala, las cuales se ha avanzado en estudios agronómicos de mejoramiento y fortificación de variedades de camote y establecimiento de cultivos, se tiene contacto con los productores interesados en dichas especies por lo que se consideró como criterio de inclusión el contar con la disponibilidad de material, así como alguna información que permita el avance en las siguientes etapas de desarrollo.

La muestra: Se tomó a conveniencia ya que se utilizó material cultivado por la disponibilidad y tiempo con el que se cuenta en el proyecto.

Se realizaron todas las pruebas por quintuplicado para cada muestra del extracto para obtener promedios, desviación estándar e intervalo de confianza.

Para la cuantificación de fenoles totales, se realizó la determinación en el extracto etanólico de cada muestra, realizando por quintuplicado el ensayo para realizar el promedio del cálculo obtenido en cada medición para expresar el resultado como μg equivalentes de ácido gálico/mg de extracto.

Para la determinación de antocianinas se realizaron cinco repeticiones del ensayo para cada extracto.

Para la actividad antioxidante DPPH, se determinó la concentración inhibitoria media (CI_{50}) expresado en mg/mL para cada g de extracto que inhibe el 50% del radical libre. Se utilizaron cinco diluciones del extracto y se realizó cada ensayo por quintuplicado.

Para la formulación se realizaron cinco propuestas de formulaciones se evaluaron las propiedades organolépticas, fisicoquímicas.

10.4 Técnicas e instrumentos

Técnica: Se realizó el análisis y experimentación de acuerdo con criterios y especificaciones establecidas en los métodos para la actividad antioxidante, marcadores fitoquímicos y diseño de productos.

Instrumento: La información se recolectó de acuerdo a los procedimientos y técnicas establecidos en los métodos, para la extracción se emplearon equipos tales como percolador, rotaevaporador, para la actividad antioxidante se utilizaron equipos como espectrofotómetro y lector de placas, para la caracterización química, se utilizaron disolventes, reactivos específicos para cada prueba y equipo espectrofotómetro para las mediciones cuantitativas. Para la formulación se utilizaron materias primas para cremas y geles, mezclador, agitador, viscosímetro, cámara de estabilidad.

10.5 Procesamiento y análisis de la información

Los datos obtenidos se muestran en tablas y gráficas, se tabularon los datos de cinco repeticiones en cada uno de los ensayos para la caracterización fisicoquímica, composición nutricional y actividad antioxidante y se calculó la media aritmética, desviación estándar e intervalos de confianza según el caso por el programa Excel de Office. Para el cálculo de la concentración inhibitoria media (CI₅₀) determinada para la actividad antioxidante se realizó mediante regresión lineal y coeficiente de determinación empleando cinco diluciones de la muestra, un blanco y un estándar. Se realizó un análisis de varianza a un nivel de 0.5 y un intervalo de confianza del 95% en las pruebas que la variable de respuesta sea numérica. Se realizó un análisis de correlación para establecer la relación entre las variables de estudio.

11 Resultados y discusión

11.1 Resultados:

Se realizó la obtención de camote en fincas del ICTA en colaboración con Eurotropic, el material se secó, se tamizó y se obtuvo una harina como principal producto para el desarrollo del estudio.

En el cuadro 1 se presentan los resultados de la humedad inicial de las muestras y el porcentaje de la humedad después del secado, las cuales se obtuvieron porcentajes debajo del 10% lo cual garantiza la preservación de las muestras.

Cuadro 1.

Muestra de camote y porcentaje de humedad

Muestra	Variedad	Porcentaje de Humedad Inicial	Porcentaje de Humedad Final
Harina de camote con cáscara	Dorado	10.55%	5.99%
Harina de camote sin cáscara	Dorado	8.95%	8.95%
Harina de camote con cáscara	Pacífico	8.81%	8.81%
Harina de camote sin cáscara	Pacífico	8.11%	8.11%
Harina de camote con cáscara	Purulhá	14.42%	5.83%

Se realizó la prueba de mejor solvente para determinar la concentración de etanol que iba a proporcionar la mayor extracción de sólidos totales, se puede observar que la concentración de etanol que extrajo la mayor cantidad de sólidos totales fue al 50%, evidenciando que la muestra presenta una cantidad importante de metabolitos de características polares.

Cuadro 2.

Determinación de sólidos totales en muestras de harina con solvente a diferente concentración

Porcentaje de etanol	HCCD*	HSCD	HCCPa	HSCPu	HCCPu
30%	2.02%	1.57%	1.45%	2.85%	3.19%
50%	1.93%	1.73%	1.37%	3.20%	3.29%
70%	2.14%	1.13%	1.14%	3.30%	2.29%
90%	1.39%	0.65%	0.70%	2.36%	1.47%

* HCCD = Harina con cáscara dorado, HSCD = Harina sin cáscara dorado, HCCPa = Harina con cáscara pacífico, HSCPu = Harina sin cáscara pacífico,

HCCPu = Harina con cáscara Purulha

En el cuadro 3 se muestra el porcentaje de rendimiento de extracto en el cual se observan rendimientos mayores 37 %, siendo la muestra de harina de camote con cáscara Pacífico, la que presentó mayor rendimiento.

Cuadro 3.

Determinación de rendimiento de extracto

Extracto	Porcentaje de Rendimiento (%)
Etanólico al 70% de harina de camote con cáscara dorado	40.38
Etanólico al 50% de harina de camote sin cáscara dorado	40.7%
Etanólico al 50% de harina de camote con cáscara pacífico	40.8%
Etanólico al 70% de harina de camote sin cáscara pacífico	42.3%
Etanólico al 50% de harina de camote con cáscara Purulhá	36.6%

En el cuadro 4 se muestra los resultados de sólidos totales en muestras de hoja y tallo evidenciándose que alcoholes a concentraciones de 50% se obtiene la mayor cantidad de sólidos.

Cuadro 4

Determinación de sólidos totales en muestras de hoja y tallo de camote con solvente a diferentes concentraciones

Porcentaje de etanol	HCD*	HCPa	TCD	TCPa
30%	1.48%	1.13%	0.74%	1.21%
50%	1.32%	1.13%	0.93%	0.93%
70%	0.46%	0.84%	0.77%	0.78%
90%	0.69%	0.42%	0.24%	0.51%

¹ HCD = Hoja de camote dorado, HCPa = Hoja de camote pacífico, TCD = Tallo de camote dorado, TCPa = Tallo de camote pacífico

Se realizó la cuantificación de antocianinas totales en harina de camote, como se puede observar la muestra de Purulhá es la que presenta una mayor cantidad de antocianinas, seguida de la muestra sin cáscara de Dorado y con cáscara de Pacífico.

Cuadro 5.

Cuantificación de antocianinas totales de muestras de harina

Muestra	Antocianinas totales (mg/g)	Antocianinas totales (µg/g)
HCCD*	0.115(0.01)	115
HSCD	0.343(0.01)	343
HCCPa	0.348(0.03)	348
HCSPa	0.088(0.01)	88
HCCPu	0.601(0.04)	601

¹ HCCD = Harina con cáscara dorado, HSCD = Harina sin cáscara dorado, HCCPa = Harina con cáscara pacífico, HCSPa = Harina sin cáscara pacífico, HCCPu = Harina con cáscara Purulhá

Se trabajó la actividad antioxidante de los extractos etanólicos de camote, como se observa en la cuadro 6, obteniendo un efecto inhibitorio de 10.52mg/mL para inhibir el 50% del radical de DPPH. Además, se observa la correlación de resultados debido a que los extractos que mejores valores de CI50 para inhibir al DPPH presentan los valores más elevados de fenoles totales, evidenciando una mayor cantidad de compuestos fenólicos que pueden ser responsables de la acción antioxidante que se observa en los extractos.

Cuadro 6.**Determinación de Actividad Antioxidante**

Código Muestra	Extracto Etanólico	
	DPPH IC ₅₀ (mg/mL)	Fenoles totales Ácido gálico (mg/g extracto)
CCD*	10.52(0.38)	11.4(0.21)
SCD	18.85(0.75)	2.71(0.27)
CCPa	16.73(0.39)	4.08(0.07)
CSPa	20.19(0.37)	4.13(0.52)
CCPu	12.28(0.27)	6.44(0.72)

*CCD = Cáscara dorado, SCD = Sin cáscara dorado, CCPa = Con cáscara pacífico, SCPa = Sin cáscara pacífico, CCPu = Con cáscara Purulhá

En el cuadro 7 se muestran los resultados de la actividad fotoprotectora de los cinco extractos etanólicos de harina de camote en diferentes localidades, se puede observar que la muestra de cáscara con dorado y el de cáscara de Purulhá presenta los valores más elevados de protección en la concentración de 2.0 mg/mL, este dato es comparable con el estándar Escalol 557, pero inferior a lo que presenta el dióxido de titanio rutilo y benzofenona. Estos extractos se pueden pensar en formulaciones en conjunto con estándares para manejar menores proporciones de las sustancias químicas en formulaciones.

Cuadro 7.

Determinación de actividad fotoprotectora *in vitro* en extractos etanólicos de harina de camote y de estándares

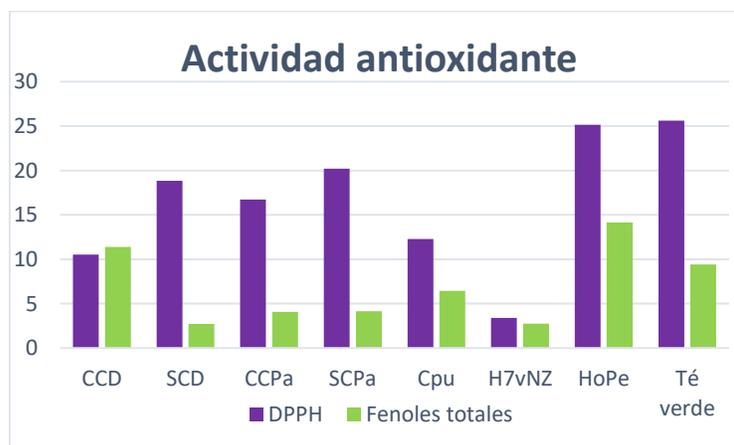
Nombre de la muestra	2.0 mg/mL	1.0 mg/mL	0.8 mg/mL
HCCD*	16.89	11.05	8.34
HSCD	5.46	2.79	2.06
HCCPa	5.64	2.84	2.42
HCSPa	7.02	3.27	2.75
HCCPu	14.00	6.95	6.59
Escalol 557			-----
Etilhexilmetoxicinamato	14.43	-----	
Dióxido de titanio rutilo	59.76	-----	-----
Benzofenona	37.63	-----	-----

*HCCD = Harina con cáscara dorado, HSCD = Harina sin cáscara dorado, HCCPa = Harina con cáscara pacífico, HCSPa = Harina sin cáscara pacífico, HCCPu = Harina con cáscara Purulhá

Actividad antioxidante

En el siguiente gráfico se muestran los resultados de la actividad antioxidante por DPPH y fenoles totales de variedades de camote de diferentes procedencias, hojas de camote y té verde el cual muestra la potencialidad del camote como antioxidante sobre todo el camote con cáscara variedad dorado.

Gráfico 1. Comparación de actividad antioxidante de diferentes variedades de camote



CCD = Cáscara dorado, SCD = Sin cáscara dorado, CCPa = Con cáscara pacífico, SCPa = Sin cáscara pacífico, CCPu = Con cáscara Purulhá, H7v= Harina de camote de 7 variedades de Nueva Zelanda, HoPe= Hojas de camote de Perú

Propuesta de formulación de bloqueador solar

Se revisaron diferentes bases de datos *Science direct*, *Google scholar*, *Formulation Product Finder*, *Sunscreen Optimizer* para realizar propuestas y en base a los resultados obtenidos con extracto de camote se proponen las siguientes formulaciones, con un factor de protección solar esperado de 30, las propuestas que presentaron mejores características se realizaron las pruebas para el desarrollo de formulación y se evaluaron sus características organolépticas y fisicoquímicas. En todas las formulaciones se utilizó un 10% de tintura de camote para obtener la funcionalidad deseada en los productos.

Cuadro 8.

Propuesta de formulación 1

Ingrediente Nombre INCI	%
Etilhexil metoxicinamato	5
Butilmetoxidibenzoilmetano	3
Oxido de Zinc	25
Extracto etanólico de camote	10
Alcohol cetearílico	3
Glicerina	4
Ácido esteárico	7
Goma xantán	0.2
DMDM hidantoína	0.1
Agua csp	100

Cuadro 9.

Propuesta de formulación 2

Ingrediente Nombre INCI	%
Etilhexil metoxicinamato	5
Oxido de Titanio	25
Extracto etanólico de camote	10
Alcohol cetearílico	3
Glicerina	4
Ácido esteárico	7
Goma xantán	0.2
DMDM hidantoína	0.1
Agua csp	100

Cuadro 10.

Propuesta de formulación 3

Ingredientes	Función	% en Formula
Ácido esteárico	Agente espesante y emulsionante	3
Glicerina	Hidratante	2
trietanolamina	Corrector de pH	0.5
Propilenglicol	Humectante	2
Polisorbato 80	Agente espesante y emulsionante	6
Tintura de camote 1:5 al 50%	Antioxidante y bloqueador	10
Óxido de zinc	Filtro físico	10
Monoestearato de glicerilo	Emulsionante	0.5
Alcohol cetílico	Emulsionante	3
vitamina E	antioxidante	0.5
Fragancia de avena	fragancia	0.2
Propilparaben	Preservante	0.02
Metilparaben	Preservante	0.18
Agua c.s.p	Vehículo	100

Imagen 1. Valor de HLB de la formulación 3

Step 1: Enter Your Water Based Ingredients

water	62.1	%
propylene glycol	2	%
glycerin	2	%
+ Add Ingredient - Remove Ingredient		
Total 66.1%		

Calculator Summary

Steps 1-3 Total: 94 %

Steps 4 Total: 6 %

Recipe Total: 100 %
(must be 100%)

Start Over

Step 2: Enter Your Oil Based Ingredients

	HLB	wHLB
Dimethicone (HLB 5)	0.5	0.36
Stearic Acid (HLB 15)	3	6.43
Cetyl Alcohol (HLB 15.5)	3	6.64
Vitamin E Oil (HLB 6)	0.5	0.43
+ Add Ingredient - Remove		
Total 7%		

Formulation Summary

Target Weighted HLB: 13.86

Actual Weighted HLB: 14.90

This recipe is balanced

More About Balance?

Cuadro 11.

Características de formulación 3

Característica	Descripción	
Estado	Semisólido blando	
Color	Blanco	
Olor	Dulce	
Esparcimiento	Bueno	
Sensación	Ligeramente grasosa	
pH	6	

Cuadro 12.

Propuesta de formulación 4

Ingredientes	Función	Porcentaje
Manteca de karité	Hidratante	1
Glicerina	Hidratante	3.5
Trietanolamina	Corrector de pH	0.5
Propilenglicol	Humectante	2.5
Polisorbato 80	Agente espesante y emulsionante	7
Tintura de camote 1:5 al 50%	Antioxidante y bloqueador	10
Óxido de zinc	Filtro físico	10
Alcohol cetílico	Emulsionante	6
vitamina E	antioxidante	0.5
Fragancia de avena	fragancia	0.2
Propilparaben	Preservante	0.02
Metilparaben	Preservante	0.18
Agua c.s.p	Vehículo	100

Imagen 2. Valor de HLB de formulación 4

Formulation Summary

Target Weighted HLB: **13.87**

Actual Weighted HLB: **14.90**

This recipe is balanced

[More About Balance?](#)



Cuadro 13.

Características de Formulación 4

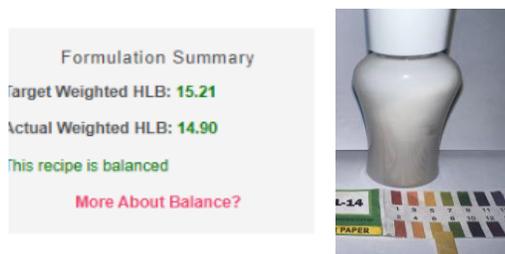
Característica	Descripción	
Estado	Semisólido blando	
Color	Blanco hueso	
Olor	Dulce	
Esparcimiento	Regular	
Sensación	Ligeramente pegajosa	
pH	6	

Cuadro 14.

Propuesta de formulación 5

Ingredientes	Función	Porcentaje
Ácido esteárico	Agente espesante	4
Carbopol 934	Emulsionante, espesante	0.2
Óxido de zinc	Filtro físico	10
Alcohol cetílico	Emoliente y espesante	3
Glicerina	Humectante	4
Tintura de camote 1:5 al 50%	Antioxidante y bloqueador solar	10%
vitamina E	Antioxidante	0.5
Fragancia de avena	Fragancia	0.2
Propilparaben	Preservante	0.02
Metilparaben	Preservante	0.18
Trietanolamina	Corrector de pH	0.5
polisorbato 80	Emulsionante	4
Agua c.s.p	Vehículo	100

Imagen 3. Cálculo de HLB de formulación 5



Cuadro 15. Características de formulación 5

Característica	Descripción
Estado	Semisólido blando
Color	Blanco hueso
Olor	Dulce
Esparcimiento	Difícil
Sensación	Regular
pH	6



Imagen 4. Diseño de etiquetado y empaque para producto cosmético natural



Revisión de literatura del análisis nutricional de harina de camote

Se muestra la composición nutricional de siete variedades de camote reportadas en la literatura* en la cual se evidencia altos valores de proteínas, almidón y fibra, según se muestra en la Tabla 1 y 2.

Tabla 1.

Revisión de análisis nutricional

Composición	Promedio (g/Kg)
Humedad	73.5
Cenizas	29.2
Almidón	623
Proteína	44.1
Lípidos	6.0
Fibra dietaria insoluble	41.1
Fibra dietaria soluble	20.2
Fibra dietaria total	61.3

*Cui, R., & Zhu, F. (2019). Physicochemical properties and bioactive compounds of different varieties of sweetpotato flour treated with high hydrostatic pressure. *Food chemistry*, 299, 125129.

Tabla 2.

Revisión de Composición nutricional de diferentes variedades de camote

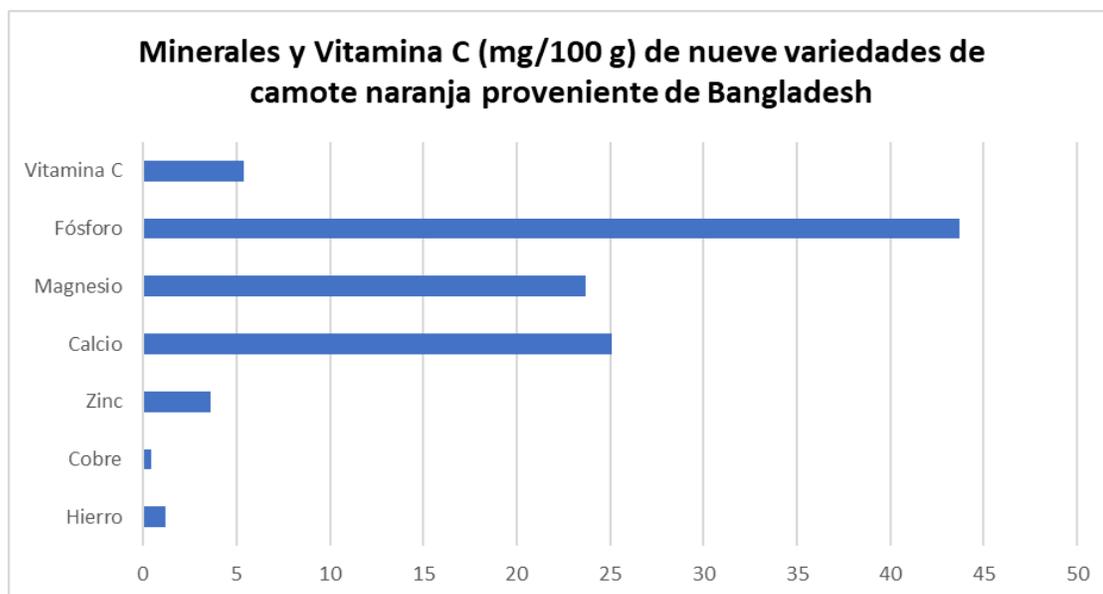
Componente	Blanco	Amarillo	Naranja	Morado
Carbohidratos totales	85.3–87.3	81.3–85.7	83.1–87.0	84.5–85.0
Almidón digerible	54.6-64.1	51.2–61.1	42.3–60.0	53.4–54.8
Sucrosa	5.0-12.9	7.7–11.6	4.7–16.5	5.8–8.1
Proteína	4.1-5.8	5.1–5.9	4.3-6.2	5.4-5.8
Almidón resistente	2.5-3.7	1.6–4.3	0.6–3.8	1.8–2.7
Cenizas	2.3-3.4	2.6–2.8	3.3–4.5	1.5–2.9
Fibra cruda	1.6-2.6	1.3–1.4	1.9–3.3	1.1–1.5
Fructosa	0.5-4.5	0.8–4.3	0.9–6.6	1.9–2.4
Glucosa	0.6-4.8	0.9–1.3	1.0–6.5	1.8–2.3
Grasa	1.3-1.7	1.8–2.1	1.3–2.2	1.3–1.8

Contenido g/100 g sobre base seca

Fuente: Escobar-Puentes, A. A., Palomo, I., Rodríguez, L., Fuentes, E., Villegas-Ochoa, M. A., González-Aguilar, G. A., Olivas-Aguirre, F.J., & Wall-Medrano, A. (2022). Sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) phenotypes: From agroindustry to health effects. *Foods*, 11(7), 1058.

Se realizó una revisión del contenido mineral y vitamina C presente en camote y se seleccionaron diferentes artículos, de los cuales se construyó un gráfico que evidencia la potencialidad de camote por la presencia de Calcio, Zinc, vitamina C y fósforo.

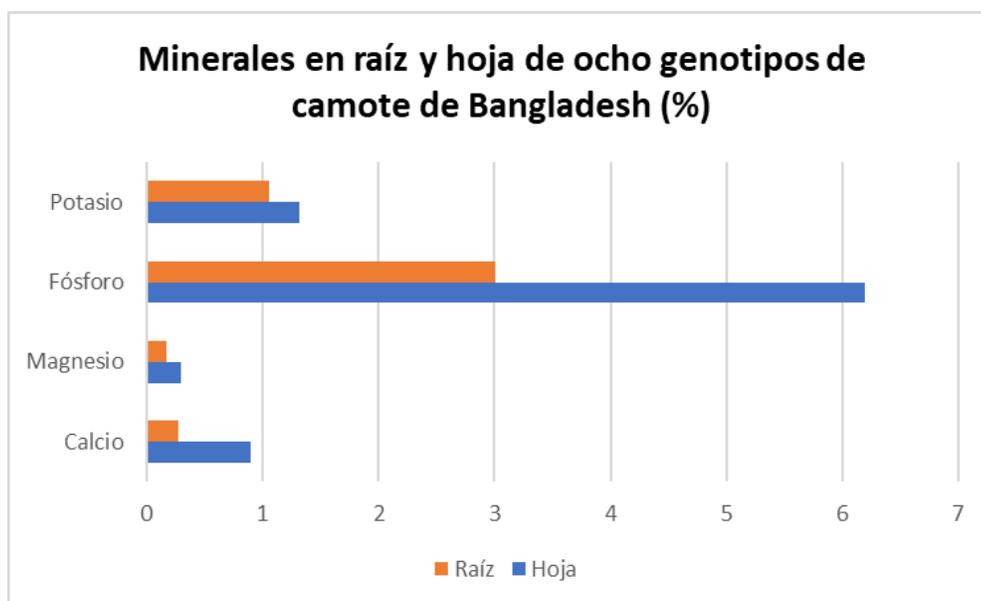
Gráfico 2. Revisión de Minerales y Vitamina C descritos en nueve variedades de camote



Alam, M. K., Sams, S., Rana, Z. H., Akhtaruzzaman, M., & Islam, S. N. (2020). Minerals, vitamin C, and effect of thermal processing on carotenoids composition in nine varieties orange-fleshed sweet potato (*Ipomoea batatas* L.). *Journal of Food Composition and Analysis*, 92, 103582.

El siguiente gráfico se construyó en base a los resultados presentados en un estudio realizado en hojas y raíces de ocho genotipos de camote, el cual muestra una cantidad importante de potasio y fósforo en hoja de camote lo cual muestra su potencialidad en nutrición.

Gráfico 3. Revisión de Minerales en raíz y hoja de ocho genotipos de camote



Hossain, M. M., Rahim, M. A., Moutosi, H. N., & Das, L. (2022). Evaluation of the growth, storage root yield, proximate composition, and mineral content of colored sweet potato genotypes. *Journal of Agriculture and Food Research*, 8, 100289.

Composición química

En la siguiente tabla se muestran los diferentes tipos de compuestos descritos en camote y su función biológica lo cual demuestra su potencial medicinal y nutricional. Sobresale la presencia de compuestos fenólicos, flavonoides y antocianinas. Se relaciona su actividad antioxidante con la presencia de flavonoides, actividad antiinflamatoria con la presencia de ácidos fenólicos, cardioprotector, salud ocular y colorante con la presencia de antocianinas.

Tabla 3.

Grupo de compuestos y función biológica descrita

Grupo de Compuestos fenólicos	de Compuestos descritos	Función
Flavonoides	Isoquercetina, isoramnetina, hiperósido, catequina, epicatequina, rutina, luteolina	Capacidad antioxidante Efecto modulador sobre el sistema inmune
Ácidos fenólicos	Ácido clorogénico, ácido isoclorogénico, ácido cinámico, ácido hidroxicinámico, ácido caféico, ácido quínico, ácido siríngico, ácido cumárico, ácido ferúlico y trans-ferúlico	Actividad antiinflamatoria, antitumoral, antimicrobiano, antifúngico, antiulcerogénico, reduce riesgo cardiovascular, diabetes, degeneración macular, colorante natural.
Antocianinas	Cianidin-3-soforósido-5-glucósido, peonidin-3-soforósido-5-glucósido, peonidin-3-feruloil soforósido-5-glucósido, peonidin-3-cafeoil soforósido-5-glucósido, peonidina-3-cafeoil-p-hidroxi benzoil soforósido-5-glucósido, peonidin-3-cafeoil-feruloil soforósido-5-glucósido.	

(Basado en Sun et al., 2019, 2018, Montilla et al., 2011, Li et al., 2019; Ayeleso et al., 2016; Krochmal-Marczak et al., 2021).

Revisión de diferentes tipos de compuestos fenólicos presentes en camote

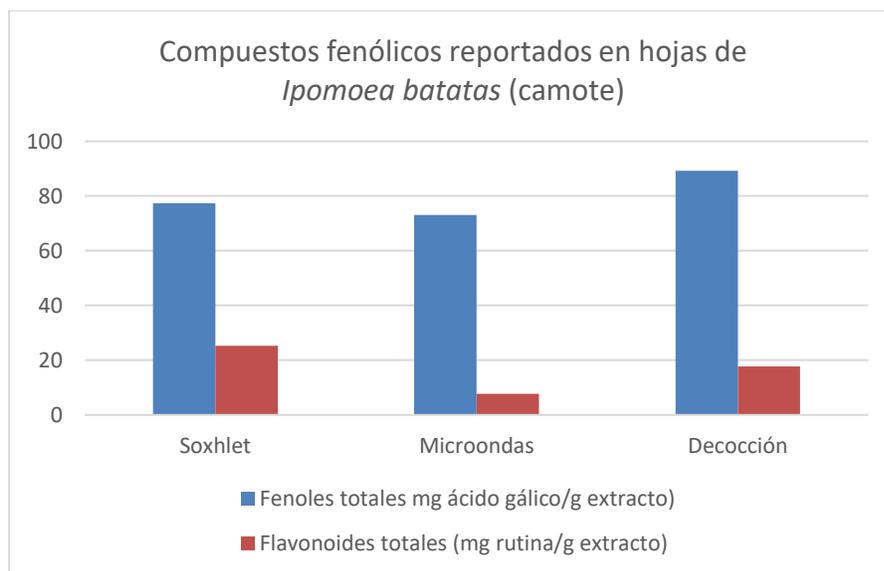
En la tabla 4 se muestran los resultados de compuestos fenólicos presentes en hojas detectados por diferentes técnicas de extracción, mostrando mayor eficiencia el método soxhlet. Se mostró como mayoritario el ácido clorogénico el cual es un compuesto fenólico con múltiples actividades biológicas, lo cual evidencia la potencialidad de la hoja como antioxidante.

Tabla 4.

Revisión de Compuestos fenólicos presentes en extractos de hojas de camote (mg/mg) por diferentes métodos de extracción

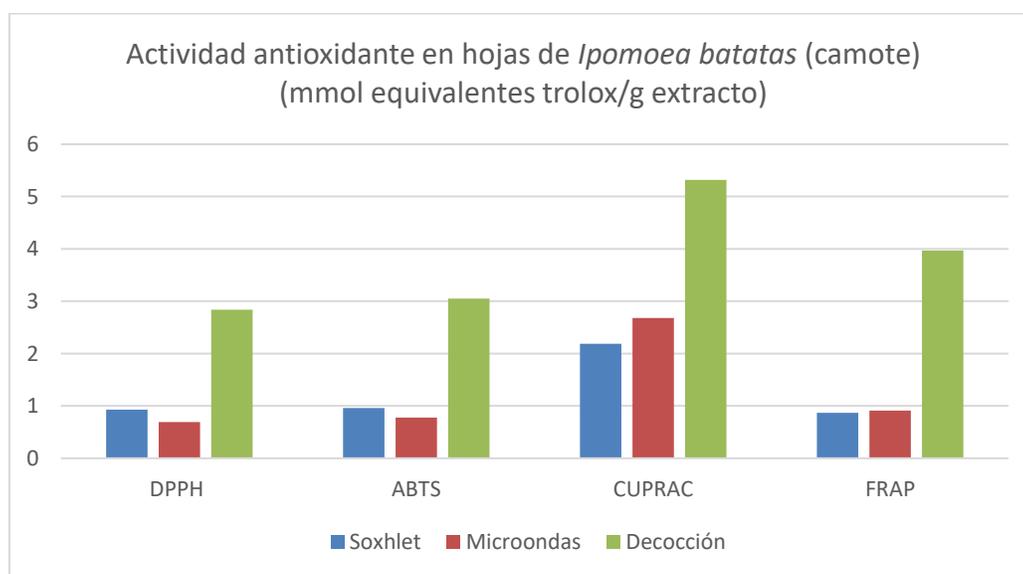
Compuestos	Soxhlet	Decocción	Microondas
Catequina	3.26	1.44	1.08
Ácido clorogénico	100.82	97.80	4.43
p-OH-ácido benzoico	0.88	0.43	0.18
Ácido vanilínico	0.85	0.71	0.41
Epicatequina	2.92	3.11	0.32
3-OH ácido benzoico	0.33		
Ácido p-coumárico	0.11		
rutina		0.25	
Ácido sinápico	0.07		
Ácido t-ferulico	1.39	0.93	0.21
naringenina	0.70	2.25	0.45
Ácido o-coumarico	8.50	5.49	0.29
Quercetina	0.11		
Naringenina	0.14		

Gráfica 4. Compuestos fenólicos reportados en hojas de *Ipomoea batatas* (camote) en diferentes métodos de extracción



Se realizó una revisión sobre la actividad antioxidante reportada en hojas de *Ipomoea batatas* (camote), evidenciándose que el método por decocción es más eficiente en la extracción de metabolitos que se correlacionan con la actividad antioxidante, se observa que la mayor actividad reportada se presentó en el método CUPRAC, el cual consiste en una reducción cúprica de Cu (II) a Cu (I) por la acción de la neocuprina como agente oxidante cromogénico.

Gráfica 5. Revisión de Actividad antioxidante reportado en hojas de *Ipomoea batatas* (camote)



Aplicaciones y productos de camote

Se realizó una revisión de los principales productos alimenticios desarrollados a partir de camote, el cual evidencia la versatilidad y diversificación de dicho producto que puede sustituir harina de trigo. En la tabla 5 se muestran los estudios relacionados a productos formulados a partir de camote, el cual muestra diferentes aplicaciones en panadería, bebidas, cereales, pastas, saborizantes y productos lácteos.

Tabla 5.

Resumen de estudios seleccionados sobre productos a base de camote

Clase de producto	Productos formulados	Referencia
Pasta	Fideos	Kadiri et al. (2020), Kolarič et al. (2020), Menon et al. (2016), Marengo et al. (2018), Saleh et al., 2018
Cereal	Papilla y harina fortificada	Kruger et al. (2018), Kruger (2020), Laukova et al. (2019), Nabubuya et al. (2017)
Snacks	Harina compuesta, barra, sopa	Tumuhimbise et al. (2019) Natabirwa et al. (2020), Omoba et al. (2020)
Panadería	Pan, galletas	Nogueira et al. (2018), Nzamwita et al. (2017), Oloniyo et al. (2021), Pérez et al. (2017) Awuni et al. (2017), Mbogo et al. (2021), Wanjuu et al. (2018)
Productos lácteos	Leche fermentada, yogurt	Adeola and Ohizua (2018), Laukov´a et al. (2019), Ramos et al. (2017), Afiati et al. (2018), Donkor et al. (2020), Janúario et al. (2017), Khairani et al. (2020), Tari et al. (2018)
Agentes saborizantes	vinagre	Wu et al. (2017)
Bebidas	Jugos (sin alcohol)	Park et al., (2020)
	Bebidas alcohólicas	Luo et al., (2020)
	Cerveza	Lee et al., (2015a, b), Li et al., (2017a, b), Weber et al. (2020), Sato et al. (2018), Humia et al., (2020)

Alam, M. K. (2021). A comprehensive review of sweet potato (*Ipomoea batatas* [L.] Lam): Revisiting the associated health benefits. *Trends in Food Science & Technology*, 115, 512-529.

En base a la revisión de literatura y resultados obtenidos de los análisis químicos, organolépticos y de actividad antioxidante, se desarrolló una harina con el camote variedad Dorada y se probaron y evaluaron recetas que permitieran mostrar las aplicaciones de la harina y las diversas formas en las cuales se puede consumir y aprovechar las propiedades funcionales del camote, se realizó una selección de diez recetas las cuales se incluyeron en un recetario el cual incluye beneficios del camote, información nutrimental y recetas que pueden ser útiles para toda la familia, se describen dos bebidas un atol, un licuado, recetas que pueden ser útiles para un almuerzo o cena como güisquil empanizado con harina de camote, tortillas, fideos de camote, en el cual se utilizó un 50% de harina de camote, disminuyendo así el uso de harina de trigo, el cual puede ser de beneficio para las personas intolerantes al gluten, se incorporó una receta de panqueques, el cual puede ser útil para un desayuno, para niños, productos de panadería como cubiletes, pan, pastel y galletas que son de alta aceptación, con la ventaja que pueden aportar mayores nutrientes y beneficios nutricionales tanto para niños y personas de la tercera edad o con problemas de diabetes y colesterol. El recetario se encuentra en la sección de anexos o se puede descargar mediante el código QR.



Análisis de macro y micronutrientes en muestras de camote variedad Dorada, Pacífico y Purulhá

En el cuadro 16 se presentan los valores obtenidos del análisis de macronutrientes en harina de camote, se realizó la digestión en horno de microondas y posteriormente se analizó por espectrómetro de emisión óptico con plasma acoplado inductivamente (ICP-OES), el cual fue realizado en el laboratorio Analab.

Se puede observar que la variedad Pacífico presentó la mayor concentración de Calcio y Magnesio, el de Purulá presentó la mayor cantidad de Nitrógeno.

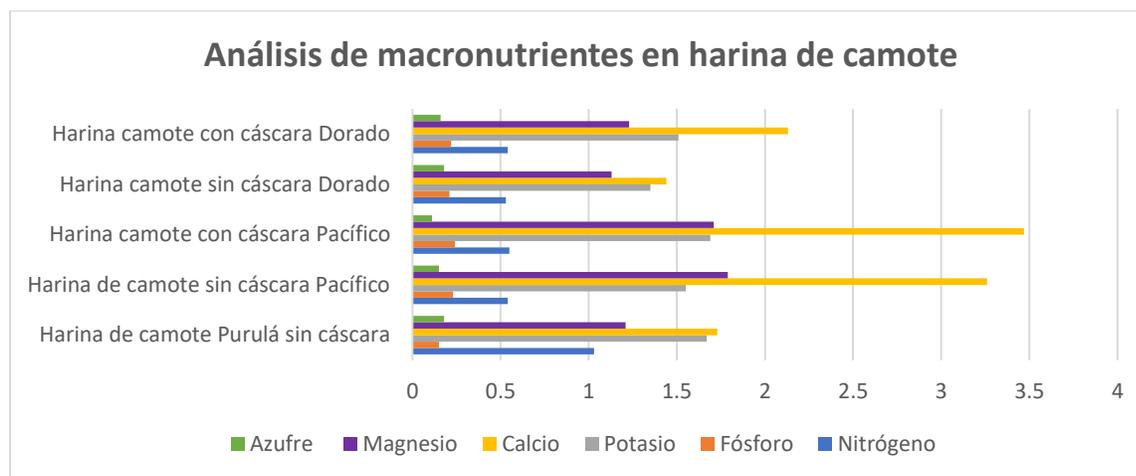
Cuadro 16.

Análisis de macroelementos presentes en variedades de camote guatemalteco (%)

Muestra	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Azufre
Niveles referencia	1.6-2.6	0.08-0.3	0.75-3	1-4	0.25-1	0.2-1
Harina de camote Purulá sin cáscara	1.03	0.15	1.67	1.73	1.21	0.18
Harina de camote sin cáscara Pacífico	0.54	0.23	1.55	3.26	1.79	0.15
Harina camote con cáscara Pacífico	0.55	0.24	1.69	3.47	1.71	0.11
Harina camote sin cáscara Dorado	0.53	0.21	1.35	1.44	1.13	0.18
Harina camote con cáscara Dorado	0.54	0.22	1.51	2.13	1.23	0.16

En la gráfica 6 se muestran las diferencias entre las muestras del análisis de macroelementos, lo cual se evidencia la presencia de Ca en las muestras de variedad Pacífico.

Gráfica 6. Macro elementos detectados en harinas de camote



Análisis de microelementos detectados en harinas de camote

Se puede observar que la harina procedente de Purulhá presenta la mayor cantidad de hierro y manganeso, mientras que la variedad con cáscara Pacífico presentó la mayor cantidad de Zinc, Cobre y Boro.

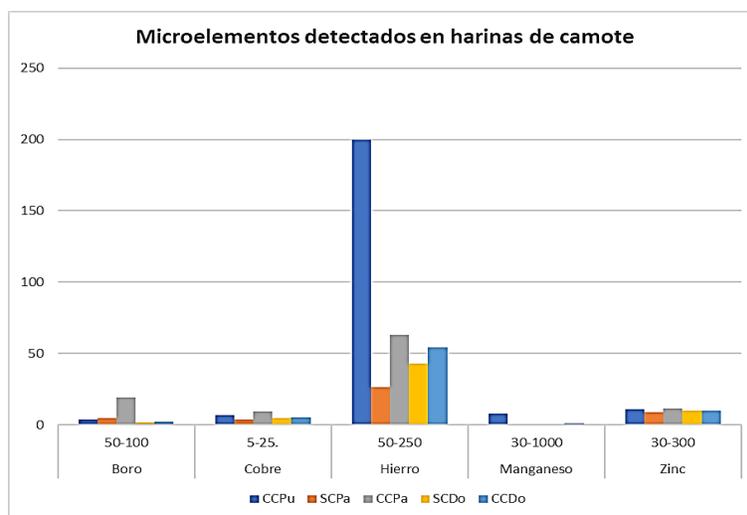
Cuadro 17.

Resultados de microelementos presentes en harinas de camote (ppm, mg/kg)

	Boro	Cobre	Hierro	Manganeso	Zinc
Muestra	50-100	5-25	50-250	30-1000	30-300
CCPu	3.81	6.62	199.8	7.87	10.97
SCPa	4.41	3.86	26.15	0.01	8.99
CCPa	18.99	9.13	63.16	0.1	11.59
SCDo	1.55	4.66	42.81	0.57	9.63
CCDo	2.05	5.24	54.17	1.17	9.98
Promedio	6.16				

En el siguiente gráfico se muestra el análisis de microelementos detectados en harina de camote por ICP-óptico, los resultados se expresan en ppm

Gráfico 7. Microelementos detectados en camote



El análisis de metales pesados evidenció valores por debajo de los límites de detección para cadmio, plomo, cromo, mercurio. Se detectó arsénico (0.001 mg/L) y níquel (0.011 mg/L) en cantidades bajas, que no superan los límites aceptados internacionalmente, por lo que se consideran materiales bastante seguros.

En el análisis de varianza se evidenció que el contenido de macro y microelementos presenta diferencias estadísticas en al menos una muestra, ya que los promedios son diferentes entre las muestras con un valor F mayor al valor crítico F.

Análisis de correlación estadística

Del análisis de correlación estadística entre fenoles totales, antocianinas, actividad antioxidante se obtuvieron los siguientes resultados

Cuadro 18.

Análisis de correlación estadística

	FPS	DPPH (CI ₅₀ mg/mL)	Fenoles Totales (mg/g)	Antocianinas µg/g
FPS	1			
DPPH	0.92385547	1		
Fenoles	0.93213525	-0.876705002	1	
Antocianinas	0.0352952	-0.240749538	-0.24644205	1

Cuadro 19.

Interpretación de resultados de correlación estadística

Correlación	R	Interpretación
FPS y Fenoles	0.9321	A medida que aumenta el FPS aumenta la cantidad de fenoles Correlación positiva o directa fuerte
FPS y Actividad Antioxidante por DPPH	-0.9238	A medida que aumenta el FPS disminuye la CI ₅₀ es decir aumenta la actividad antioxidante Correlación negativa o indirecta fuerte
DPPH y fenoles	-0.8767	A medida que aumenta los fenoles disminuye el CI ₅₀ es decir aumenta la actividad antioxidante Correlación negativa o indirecta fuerte
FPS y antocianinas	0.035	Correlación positiva inexistente
Fenoles y antocianinas	-0.2464	Correlación negativa o indirecta débil
Antocianinas y DPPH	-0.2407	Correlación negativa o indirecta débil

11.1 Discusión de resultados:

El contenido nutricional de camote lo han descrito varios autores, evidenciándose un potencial como alimento funcional, útil para combatir la desnutrición y promover la salud por la presencia de carbohidratos (almidón y azúcares), proteína, fibra cruda, macro y micronutrientes (Cui & Zhu, 2019; Escobar-Puentes et al., 2022; Alam et al., 2020; Hossain et al., 2022), aunque el procesamiento y mejoramiento genético modifica componentes específicos, se ha descrito minerales esenciales como Mg, Mn, Fe, P, Zn, Cu y Ca), vitaminas como α/β - carotenos, luteína, vitamina B1, B2, B6, ácido pantoténico, niacina, biotina y tocoferoles (Wang & Zhu, 2016). En Guatemala, el ICTA ha desarrollado tres variedades mejoradas variedades ICTA Dorado^{BC}, el ICTA Pacífico^{BC} con alto contenido de betacarotenos precursor de vitamina A y la variedad ICTA San Jerónimo que se caracteriza por su alto potencial de rendimiento.

El ICTA Dorado reporta 133 ppm (mg/Kg) (13.3 mg/100 g) de β carotenos y 21% de materia seca, el ICTA Pacífico contiene 77 ppm (mg/Kg) (7.70 mg/100 g) de β carotenos y 24% de materia seca, mientras que ICTA San Jerónimo contiene 13 ppm (mg/Kg) (0.13 mg/100 g) de β carotenos y 22% de materia seca, aunque no es una variedad biofortificada. Según la literatura se reporta en promedio un contenido de β carotenos para camote de 0-300 mg/Kg (0-30 mg/100 g) (Mourtala et al., 2023). Burgos (2012), reportó que el contenido de β caroteno en variedades peruanas oscilaba entre 4.29 y 18.55 mg /100 g, mientras que Huang y colaboradores (1999) reportó de 6.7 a 13.1 mg/100 g en siete variedades cultivadas en Hawaii, Laurie y colaboradores (2012) reportó en variedades Africanas un promedio de 5.091 y 16.456 mg /100 g, mientras que Teow y colaboradores (2007) reportó un 9.2 mg/100 g en la principal variedad estadounidense Beauregard, comparada con la de Guatemala ICTA Dorada es superior a está y equiparable con las variedades peruanas y africanas. Se sugiere una ingesta diaria de 4.8 mg de β caroteno para satisfacer el consumo diario requerido de Vitamina A (800 $\mu\text{g}/\text{día}$) (FAO/OMS, 2001), por lo que el consumo de estas variedades podría satisfacer parcialmente las necesidades diarias de dicha vitamina (Alam et al., 2020).

Drapal y colaboradores (2019), identificó 23 diferentes carotenoides de variedades naranja, de los cuales 8 tienen actividad provitamina A, la carencia de vitamina A es un problema sanitario mundial que a pesar de importantes inversiones e iniciativas no se ha erradicado. La biofortificación de los cultivos básicos con β -caroteno (provitamina A) en los países de renta media-baja (PRMB) es el enfoque defendido y adoptado por la OMS y el programa HarvestPlus, por lo que contar con

variedades fortificadas en Guatemala constituye una ventana de oportunidad para comunidades en riesgo.

Un estudio reporta el análisis proximal de 6 cultivares y 12 variedades provenientes de Brazil, en la cual se obtuvo (g/100g) proteína (1.45-7.35), carbohidratos (8.08-18.42), lípidos (0.82-1.77), fibra (4.44-12.60), ceniza (1.51-3.77) (Leite et al., 2022). Según estudios realizados por Alam y colaboradores (2016), la humedad varió entre 70.95 y 72.96 %, proteína total entre 1.91 y 5.83 %, lípidos totales entre 0.17 y 0.63 %, fibra cruda entre 0.3 y 0.53 %, ceniza entre 1.17 y 1.29 % y carbohidratos totales entre 21.1 y 24.5 %. Los autores indicaron que los cultivares de camote analizados tenían un contenido satisfactorio de proteínas y carbohidratos, bajo en lípidos totales. Por lo que se sugiere que el consumo de camote naranja debe fomentarse como una forma de mitigar los problemas de desnutrición. Santos et al. (2019) evaluaron la composición centesimal y mineral de 48 muestras de camote de pulpa blanca, divididas entre muestras de cultivo convencional y orgánico. Con respecto a la composición proximal, los resultados para las muestras de cultivo convencional y orgánico fueron para humedad 72–72 %, cenizas 0.87–0.9 %, proteínas totales 1.5–1.4 %, lípidos totales 0.63–0.54 % y carbohidratos totales 24.8–23.9 %.

Arshad y colaboradores (2021), desarrolló un estudio comparativo entre cultivares de papa y camote de pulpa blanca de Pakistán con respecto a la composición proximal, el contenido mineral, el color de la pulpa, los compuestos bioactivos y la actividad antioxidante. Las muestras fueron liofilizadas antes de la caracterización analítica, entre los resultados publicados en el estudio, la muestra de camote de pulpa blanca mostró contenidos máximos de humedad de 5.57 %, cenizas de 1.79 %, lípidos totales de 0.86 %, proteínas totales de 5.56 %, fibra cruda de 2.06 % y extracto libre de nitrógeno (carbohidratos totales) del 83.17%. Los autores concluyen en su trabajo que el camote de pulpa blanca tiene una mayor composición proximal, actividad mineral y antioxidante en comparación con la papa de pulpa blanca, otro elemento más para promover su consumo, especialmente de las variedades fortificadas en Guatemala.

Respecto al análisis de macroelementos se observaron importantes cantidades de calcio, en especial en la variedad Pacífico con y sin cáscara (3.47% y 3.26% respectivamente, equivalente a 34-32 mg/100), lo cual comprado con estudios reportados por Alam (2020) se detectó de 21 -50 mg/100 g,

en el caso de magnesio se detectó de 11-18 mg/100 g siendo el mayoritario el de variedad Pacífico, comparado con lo que se reporta en la literatura de 21-25 mg/100, se encuentra un poco por debajo, lo cual puede explicarse por factores intrínsecos como variabilidad genética, y factores extrínsecos como condiciones ambientales y climáticas, edáficas entre otras.

Respecto a los microelementos se observaron importantes cantidades de hierro sobre todo en las muestras de variedad proveniente de Purulhá 199.8 mg/Kg considerándose un valor con diferencia importante comparada con las otras variedades. Es de resaltar que ninguna de las muestras presentó metales pesados detectables como cadmio, plomo, cromo, mercurio y cantidades menores aceptables dentro de los límites permitidos de arsénico (0.001 mg/L), níquel (0.011mg/L), lo cual no representa toxicidad.

De acuerdo a los resultados obtenidos se detectaron antocianinas en todas las muestras evaluadas, en rangos de 88 a 601 $\mu\text{g/g}$, lo cual representa un potencial interesante de explorar, Li y colaboradores (2019) reportó en 5 variedades de camote proveniente de China, un promedio de antocianinas de 57.64 a 1,009.29 $\mu\text{g/g}$ y en hojas 56.96 a 230 $\mu\text{g/g}$, lo cual demuestra que las variedades guatemaltecas analizadas están dentro de los rangos reportados para camote, de las antocianinas se ha reportado efectividad contra cáncer, inflamación y afecciones cardiovasculares, comúnmente utilizados en la industria alimenticia como colorantes, los cuales podrían representar una alternativa a los colorantes sintéticos (He et al., 2010; Turturică et al., 2015).

Según se han reportado por Im y Lee (2021), en camote morado de cinco variedades de Corea, se han detectado alrededor de 20 antocianinas dentro de las principales son las formas conjugadas de cianidina, peonidina y pelargonidina con ácidos fenólicos incluyendo ácido cafeico, ácido ferúlico y *p*-hidroxibenzoico. Se ha detectado al menos 18 compuestos fenólicos como ácidos hidroxicinámicos, flavonol, ácido clorogénico, dos isómeros de ácido cafeoliquínico y cinco isómeros de ácido dicafeoliquínico. Las antocianinas son buenos compuestos antioxidantes (Duan et al., 2007; Ding et al., 2020). Se ha descrito que las antocianinas tienen la capacidad de absorber la radiación UV-A y UV-B (Cimino et al., 2006; Chan et al., 2010, Peng et al., 2020), también pueden proteger la piel contra las arrugas y otros efectos del envejecimiento. Aunque las antocianinas son ideales ingredientes

para hacer protectores solares, es importante mantener un ambiente ácido para evitar la degradación de las antocianinas (Enaru et al., 2021).

Las antocianinas son sensibles al pH, almacenamiento, temperatura, estructura química, concentración, luz, oxígeno, disolventes, enzimas, flavonoides, proteínas, iones metálicos (Pham et al., 2019). Las antocianinas han presentado acciones contra el envejecimiento y beneficios para la salud ocular, de igual forma se han presentado efectos fotoprotectores UV en la fibra dérmica humano y un efecto de protección contra el daño inducido por la luz en las células de la retina Las antocianinas son la única clase de polifenoles capaces de absorber luz en la región UV (280–400 nm) y luz azul (360–500 nm). En conjunto, estas propiedades pueden explicar las antocianinas y el potencial de fotoprotección (Oliveira et al., 2020). Debido a las propiedades antioxidantes, antiinflamatorias que presentan las antocianinas respaldan el papel como agentes fotoprotectores, prevención del daño oxidativo como eritema, cáncer de piel y fotodaño, ya sea absorbiendo la radiación ultravioleta o atenuando los eventos exacerbados por la exposición acumulada a la radiación ultravioleta (Rojo et al., 2013; Li et al., 2019). Tarrozi y colaboradores (2005) reportó que la antocianina cianidin-3-*O*- β -glucopiranosido, previene el daño inducido por UVA en queratinocitos.

Las antocianinas aciladas de plantas han mostrado mayor estabilidad en el pH, pudiendo representar una alternativa en cosmética (Giusti & Wrolstad, 2003; Landi et al., 2015; Zhao et al., 2017).

Li y colaboradores (2013) identificó 13 antocianinas de camote morado, las principales fueron peonidina y cianidina 3-soforósido-5-glucósido aciladas con ácido *p*-hidrobenzoico, ácido ferúlico y ácido caféico. Truong et al., (2010), identificó 17 antocianinas de camote morado incluyendo cianidin-3-cafeoilsoforósido-5-glucósido, lo cual evidencia el potencial de las antocianinas en camote.

Se evaluó el factor de protección solar (FPS) de extractos de camote de las cinco muestras guatemaltecas, determinándose valores de 5.46- 16.89, comparado con los estándares de referencia utilizados, un filtro físico dióxido de titanio rutilo y dos filtros químicos etilhexilmetoxicinamato y benzofenona, se evidencia que se muestra un factor similar a un filtro químico etilhexilmetoxicinamato (FPS 14.43) e inferior al filtro físico (59.76) y benzofenona (37.63), lo cual evidencia el potencial como bloqueador solar y antioxidante en cosmética, lo cual podría explicar su actividad por la presencia de polifenoles, ya que del análisis estadístico se obtuvo una correlación directa fuerte es

decir a medida que aumenta los polifenoles aumentó el factor de protección solar, igualmente se demostró una correlación negativa fuerte con la actividad antioxidante, a menor CI_{50} , es decir mejor actividad antioxidante mostrada por el extracto, mayor fue el FPS, lo que supone que la actividad antioxidante y la fotoprotección están relacionadas.

Se realizaron varias propuestas de formulación empleando extractos de camote en combinación con filtros físicos y químicos los cuales permitieron disminuir las concentraciones de los filtros químicos, demostrando estabilidad, características organolépticas y fisicoquímicas adecuadas para una formulación. Dipahayu (2020) reportó un FPS en emulgel Antin-3 a base de extracto de hojas de camote de 6.50 y la base de emulgel fue de 1.17, lo cual evidencia el potencial del extracto frente a la radiación UV B, no se mostró separación de fases, consistencia homogénea, suave y fresca sobre la piel. La radiación ultravioleta provoca intensamente la oxidación y el envejecimiento prematuro de la piel, la radiación UV B provoca quemaduras solares y pigmentación. Los protectores solares se utilizan para proteger la piel de la exposición excesiva a los rayos UV del sol por lo que los extractos de camote tanto de hojas como raíces pueden representar una materia prima novedosa como fotoprotector.

De las cinco muestras analizadas de camote, se presentó en promedio 2.71 a 11.4 mg de ácido gálico /g y actividad antioxidante por DPPH entre 10.52 a 20.19 mg/mL lo cual es comparable con los resultados descritos por Im y Lee (2021), el cual reportó un contenido de fenoles totales de 1.80 a 7.37 mg de ácido gálico/g, actividad antioxidante por DPPH en rangos de 11.63-12-23 mg equivalentes de trolox/g y actividad por inhibición del radical ABTS en rangos de 6.10-7.66 mg equivalentes de trolox/g (Im & Lee, 2021). Otros estudios realizados en cultivares provenientes de China han reportado rangos de 1.83-13.85 mg ácido gálico/g y 1.90-14.54 equivalentes de trolox/g (Zhu et al., 2010).

Jia (2022), evaluó la actividad antioxidante de partes aéreas de once variedades de camote provenientes de China, reportando que las yemas apicales tuvieron los niveles más altos en rangos de 65.32 a 248.22 mg de ácido gálico/100 g, seguido de hojas (48.43 a 148.36 mg ácido gálico/100g), pecíolos (7.37 a 36.39 mg de ácido gálico/100g) y tallos (9.05 a 32.69 mg ácido gálico/100g), en las hojas verdes fue mayor la actividad que en las variedades de hoja verde-morada. Jang y colaboradores

reportaron que las hojas presentan mayor contenido fenólico y actividad antioxidante que los peciños (Jang & Koh, 2019). Los compuestos fenólicos no están uniformemente distribuidos en la planta y su distribución y contenido depende de factores como técnica de extracción, solvente, genotipo, partes de la planta y factores ambientales (Chqroune & Taleb, 2022; Padda & Picha, 2007; Zeroual et al., 2021). Otros estudios han reportado el contenido fenólico en hojas de dos variedades de camote en rangos de 59-357 mg ácido gálico/100g (Zeroual et al., 2021). Kim y colaboradores (2011), reportó que la raíz del camote morado presenta grandes cantidades de contenido fenólico en rangos de 243 a 335 mg/100g. Chen y colaboradores (2018), reportó que las hojas de camote morado presentan altos niveles de antocianinas comparados con los camotes de hojas verdes o amarillas.

Otros estudios han reportado fenoles totales expresado en ácido gálico (AG) en camote blanco (1.4-2.5 mg), amarillo (3.3-3.5 mg), naranja (2.9-4.6 mg), morado (11.5-12.3 mg), actividad antioxidante por inhibición de radical DPPH expresado como mg de equivalente de trolox para camote blanco (3.2-17.6), amarillo (9.5-13.5), naranja (7.0-11.8), morado (17.2-17.9), carotenoides (mg) en camote blanco (4.5), amarillo (16.0), naranja (180), morado (2.9) (Escobar-Puentes et al., 2022; Petropoulos et al., 2019; Dong et al., 2017). Chen (2022) reportó el contenido de compuestos fenólicos totales de 23 genotipos de camote obteniendo rangos entre 2.17-28.32 mg de ácido gálico/g y los flavonoides totales entre 3.58-10.95 mg equivalentes de rutina/g, los cuales se correlacionaron con la actividad antioxidante por inhibición de radicales DPPH y FRAP.

Los resultados obtenidos evidencian la potencialidad como antioxidante la cual se puede correlacionar con el contenido fenólico de los extractos de harina de camote.

El consumo de camote se ha asociado con un efecto positivo sobre la salud humana. Procesando raíces de camote en harinas no sólo prolonga la vida útil, sino que también lo hace factible para formulaciones de productos de valor agregado para su uso en sistemas alimentarios, la cual podría comercializarse como una alternativa económica y saludable a la harina de trigo. Es por ello que se desarrolló una harina a base de camote y se realizó un minirecetario, el cual consta de 10 recetas dos bebidas un atol y un licuado por la facilidad de realizarlo, el cual puede ser dirigido a toda la familia en especial a niños y adultos mayores, tortillas por la cultura acostumbrada a comer tortillas, una receta que puede ser preparado como acompañamiento en un almuerzo utilizando güisquil, una hortaliza propia de la

región, con propiedades nutricionales importantes, fideos que son aceptados por toda la familia, y que puede ser una alternativa para personas intolerantes al gluten, panqueques para un desayuno el cual reduce utilizar en un 50% la harina de trigo, muffin o cubiletes, pastel de camote como un postre, pan incorporando harina de camote para disminuir igualmente el uso de la harina de trigo y galletas como postre o pequeña refacción nutritiva.

La harina de camote ha sido ampliamente utilizada como un ingrediente para formular productos alimenticios sin gluten, por ejemplo, panqueques de arroz y camote con 20- 40% de harina, la cual mostró un comportamiento de flujo más parecido al de los panqueques tradicionales (Menon et al., 2016; Zhu, 2015; Shih et al., 2006), lo cual es comparable a los panqueques que se formularon en este estudio reemplazando en un 50% la harina de trigo.

Nogueira y colaboradores 2018, evaluó la incorporación de harina de camote amarillo empleando de 3,6 y 9% para sustituir harina de trigo en la elaboración de pan, evidenciando la viabilidad de su incorporación en productos de alto valor agregado con un contenido de carotenoides 0.1656 - 0.4715 $\mu\text{g/g}$ en pan, lo cual muestra los beneficios nutricionales para personas con deficiencia de Vitamina A, además que se puede generar ganancias económicas para la industria lo cual puede representar una alternativa prometedora a la agroindustria.

En un estudio, se analizaron los efectos de la sustitución de la harina de trigo por polvo de camote al 2,5 %, 5 %, 7,5 % y 10 % , se evaluaron los parámetros reológicos de la masa de trigo y los parámetros físicos de las galletas dulces y saladas. El polvo de camote se caracterizó por una alta capacidad de retención de agua (9.00 g/g) y capacidad de hinchamiento (8.16 cm^3/g). La incorporación de camote en polvo disminuyó significativamente la dureza de las galletas dulces y saladas. La evaluación sensorial mostró que las galletas dulces y saladas más aceptables fueron las obtenidas después de la adición de camote en polvo a un nivel de 2.5% y 7.5%, respectivamente (Lauková et al., 2019), de acuerdo a nuestros resultados fue posible sustituir en un 50% el trigo en la elaboración de galletas y se obtuvieron galletas dulces con propiedades organolépticas y físicas aceptables.

El uso de la harina de camote utilizada en la fabricación de pasta demostró mejorar las propiedades nutricionales y fisicoquímicas (Kolarič, 2020; Saleh, 2018), en nuestro caso igualmente se realizaron

fideos a base de camote con una buena consistencia. lo cual puede representar beneficios para la nutrición humana por el aporte de macro y micronutrientes presentes en la harina de camote.

Se logró evidenciar la potencialidad de la harina de camote en la nutrición humana y se puede diversificar el uso de camote con recetas innovadoras, aceptables para toda la familia, fáciles de preparar.

12 Conclusiones

Se realizó la revisión de la composición química y nutricional de variedades mejoradas de camote, reportando importantes cantidades de fibra, almidón, calcio, β -carotenos, aminoácidos, polifenoles, antocianinas, los cuales contribuyen a mejorar la digestión, mantener niveles de glucosa en sangre, disminuir colesterol, prevenir enfermedades relacionadas con el envejecimiento, fotoprotección, mantener la salud cardiovascular, ocular, y sistema inmunológico.

La prueba de mejor disolvente demostró que la variedad de raíz de camote Pacífico sin cáscara presentó la mayor cantidad de sólidos totales (3.30%) en etanol al 70%, seguida de raíz de camote proveniente Purulhá (3.29%) en etanol al 50%, lo cual demuestra la composición de naturaleza polar en los extractos.

En las hojas y tallos se obtuvieron menores porcentajes de sólidos totales (0.24-1.48%), respecto a la raíces, siendo el mayoritario la hoja de camote dorado en etanol al 30% (1.48%), lo cual evidencia las diferencias entre los órganos.

Todas las muestras presentaron rendimientos de extracción entre 37-42%, siendo el mejor rendimiento en el extracto etanólico al 70% de harina de camote sin cáscara variedad Pacífico (42.3%), lo cual demuestra la factibilidad y viabilidad para un posible escalamiento e industrialización de los extractos a base de camote.

Todas las muestras presentaron antocianinas de 88 a 601 $\mu\text{g/g}$, siendo la muestra de harina de raíz de camote con cáscara de Purulhá la que presentó la mayor cantidad evidenciándose la potencialidad de

dichos compuestos en muestras de camote como antioxidantes, fotoportectores, antiinflamatorios y anticancerígenos.

El análisis de macro y microelementos evidenció importantes cantidades de calcio (1.44-3.47%) , hierro (26.15-199.8 ppm) siendo la mayoritaria la de raíz de camote con cáscara variedad Pacífico y de raíz de Purulhá respectivamente, todas las variedades presentaron zinc en cantidades importantes (8.99-10.97 ppm).

Todas las muestras presentaron actividad antioxidante mediante la inhibición del radical DPPH siendo el extracto de raíz variedad dorada con cáscara el más activo (10.52 mg/mL) el cual se correlaciona con la mayor cantidad de fenoles totales expresados como ácido gálico (11.4 mg/ g de extracto), lo cual concuerda con datos reportados para las variedades de camote morado y naranja.

El extracto de camote de raíz variedad dorada con cáscara presentó el mayor factor de protección solar (17), superando al filtro químico etilhexilmetoxicinamato (14), lo cual evidencia la potencialidad en cosmética como fotoprotector en bloqueadores solares.

Se realizaron cinco propuestas de formulaciones de bloqueadores solares utilizando un 10% de extracto de camote combinado con diferentes filtros físicos y químicos, presentando buena homogeneidad, sin separación de fases, apariencia y olor agradable, una buena consistencia y textura adecuada, cumpliendo con propiedades organolépticas y fisicoquímicas como el pH para este tipo de formulaciones por lo que se demostró la viabilidad del desarrollo de los productos a base de extractos de camote.

Se desarrolló una harina con propiedades funcionales en la nutrición humana, la cual puede aplicarse a diferentes recetas bebidas, postres, pastas, con viabilidad de sustituir harina de trigo hasta en un 50%, lo cual puede beneficiar a personas intolerantes al gluten, además de aportar macro y micronutrientes esenciales como β -carotenos,

13 Referencias

- Akhtar, N., Akram, M., Daniyal, M., & Ahmad, S. (2018). Evaluation of antidiabetic activity of Ipomoea batatas L. extract in alloxan-induced diabetic rats. *International journal of immunopathology and pharmacology*, 32, 2058738418814678.
- Alam M. K., Rana Z. H., Islam S. N. (2016). Comparison of the proximate composition, total carotenoids and total polyphenol content of nine orange-fleshed sweet potato varieties grown in Bangladesh. *Foods* 5,64. 10.3390/foods5030064
- Alam, M. K., Sams, S., Rana, Z. H., Akhtaruzzaman, M., & Islam, S. N. (2020). Minerals, vitamin C, and effect of thermal processing on carotenoids composition in nine varieties orange-fleshed sweet potato (Ipomoea batatas L.). *Journal of Food Composition and Analysis*, 92, 103582.
- Ameamsri, U., Tanee, T., Chaveerach, A., Peigneur, S., Tytgat, J., & Sudmoond, R. (2021). Anti-inflammatory and detoxification activities of some Ipomoea species determined by ion channel inhibition and their phytochemical constituents. *ScienceAsia*, 47, 321-329.
- Amagloh, F. C., Yada, B., Tumuhimbise, G. A., Amagloh, F. K., & Kaaya, A. N.. (2021). The Potential of Sweetpotato as a Functional Food in Sub-Saharan Africa and Its Implications for Health: A Review. *Molecules*, 26(10), 2971.
- AOAC International. (2006). AOAC International Guidelines for Laboratories Performing Microbiological and Chemical Analyses of Food and Pharmaceuticals: An Aid to Interpretation of ISO/IEC 17025: 2005. AOAC International.
- Arshad, A., Iqbal, H., Siddiqa, A., Zulfiqar, T., Tareen, M. B., Amna, D., Shakir, M., Hazafa, A., Naeem, M., Lorenzo, & Domínguez, R. (2021). Comparative study of potato (*Solanum tuberosum* L.) and sweet potato (*Ipomoea batatas* L.): evaluation of proximate composition, polyphenol content, mineral and antioxidant activities. *Applied Sciences*, 11(24), 11844.
- Bae, J. Y., Park, W. S., Kim, H. J., Kim, H. S., Kang, K. K., Kwak, S. S., & Ahn, M. J. (2021). Protective Effect of Carotenoid Extract from Orange-Fleshed Sweet Potato on Gastric Ulcer in Mice by Inhibition of NO, IL-6 and PGE2 Production. *Pharmaceuticals*, 14(12), 1320.
- Burgos, G., Amoros, W., Salas, E., Muñoa, L., Sosa, P., Díaz, C., & Bonierbale, M. (2012). Carotenoid concentrations of native Andean potatoes as affected by cooking. *Food Chemistry*, 133(4), 1131-1137.
- Cevallos-Casals, B.A., Cisneros-Zevallos, L.A. (2002) Bioactive and functional properties of purple sweetpotato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam). *Acta Horticulturae*, 583, 195–203
- Chan, C. F., Lien, C. Y., Lai, Y. C., Huang, C. L., & Liao, W. C. (2010). Influence of purple sweet potato extracts on the UV absorption properties of a cosmetic cream. *Journal of Cosmetic Science*, 61(5), 333-341.
- Chang, V. H. S., Yang, D. H. A., Lin, H. H., Pearce, G., Ryan, C. A., & Chen, Y. C. (2013). IbACP, a sixteen-amino-acid peptide isolated from *Ipomoea batatas* leaves, induces carcinoma cell apoptosis. *Peptides*, 47, 148-156.
- Chao, P.Y., Huang Y.P., Hsieh, W.B. (2013) Inhibitive effect of purple sweet potato leaf extract and its components on cell adhesion and inflammatory response in human aortic endothelial cells. *Cell Adhesion & Migration* 7(2), 237–245

- Chaqrone, A., & Taleb, M. (2022). Effects of extraction technique and solvent on phytochemicals, antioxidant, and antimicrobial activities of cultivated and wild rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) from Taounate region. *Biointerface Research in Applied Chemistry* 12, 8441-8452.
- Chen, S. P., Wang, S. Y., Huang, M. Y., Lin, K. H., Hua, S. M., Lu, H. H., Lai, Y.C., & Yang, C. M. (2018). Physiological and molecular analyses of chlorophyllase in sweet potatoes with different-colored leaves. *South African Journal of Botany*, 114, 272-279.
- Chen, P., Ran, H., Li, J., Zong, J., Luo, Q., Zhao, T., Liao, Z., Tang, Y., & Fu, Y. (2022). Antioxidant Activity of Phenolic Extraction from Different Sweetpotato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) Blades and Comparative Transcriptome Analysis Reveals Differentially Expressed Genes of Phenolic Metabolism in Two Genotypes. *Genes*, 13(6), 1078. <https://doi.org/10.3390/genes13061078>
- Cimino, F., Ambra, R., Canali, R., Saija, A., & Virgili, F. (2006). Effect of cyanidin-3-O-glucoside on UVB-induced response in human keratinocytes. *Journal of agricultural and food chemistry*, 54(11), 4041-4047.
- Cui, R., & Zhu, F. (2019). Physicochemical and functional properties of sweetpotato flour. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(10), 4624-4634.
- Daryanto, S., Wang, L., & Jacinthe, P. A. (2016). Drought effects on root and tuber production: A meta-analysis. *Agricultural Water Management*, 176, 122-131.
- de Albuquerque, T. M. R., Magnani, M., Lima, M. D. S., Castellano, L. R. C., & de Souza, E. L. (2021). Effects of digested flours from four different sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) root varieties on the composition and metabolic activity of human colonic microbiota in vitro. *Journal of Food Science*, 86(8), 3707-3719.
- Ding, T., Cao, K., Fang, W., Zhu, G., Chen, C., Wang, X., & Wang, L. (2020). Evaluation of phenolic components (anthocyanins, flavanols, phenolic acids, and flavonols) and their antioxidant properties of peach fruits. *Scientia Horticulturae*, 268, 109365.
- Dipahayu, D. (2020). Formulation sunscreen emulgel of sweet potatoes leaves extract (*Ipomoea batatas* (L.) antin-3 variety. *Journal Pharmasci (Journal of Pharmacy and Science)*, 5(2), 49-54.
- Dong, J. U., MU, T. H., & SUN, H. N. (2017). Sweet potato and potato residual flours as potential nutritional and healthy food material. *Journal of Integrative Agriculture*, 16(11), 2632-2645.
- Drapal, M., & Fraser, P. D. (2019). Determination of carotenoids in sweet potato (*Ipomoea batatas* L., Lam) tubers: Implications for accurate provitamin A determination in staple sturdy tuber crops. *Phytochemistry*, 167, 112102.
- Duan, X., Jiang, Y., Su, X., Zhang, Z., & Shi, J. (2007). Antioxidant properties of anthocyanins extracted from litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) fruit pericarp tissues in relation to their role in the pericarp browning. *Food Chemistry*, 101(4), 1365-1371.
- Enaru, B., Dreţcanu, G., Pop, T. D., Stănilă, A., & Diaconeasa, Z. (2021). Anthocyanins: Factors affecting their stability and degradation. *Antioxidants*, 10(12), 1967.
- Escobar-Puentes, A. A., Palomo, I., Rodríguez, L., Fuentes, E., Villegas-Ochoa, M. A., González-Aguilar, G. A., Olivas-Aguirre, F., & Wall-Medrano, A. (2022). Sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) phenotypes: From agroindustry to health effects. *Foods*, 11(7), 1058.

- Essiett, U. A., & Ukpong, U. J. (2014). Comparative phytochemical, nutrient and anti-nutrient of stems of *Ipomoea involucrata* Beauv, *Ipomoea triloba* L. and *Ipomoea batatas* Lam. *American Journal of Food and Nutrition*, 2(4), 71-6.
- FAO, & WHO, (2001). Human vitamin and mineral requirements. 289 p.
- FAO. (2017). Food Outlook, Biannual report on global food markets. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. <http://doi.org/10.1044/leader.PPL.19102014.18> Accessed on December 27, 2018.
- FAO. (2017). The future of food and agriculture: Trends and challenges. United Nations. Rome. <http://www.fao.org/3/a-i6583e.pdf> Accessed on 4 february 2019.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2021. FAOSTAT. FAO. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/en/#data>
- Franková, H., Musilová, J., Árvay, J., Šnirc, M., Jančo, I., Lidiková, J., & Vollmannová, A. (2022). Changes in antioxidant properties and phenolics in sweet potatoes (*Ipomoea batatas* L.) due to heat treatments. *Molecules*, 27(6), 1884.
- García-Méndez, A. D., Pérez-Darniz, M. Y., García-Méndez, A. A., & Madriz-Iztúriz, P. M. (2016). Caracterización postcosecha y composición química de la batata (*Ipomoea batatas* (L.) Lamb.) variedad Topera. *Agronomía Mesoamericana*, 27(2), 287-300.
- Giusti, M. M., & Wrolstad, R. E. (2003). Acylated anthocyanins from edible sources and their applications in food systems. *Biochemical engineering journal*, 14(3), 217-225.
- He, J., & Giusti, M. M. (2010). Anthocyanins: natural colorants with health-promoting properties. *Annual review of food science and technology*, 1, 163-187.
- Hermes, D., Dudek, D. N., Maria, M. D., Horta, L. P., Lima, E. N., de Fatima, A., Sanches, A., & Modolo, L. V. (2013). In vivo wound healing and antiulcer properties of white sweet potato (*Ipomoea batatas*). *Journal of Advanced Research*, 4(4), 411-415.
- Hossain, M. M., Rahim, M. A., Moutosi, H. N., & Das, L. (2022). Evaluation of the growth, storage root yield, proximate composition, and mineral content of colored sweet potato genotypes. *Journal of Agriculture and Food Research*, 8, 100289.
- Huamán, Z. (1991) Descriptors for sweetpotato. CIP/AVRDC/IBPGR (International Board for Plant Genetic Resources), Rome, Italy.
- Huang, A. S., Tanudjaja, L., & Lum, D. (1999). Content of alpha-, beta-carotene, and dietary fiber in 18 sweetpotato varieties grown in Hawaii. *Journal of Food Composition and Analysis*, 12(2), 147-151.
- Im, Y. R., Kim, I., & Lee, J. (2021). Phenolic composition and antioxidant activity of purple sweet potato (*Ipomoea Batatas* (L.) Lam.): Varietal comparisons and physical distribution. *Antioxidants*, 10(3), 462.
- Imungi, J. K., & Wabule, M. N. (1990). Some chemical characteristics and availability of vitamin A and vitamin C from Kenyan varieties of papayas (*Carica papaya* L.). *Ecology of Food and Nutrition*, 24(2), 115-120.

- Jackson, D. M., Harrison, H. F., Jarret, R. L., & Wadl, P. A. (2020). Phenotypic variation in leaf morphology of the USDA, ARS Sweetpotato (*Ipomoea batatas*) germplasm collection. *Hortscience*, 55(4), 465-475.
- Jang, Y., & Koh, E. (2019). Antioxidant content and activity in leaves and petioles of six sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) and antioxidant properties of blanched leaves. *Food science and biotechnology*, 28, 337-345.
- Ji, C., Zhang, Z., Zhang, B., Chen, J., Liu, R., Song, D., Li, W., Lin, N., Zou, X., Wang, J., & Guo, S. (2021). Purification, characterization, and in vitro antitumor activity of a novel glucan from the purple sweet potato *Ipomoea batatas* (L.) Lam. *Carbohydrate Polymers*, 257, 117605.
- Jia, R., Tang, C., Chen, J., Zhang, X., & Wang, Z. (2022). Total Phenolics and Anthocyanins Contents and Antioxidant Activity in Four Different Aerial Parts of Leafy Sweet Potato (*Ipomoea batatas* L.). *Molecules*, 27(10), 3117.
- Johnson, M., & Pace, R. D. (2010). Sweet potato leaves: properties and synergistic interactions that promote health and prevent disease. *Nutrition Reviews*, 68(10), 604-615.
- Kano, M., Takayanagi, T., Harada, K., Makino, K., & Ishikawa, F. (2005). Antioxidative activity of anthocyanins from purple sweet potato, *Ipomoea batatas* cultivar Ayamurasaki. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 69(5), 979-988.
- Khairani, A. F., Pamela, Y., Oktavia, N., Achadiyani, A., Adipraja, M. Y., Zhafira, P. Y., Shalannandia, W. A., & Atik, N. (2022). Acute and sub-chronic oral toxicity study of purple sweet potato (*Ipomoea batatas* [L.] Lam) yogurt in mice (*Mus musculus*). *Veterinary world*, 15(3), 789–796.
- Kharisma, V. D., Probojati, R. T., Murtadlo, A. A. A., Ansori, A. N. M., Antonius, Y., & Tamam, M. B. (2021). Revealing potency of bioactive compounds as inhibitor of dengue virus (DENV) NS2b/NS3 protease from sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) leaves. *Indian Journal of Forensic Medicine & Toxicology*, 15(1), 1627-1632.
- Kim, J. M., Park, S. J., Lee, C. S., Ren, C., Kim, S. S., & Shin, M. (2011). Functional properties of different Korean sweet potato varieties. *Food Science and Biotechnology*, 20, 1501-1507.
- Kolarič, L., Minarovičová, L., Lauková, M., Karovičová, J., & Kohajdová, Z. (2020). Pasta noodles enriched with sweet potato starch: Impact on quality parameters and resistant starch content. *Journal of texture studies*, 51(3), 464–474.
- Konczak-Islam, I., Yoshimoto, M., Hou, D. X., Terahara, N., & Yamakawa, O. (2003). Potential chemopreventive properties of anthocyanin-rich aqueous extracts from in vitro produced tissue of sweetpotato (*Ipomoea batatas* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(20), 5916-5922.
- Kosem, N., Han, Y. H., & Moongkarndi, P. (2007) Antioxidant and cytoprotective activities of methanolic extract from *Garcinia mangostana* hulls. *Science Asia* 33, 283-292.
- Landi, M., Tattini, M., & Gould, K. S. (2015). Multiple functional roles of anthocyanins in plant-environment interactions. *Environmental and Experimental Botany*, 119, 4-17.
- Lauková, M., Minarovičová, L., Karovičová, J., & Kohajdová, Z. (2019). Quality evaluation of sweet potato powder-enriched cereal products. *Food science and technology international = Ciencia y tecnología de los alimentos internacional*, 25(6), 523-532.

- Laurie, S. M., Van Jaarsveld, P. J., Faber, M., Philpott, M. F., & Labuschagne, M. T. (2012). Trans- β -carotene, selected mineral content and potential nutritional contribution of 12 sweetpotato varieties. *Journal of Food Composition and Analysis*, 27(2), 151-159.
- Lee, L. S., Chang, E. J., Rhim, J. W., Ko, B. S., & Park, S. W. (1997). Isolation and identification of anthocyanins from purple sweet potatoes. *Preventive Nutrition and Food Science*, 2(2), 83-88.
- Leite, C. E. C., Souza, B. D. K. F., Manfio, C. E., Wamsler, G. H., Alves, D. P., & de Francisco, A. (2022). Sweet Potato New Varieties Screening Based on Morphology, Pulp Color, Proximal Composition, and Total Dietary Fiber Content via Factor Analysis and Principal Component Analysis. *Frontiers in Plant Science*, 13.
- Li, A., Xiao, R., He, S., An, X., He, Y., Wang, C., Yin, S., Wang, B., Shi, X., & He, J. (2019). Research Advances of Purple Sweet Potato Anthocyanins: Extraction, Identification, Stability, Bioactivity, Application, and Biotransformation. *Molecules*, 24(21), 3816.
- Li, J., Li, X. D., Zhang, Y., Zheng, Z. D., Qu, Z. Y., Liu, M., Zhu, S., Liu, S. & Qu, L. (2013). Identification and thermal stability of purple-fleshed sweet potato anthocyanins in aqueous solutions with various pH values and fruit juices. *Food chemistry*, 136(3-4), 1429-1434.
- Luo, D., Mu, T., & Sun, H. (2021). Profiling of phenolic acids and flavonoids in sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) leaves and evaluation of their anti-oxidant and hypoglycemic activities. *Food Bioscience*, 39, 100801.
- Macias, C. M., Cobeña, G., Alvarez, H., Castro, L., & Cardenas, F. M. (2011). Caracterización agronómica de germoplasma de camote (*Ipomoea batatas* L.) en Manabí. *EspamCiencia*, 2(2), 37-43.
- Majid, M., Farhan, A., Asad, M. I., Khan, M. R., Hassan, S. S. U., Haq, I. U., & Bungau, S. (2022). An extensive pharmacological evaluation of new anti-cancer triterpenoid (nummularic acid) from *Ipomoea batatas* through in vitro, in silico, and in vivo studies. *Molecules*, 27(8), 2474.
- Mbouche Fanmoe, M. J., Tatsadjieu Ngoune, L., & Ndjouenkeu, R. (2021). Ipomea batatas Leaf Powder from Cameroon: Antioxidant Activity and Antihyperlipidemic Effect in Rats Fed with a High-Fat Diet. *Journal of Lipids*, 2021, 1-11.
- Menon, R., Padmaja, G., Jyothi, A. N., Asha, V., & Sajeev, M. S. (2016). Gluten-free starch noodles from sweet potato with reduced starch digestibility and enhanced protein content. *Journal of food science and technology*, 53, 3532-3542.
- Meira, M., Silva, E. P. D., David, J. M., & David, J. P. (2012). Review of the genus *Ipomoea*: traditional uses, chemistry and biological activities. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 22, 682-713.
- Mohanraj, R., & Sivasankar, S. (2014). Sweet Potato (*Ipomoea batatas* [L.] Lam)-A valuable medicinal food: A review. *Journal of Medicinal Food*, 17(7), 733-741.
- Monente, C., Ludwig, I. A., Irigoyen, A., de Peña, M. P., & Cid, C. (2015). Assessment of total (free and bound) phenolic compounds in spent coffee extracts. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 63, 4327-4334. doi: 10.1021/acs.jafc.5b01619
- Mourtala, I. Z. M., Innocent, N. M., Habibou, M., & Oselebe, H. (2023). Recent Progress in Breeding for Beta-Carotene, Dry Matter Content and Sugar in Sweet potato [*Ipomoea Batatas* (L.) Lam]-A Review. *European Journal of Agriculture and Food Sciences*, 5(1), 6-13.

- Nagamine, R., Ueno, S., Tsubata, M., Yamaguchi, K., Takagaki, K., Hira, T., Hara, H., & Tsuda, T. (2014). Dietary sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) leaf extract attenuates hyperglycaemia by enhancing the secretion of glucagon-like peptide-1 (GLP-1). *Food & Function*, 5(9), 2309-2316
- Nakagawa, S., Ohmura, R., Toshima, S., Park, H., Narasako, Y., Hirano, T., Otani, M., & Kunitake, H. (2021). Changes in polyphenols, anthocyanins, and DPPH radical-scavenging activities in sweetpotato (*Ipomoea batatas* L.) during tuber growth. *Scientia Horticulturae*, 284, 110100
- Nguyen, H. C., Chen, C.-C., Lin, K.-H., Chao, P.-Y., Lin, H.-H., & Huang, M.-Y.. (2021). Bioactive Compounds, Antioxidants, and Health Benefits of Sweet Potato Leaves. *Molecules*, 26(7), 1820.
- Nogueira, A. C., Sehn, G. A. R., Rebellato, A. P., Coutinho, J. P., Godoy, H. T., Chang, Y. K., Steel, C. J., & Clerici, M. T. P. S.. (2018). Yellow sweet potato flour: use in sweet bread processing to increase β -carotene content and improve quality. *Anais Da Academia Brasileira De Ciências*, 90(1), 283-293
- Ntchapda, F., Tchatchouang, F. C., Miaffo, D., Maidadi, B., Vecchio, L., Talla, R. E., & Dimo, T. (2021). Hypolipidemic and anti-atherosclerogenic effects of aqueous extract of *Ipomoea batatas* leaves in diet-induced hypercholesterolemic rats. *Journal of Integrative Medicine*, 19(3), 243-250.
- Oishimaya, S. N. (2017). World Leaders In: Sweet Potato Production. Worldatlas.
- Osuntokun, O. T., Yusuf-Babatunde, M. A., & Fasila, O. O. (2020). Components and bioactivity of *Ipomoea batatas* (L.)(sweet potato) ethanolic leaf extract. *Asian Journal of Advanced. Research and Reports*, 10(1), 10-26.
- Oliveira, H., Correia, P., Pereira, A. R., Araújo, P., Mateus, N., de Freitas, V., Oliveira, J., & Fernandes, I. (2020). Exploring the applications of the photoprotective properties of anthocyanins in biological systems. *International journal of molecular sciences*, 21(20), 7464.
- Padda, M. S., & Picha, D. H. (2007). Antioxidant activity and phenolic composition in 'Beauregard'sweetpotato are affected by root size and leaf age. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 132(4), 447-451.
- Pham, T. N., Toan, T. Q., Lam, T. D., Vu-Quang, H., Vo, D. V. N., & Vy, T. A. (2019, June). Anthocyanins extraction from Purple Sweet Potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam): The effect of pH values on natural color. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 542, No. 1, p. 012031). IOP Publishing.
- Pasha, I., Arshad, A., Ahmad, F., & Raza, A. (2022). Antiulcerative potential of sweet potato (*Ipomoea batatas*) against aspirin-induced gastric ulcers in a rabbit model. *Nutrition (Burbank, Los Angeles County, Calif.)*, 103-104, 111799.
- Peng, Z., Hu, X., Li, X., Jiang, X., Deng, L., Hu, Y., & Bai, W. (2020). Protective effects of cyanidin-3-O-glucoside on UVB-induced chronic skin photodamage in mice via alleviating oxidative damage and anti-inflammation. *Food Frontiers*, 1(3), 213-223.
- Peterson, J. K., Harrison, H. F., Jackson, D. M., & Snook, M. E. (2003). Biological activities and contents of scopolin and scopoletin in sweetpotato clones. *HortScience*, 38(6), 1129-1133.
- Petropoulos, S. A., Sampaio, S. L., Di Gioia, F., Tzortzakis, N., Roupheal, Y., Kyriacou, M. C., & Ferreira, I. (2019). Grown to be blue-Antioxidant properties and health effects of colored vegetables. Part I: Root vegetables. *Antioxidants*, 8(12), 617.

- Pham, T. N., Toan, T. Q., Lam, T. D., Vu-Quang, H., Vo, D. V. N., & Vy, T. A. (2019). Anthocyanins extraction from Purple Sweet Potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam): The effect of pH values on natural color. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 542,(1) 12031. IOP Publishing.
- Pochapski, M. T., Fosquiera, E. C., Esmerino, L. A., Dos Santos, E. B., Farago, P. V., Santos, F. A., & Groppo, F. C. (2011). Phytochemical screening, antioxidant, and antimicrobial activities of the crude leaves extract from *Ipomoea batatas* (L.) Lam. *Pharmacognosy magazine*, 7(26), 165.
- Rodriguez-Amaya, D. B., & Kimura, M. (2004). HarvestPlus handbook for carotenoid analysis (Vol. 2). Washington: International Food Policy Research Institute (IFPRI).
- Rodríguez-Delfín, A., Posadas, A., & Quiroz, R. (2014). Rendimiento y absorción de algunos nutrimentos en plantas de camote cultivadas con estrés hídrico y salino. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, 20(1), 19-28.
- Rojo, L. E., Roopchand, D. E., Graf, B., Cheng, D. M., Ribnicky, D., Fridlender, B., & Raskin, I. (2013). 11 Role of Anthocyanins in Skin Aging and UV-Induced Skin Damage. *Anthocyanins in health and disease*, 309.
- Rossel, G., Espinoza, C., Javier, M., & Tay, D. (2008). Guías para la regeneración de germoplasma: camote. Crop specific regeneration guidelines. Consultative Group for International Agricultural Research (CGIAR) System-wide Genetic Resource Programme (SGRP). Italia, 9.
- Ruiz, E. (2004). Caracterización y evaluación agronómica de clones de camote (*Ipomea batata*) en Azuero In Programa Cooperativo Centroamericano para el mejoramiento de cultivos y animales. PCCMCA Resúmenes LI Reunión anual Panamá 2 - 6 de mayo.
- Saleh, M., Lee, Y., & Obeidat, H. (2018). Effects of incorporating nonmodified sweet potato (*Ipomoea batatas*) flour on wheat pasta functional characteristics. *Journal of texture studies*, 49(5), 512–519.
- Santos A. M. D., Lima J. S., Dos Santos I. F., Silva E. F., de Santana F. A., de Araujo D. G & Dos Santos, L., (2019). Mineral and centesimal composition evaluation of conventional and organic cultivars sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) using chemometric tools. *Food Chemistry*, 273 166–171.
- Shih, F. F., Truong, V. D., & Daigle, K. W. (2006). Physicochemical properties of gluten-free pancakes from rice and sweet potato flours. *Journal of Food Quality*, 29(1), 97-107.
- Shindo, M., Kasai, T., Abe, A., & Kondo, Y. (2007). Effects of dietary administration of plant-derived anthocyanin-rich colors to spontaneously hypertensive rats. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, 53(1), 90-93.
- Sho, C., Kawano, K., Kurata, R., Yoshimoto, M., & Okuno, H. (2021). Hair growth-promoting activity of components derived from sweet potato shochu. *Journal of bioscience and bioengineering*, 131(4), 405-411.
- Silva-Correa, C. R., Hilario-Vargas, J., Torre, V. L., Víctor, E., Calderón-Peña, A. A., González-Siccha, A. D., Aspajo-Villalaz, C., & Cruzado-Razco, J. L. (2022). Potential Anticancer Activity of Bioactive Compounds from *Ipomoea batatas*. *Pharmacognosy Journal*, 14(3).
- Sun, H., Zhang, P., Zhu, Y., Lou, Q., & He, S. (2018). Antioxidant and prebiotic activity of five peonidin-based anthocyanins extracted from purple sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.). *Scientific Reports*, 8(1), 5018.

- Taira, J., Taira, K., Ohmine, W., & Nagata, J. (2013). Mineral determination and anti-LDL oxidation activity of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) leaves. *Journal of Food Composition and Analysis*, 29(2), 117-125.
- Tarozzi, A., Marchesi, A., Hrelia, S., Angeloni, C., Andrisano, V., Fiori, J., Cantelli-Forti, G., & Hrelia, P. (2005). Protective effects of cyanidin-3-O-beta-glucopyranoside against UVA-induced oxidative stress in human keratinocytes. *Photochemistry and photobiology*, 81(3), 623–629.
- Teow, C. C., Truong, V. D., McFeeters, R. F., Thompson, R. L., Pecota, K. V., & Yencho, G. C. (2007). Antioxidant activities, phenolic and β -carotene contents of sweet potato genotypes with varying flesh colours. *Food chemistry*, 103(3), 829-838.
- Tian, C., Wang, M., Liu, S., Ma, H., He, K., Zhou, D., Li, Y., Ye, X., & Li, X. (2019). A new glycoprotein SPG-8700 isolated from sweet potato with potential anti-cancer activity against colon cancer. *Natural product research*, 33(16), 2322–2328.
- Truong, V. D., Avula, R. Y., Pecota, K. V., & Yencho, G. C. (2018). Sweetpotato production, processing, and nutritional quality. *Handbook of vegetables and vegetable processing*, 811-838.
- Truong, V.D., Deighton, N., Thompson, R.T., McFeeters, R., Dean, L., Pecota, K., & Yencho, C. Characterization of anthocyanins and anthocyanidins in purple-fleshed sweetpotatoes by HPLC-DAD/ESI-MS/MS. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2010;58(1):404-410.
- Truong, V. D., McFeeters, R. F., Thompson, R. T., Dean, L. L., & Shofran, B. (2007). Phenolic acid content and composition in leaves and roots of common commercial sweetpotato (*Ipomea batatas* L.) cultivars in the United States. *Journal of Food Science*, 72(6), C343-C349.
- Turturică, M., Oancea, A. M., Râpeanu, G., & Bahrim, G. (2015). Anthocyanins: Naturally occurring fruit pigments with functional properties. *The Annals of the University Dunarea De Jos of Galati. Fascicle VI-Food Technology*, 39(1), 9-24.
- USDA. Sweet Potato, Raw, Unprepared. Available online: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/168482/nutrients>
- Vasco, C., Ruales, J., & Kamal-Eldin, A. (2008). Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. *Food Chemistry*, 111 (4), 816-823
- Wang, S., Nie, S., & Zhu, F. (2016). Chemical constituents and health effects of sweet potato. *Food Research International*, 89, 90-116.
- Wirasuta, I. M. A. G., Triastuti, N. K. D., Deviyanthi, K. S., Sartika, D. A., & Utari, P. D. (2018). Formulation of the body scrub cream from purple sweet potato (*Ipomoea batatas* L.). *Indonesian Journal of Pharmaceutical Science and Technology*, 5(1), 26-30.
- Yang, Y., Zhang, Z. C., Zhou, Q., Yan, J. X., Zhang, J. L., & Su, G. H. (2020). Hypouricemic effect in hyperuricemic mice and xanthine oxidase inhibitory mechanism of dietary anthocyanins from purple sweet potato (*Ipomoea batatas* L.). *Journal of Functional Foods*, 73, 104151.
- Yoshikawa, K., Yagi, C., Hama, H., Tanaka, M., Arihara, S., & Hashimoto, T. (2010). Ipomotaosides A– D, resin glycosides from the aerial parts of *Ipomoea batatas* and their inhibitory activity against COX-1 and COX-2. *Journal of Natural Products*, 73(11), 1763-1766.

- Yoshimoto, M., Kurata-Azuma, R., Okuno, S., Ishiguro, K., Yamakawa, O., Tsubata, M., Mori, S., & Takagaki, K. (2006) Nutritional value and physiological functions of sweetpotato leaves. *Acta Horticulturae*, 703, 107–116
- Zeroual, A., Sakar, E. H., Eloutassi, N., Mahjoubi, F., Chaouch, M., & Chaqroune, A. (2021). Wild chamomile [*Cladanthus mixtus* (L.) chevall.] collected from central-northern Morocco: phytochemical profiling, antioxidant, and antimicrobial activities. *Biointerface Research in Applied Chemistry*, 11, 11440-11457.
- Zhang, Z. C., Wang, H. B., Zhou, Q., Hu, B., Wen, J. H., & Zhang, J. L. (2017). Screening of effective xanthine oxidase inhibitors in dietary anthocyanins from purple sweet potato (*Ipomoea batatas* L. Cultivar Eshu No. 8) and deciphering of the underlying mechanisms in vitro. *Journal of Functional Foods*, 36, 102-111.
- Zhao, C. L., Yu, Y. Q., Chen, Z. J., Wen, G. S., Wei, F. G., Zheng, Q., & Xiao, X. L. (2017). Stability-increasing effects of anthocyanin glycosyl acylation. *Food chemistry*, 214, 119-128.
- Zhao, J. G., Yan, Q. Q., Xue, R. Y., Zhang, J., & Zhang, Y. Q. (2014). Isolation and identification of colourless caffeoyl compounds in purple sweet potato by HPLC-DAD–ESI/MS and their antioxidant activities. *Food Chemistry*, 161, 22-26.
- Zhu, F. (2015). Interactions between starch and phenolic compound. *Trends in Food Science & Technology*, 43(2), 129-143.
- Zhu, F., Cai, Y. Z., Yang, X., Ke, J., & Corke, H. (2010). Anthocyanins, hydroxycinnamic acid derivatives, and antioxidant activity in roots of different Chinese purple-fleshed sweetpotato genotypes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(13), 7588-7596.

14 Apéndice

Fotografía 1. Hojas de camote



Fotografía 3. Plantación de camote

Fotografía 2. Tallos de camote





Fotografía 4. Colecta de raíz



Fotografía 5. Colecta de hoja de camote



Fotografías de la elaboración de propuesta de productos



Fotografía 6 y 7. Materia prima y elaboración de cremas



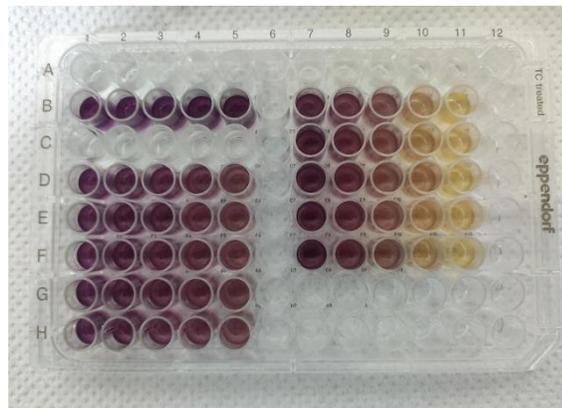
Fotografía 8 - 10. Elaboración de gel a base de camote como parte de la propuesta de formulación de protector solar



Fotografías 10 y 11 Equipo ICP-OES y microondas para análisis de macro y microelementos en harina de camote.



Fotografías 12-14 Evaluación de actividad antioxidante por el método de inhibición del radical DPPH



Fotografías 15 y 16 Propuestas de Etiqueta para harina a base de camote



Fotografía 17 y 18 Elaboración de recetas para aplicación de harina



15 Aspectos éticos y legales (si aplica)

No aplica

16 Vinculación

Se estableció cooperación con ICTA ya que proporcionaron el material de estudio, con las empresas Eurotropic y Farmaya, ya que se han enfocado en apoyar a productores locales y desarrollar productos a base de semillas y hierbas nativas, quienes apoyaron con el procesamiento y elaboración de harina a base de camote, con la Escuela de Nutrición Licda. Sucelly Orozco, con quien intercambiamos opiniones para las aplicaciones a base de la harina, con Incap y Agros con quienes se tiene apoyo para poder desarrollar la harina y evaluarla en comunidades del triángulo Ixil, además con Asociaciones Cosméticas para difusión del estudio, con Laboratorio Pronatt para realización de propuestas de fitocosméticos. Se recibió apoyo para el análisis de macro y microelementos por el Laboratorio Analab.

17 Estrategia de difusión, divulgación y protección intelectual

Se realizó una presentación parcial de resultados organizada por Digi, igualmente se realizó una presentación a Incap, Eurotropic y Agros para cooperación interinstitucional.

Se espera poder publicar un artículo científico en la revista Digi o revista indexada especializada en la temática.

Se espera poder realizar presentaciones en congresos y eventos internacionales posteriormente a la finalización del proyecto.

18 Aporte de la propuesta de investigación a los ODS:

Indique concretamente cómo contribuyen los resultados de la investigación al alcance de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

El proyecto contribuirá al ODS 2. Hambre Cero

Ya que se está caracterizando materiales mejorados de una raíz con múltiples propiedades nutricionales y medicinales considerado como un alimento funcional por su alto contenido de carbohidratos, proteínas, minerales y vitaminas; especialmente de β -carotenos (precursores de vitamina A) se están proponiendo productos para su diversificación y aprovechamiento integral. Además se está contribuyendo al desarrollo de grupos de productores que podrán promover sus productos con valor agregado, inclusive generar productos innovadores para comercialización en sus zonas de influencia o para el mercado nacional.

Se contribuirá al objetivo 9: Industria, innovación e infraestructura

Ya que se está fomentando la innovación a través del desarrollo de producto que pueden diversificar los usos de los cultivos y generar desarrollo para los productores al darle valor agregado a los productos.

Se contribuirá al objetivo 12: Producción y consumo responsables

Ya que se está fomentando la economía circular al hacer un mejor uso de los recursos, en el cual se aprovecha los residuos generados de un cultivo de importancia y se le da un uso, disminuyendo el impacto ambiental que se genera.

Informe final proyecto de investigación 2021

Dirección General de Investigación –DIGI-

19 Orden de pago final

Nombres y apellidos	Categoría (investigador /auxiliar)	Registro de personal	Procede pago de mes (Sí / No)	Firma
Amy Kateleen Aldana de la Cruz	Auxiliar I	20220986	No	

20 Declaración del Coordinador(a) del proyecto de investigación

El Coordinador de proyecto de investigación con base en el *Reglamento para el desarrollo de los proyectos de investigación financiados por medio del Fondo de Investigación*, artículos 13 y 20, deja constancia que el personal contratado para el proyecto de investigación que coordina ha cumplido a satisfacción con la entrega de informes individuales por lo que es procedente hacer efectivo el pago correspondiente.

Dra. Sully Margot Cruz Velásquez Nombre del coordinador del proyecto de investigación	 Firma
Fecha: 17/02/2023	

21 Aval del Director(a) del instituto, centro o departamento de investigación o Coordinador de investigación del centro regional universitario

De conformidad con el artículo 13 y 19 del *Reglamento para el desarrollo de los proyectos de investigación financiados por medio del Fondo de Investigación* otorgo el aval al presente informe mensual de las actividades realizadas en el proyecto (escriba el nombre del proyecto de investigación) en mi calidad de (indique: Director del instituto, centro o departamento de investigación o Coordinador de investigación del centro regional universitario), mismo que ha sido revisado y cumple su ejecución de acuerdo a lo planificado.

Dra. María Eunice Enríquez Cottón Vo.Bo. Directora de Instituto de Investigaciones Químicas y Biológicas (IIQB)	 Firma 
Fecha: 17/02/2023	

Informe final proyecto de investigación 2021

Dirección General de Investigación –DIGI-

22 Visado de la Dirección General de Investigación

<p>Vo.Bo. MSc. Andrea Rodas Morán</p> <p>Nombre Coordinador(a) del Programa Universitario de Investigación en Recursos Naturales y Ambiente</p>	 <p>Firma</p>
<p>Fecha: 17/02/2023</p>	

<p>Vo.Bo. Ing. Agr. MARN. Julio Rufino Salazar</p> <p>Nombre Coordinador General de Programas Universitarios de Investigación</p>	 <p>Firma</p> <p>Ing. MARN Julio Rufino Salazar Pérez Coordinador General de Programas de Investigación, Digi-Usac</p>
<p>Fecha: 17/02/2023</p>	