



**UNIVERSIDAD TECNICA DE BABAHOYO**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**ESCUELA DE AGRICULTURA, SILVICULTURA, PESCA Y  
VETERINARIA**



**CARRERA DE AGROINDUSTRIA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

Componente práctico del examen de carácter complejo, presentado al  
H. Consejo Directivo de la Facultad, como requisito previo para obtener  
el título de:

**INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**TEMA:**

Influencia de los ácidos tartárico, fumárico y málico sobre la actividad  
antioxidante del plátano (*Musa paradisiaca*), camote (*Ipomoea batatas*) y  
yuca (*Manihot esculenta*) para la producción de snacks (chifles).

**AUTOR:**

Stalin Ronaldo Campuzano Pérez

**TUTOR:**

Ing. Enrique José Salazar Llorente, PhD

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador

2024

## RESUMEN

La búsqueda de alternativas saludables ha impulsado el desarrollo de snacks como los chifles de plátano, camote y yuca, que destacan por su sabor y valor nutritivo. La incorporación de ácidos orgánicos como el tartárico, fumárico y málico podría ser clave para mejorar la actividad antioxidante y la calidad de estos productos. El presente trabajo se realizó en una revisión bibliográfica explorativa de información científica relevante y verificable, se seleccionó artículos científicos, tesis de grado, tesis de posgrado, revistas académicas, libros y páginas web que cumplan con criterios de relevancia y calidad científica de los últimos años. Mediante el análisis de resultados se describen las siguientes conclusiones: El ácido tartárico, fumárico y málico pueden mejorar la estabilidad y la capacidad antioxidante de los compuestos fenólicos presentes en snacks a base de yuca, plátano y camote. La adición de antioxidantes orgánicos como ácido málico, tartárico y fumárico disminuyó la decoloración y aumenta la estabilidad del color favoreciendo las propiedades relacionadas con la calidad sensorial (sabor y aroma) de los snacks de yuca, camote y plátano, por el contenido calórico y beneficiosas por el aporte de micronutrientes esenciales. La L-cisteína, ácido ascórbico y ácido cítrico como antioxidantes son el mejor tratamiento para evitar el oscurecimiento de trozos de plátano. El antioxidante extraído de la yuca el resveratrol ayuda con la reducción del colesterol malo en el organismo. Los compuestos ácidos fenólicos, ligninas, tanino y antocianinas del camote con actividad antioxidante presentan grandes beneficios para el ámbito de la salud y nutrición de los consumidores. Los métodos más utilizados para determinar la capacidad antioxidante de los snacks son: Método ABTS (2,2'-Azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)) y Método DPPH (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl).

**Palabras claves:** Antioxidantes, compuestos, métodos, calidad.

## SUMMARY

The search for healthy alternatives has driven the development of snacks such as plantain, sweet potato and cassava chifles, which stand out for their flavor and nutritional value. The incorporation of organic acids such as tartaric, fumaric and malic could be key to improving the antioxidant activity and quality of these products. The present work was carried out in an exploratory bibliographic review of relevant and verifiable scientific information, scientific articles, undergraduate theses, postgraduate theses, academic journals, books and web pages that meet criteria of relevance and scientific quality of recent years were selected. Through the analysis of results, the following conclusions are described: Tartaric, fumaric and malic acid can improve the stability and antioxidant capacity of phenolic compounds present in snacks based on cassava, banana and sweet potato. The addition of synthetic antioxidants such as malic, tartaric and fumaric acid decreased the coloration and extractability of the color, favoring the properties related to the sensory quality (flavor and aroma) of the cassava, sweet potato and banana snacks, due to the caloric content and beneficial for the contribution of essential micronutrients. L-cysteine, ascorbic acid and citric acid as antioxidants are the best treatment to prevent the darkening of banana pieces. The antioxidant extracted from cassava, resveratrol, helps with the production of bad cholesterol in the body. The phenolic acid compounds, lignins, tannin and anthocyanins in sweet potatoes with antioxidant activity present great benefits for the health and nutrition of consumers. The most used methods to determine the antioxidant capacity of snacks are: ABTS Method (2,2'-Azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)) and DPPH Method (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl).

**Keywords:** Antioxidants, compounds, methods, quality.

## INDICE DE CONTENIDO

RESUMEN .....	I
SUMMARY .....	II
INDICE DE CONTENIDO .....	III
INDICE DE TABLAS .....	V
INDICE DE FIGURAS.....	V
1. CONTEXTUALIZACIÓN .....	1
1.1. INTRODUCCION.....	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	2
1.3. JUSTIFICACIÓN .....	3
1.4. OBJETIVOS .....	4
1.4.1. Objetivo General.....	4
1.4.2. Objetivo Específicos.....	4
1.5. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN .....	5
2. DESARROLLO .....	6
2.1. MARCO CONCEPTUAL.....	6
2.1.1. Plátano.....	6
2.1.2. Camote .....	6
2.1.3. Yuca .....	6
2.1.4. Antioxidantes.....	7
2.1.4.1. Antioxidantes y su importancia en la Industria Alimentaria.....	8
2.1.4.2. Capacidad antioxidante .....	9

2.1.5.	Ácido tartárico .....	10
2.1.6.	Ácido fumárico .....	13
2.1.7.	Ácido málico.....	14
2.1.8.	Métodos para la determinación de la capacidad antioxidante .....	14
2.1.8.1.	Método ABTS (2,2'-Azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)) .....	15
2.1.8.2.	Método FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power) .....	15
2.1.8.3.	Método DPPH (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl).....	16
2.1.9.	Efectos de los compuestos antioxidantes en las propiedades sensoriales.....	16
2.1.10.	Mecanismos de acción .....	17
2.1.11.	Impacto del uso de los ácidos tartárico, fumárico y málico en snacks.....	18
2.1.12.	Impacto en la salud humana.....	19
2.2.	MARCO METODOLÓGICO.....	20
2.3.	RESULTADOS .....	21
2.4.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	23
3.	CONCLUSIONES Y RECOMEDACIONES .....	24
3.1.	CONCLUSIONES.....	24
3.2.	RECOMEDACIONES .....	25
4.	REFERENCIAS Y ANEXOS .....	26
4.1.	REFERENCIAS .....	26
4.2.	ANEXOS.....	33

**INDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1.</b>	Propiedades físico-químicas del ácido fumárico.....	13
-----------------	---	----

**INDICE DE FIGURAS**

<b>Figura 1.</b>	Snacks de camote.....	33
<b>Figura 2.</b>	Snacks de plátano.....	33
<b>Figura 3.</b>	Snacks de yuca.....	33
<b>Figura 4.</b>	Proceso de neutralización de radical libre por el antioxidante al donar un electrón.....	34
<b>Figura 5.</b>	Proceso de extracción de ácidos carboxílicos.....	34

## 1. CONTEXTUALIZACIÓN

### 1.1. INTRODUCCION

La búsqueda de alternativas saludables en la alimentación ha llevado al desarrollo de productos innovadores que aprovechan las propiedades antioxidantes de diversas frutas y tubérculos con la finalidad de mejorar la calidad e inocuidad de los productos. Entre ellas resaltan los snacks elaborados con plátano, camote y yuca, comúnmente conocidos como chifles, estos son asequibles no solo por su sabor, sino también por su valor nutritivo. Por ello, la inclusión de ácidos orgánicos como el tartárico, el fumárico y el málico puede desempeñar un papel importante en el aumento de la actividad antioxidante de estos snacks.

El plátano (*Musa paradisiaca*), el camote (*Ipomoea batatas*) y la yuca (*Manihot esculenta*) son ingredientes básicos en la elaboración de snacks. Estos tubérculos y frutas no solo son fuentes ricas en carbohidratos, sino que también contienen vitaminas, minerales y compuestos bioactivos con propiedades antioxidantes. Los antioxidantes son sustancias naturales o sintéticas capaces de ralentizar o prevenir los procesos de oxidación provocados por daños generados a las células, actúan como agente reductor, es decir, donan electrones (Alomar, 2019).

La oxidación es un proceso que puede llevar a la degradación de nutrientes en los alimentos, afectando su calidad y valor nutricional. Los ácidos orgánicos, como el tartárico, fumárico y málico, son conocidos por sus propiedades antioxidantes y su capacidad para mejorar la estabilidad de los alimentos durante el almacenamiento. Estos ácidos no solo actúan como conservantes naturales, sino que también pueden potenciar la actividad antioxidante de los ingredientes base.

La adición de estos ácidos orgánicos no solo tiene el potencial de aumentar la actividad antioxidante de los snacks, sino que también puede mejorar su perfil sensorial y su aceptabilidad por parte de los consumidores. Ponce (2022), en su estudio titulado “*Evaluación de diferentes dosis de ácido cítrico y ascórbico en la actividad antioxidante del plátano (musa paradisiaca) para la producción de snacks (chifles)*”, demuestra que la combinación de diferentes ácidos orgánicos presenta diferencias significativas en la acidez, esto debido a que se potencian los efectos de dichos compuestos mutuamente.

Por lo anteriormente expuesto, el objetivo de este estudio es investigar la influencia de los ácidos tartárico, fumárico y málico sobre la actividad antioxidante del plátano, camote y yuca utilizados en la producción de snacks tipo chifles.

## **1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En la producción de snacks, la pérdida de la capacidad antioxidante del producto terminado se ve influenciado por el proceso mecánico por el que pasan las materias primas que a su vez ocasiona el pardeamiento enzimático y por las altas temperaturas en el tratamiento térmico, lo que causa una significativa degradación de la textura y color del producto final (Fonseca et al., 2023).

La etapa en la que se origina una mayor pérdida es en la aplicación del tratamiento térmico, ya sea por conducción o convección, durante este proceso pueden ocurrir diversas reacciones y cambios estructurales, en dónde los compuestos antioxidantes y compuestos fenólicos se reducen en un 20 %, es por esto que es importante estudiar cuál es la influencia de la adición de estos ácidos orgánicos para aumentar la capacidad antioxidante de los snacks (Colavita, 2022).

### 1.3. JUSTIFICACIÓN

La importancia de la temática propuesta radica en la inclusión de ácidos tartárico, fumárico y málico para la producción de snacks de plátano, camote y yuca y potenciar su actividad antioxidante. Puesto que, los alimentos consumidos como snacks, donde se emplean tratamientos térmicos para su proceso de elaboración, con el tiempo tienden a perder la característica de fresca y palatabilidad adecuada producto de la rancidez y oxidación lipídica, resultado de la degradación de estos compuestos antioxidantes durante el proceso de elaboración.

Por ende, el ácido tartárico puede mejorar la estabilidad y la capacidad antioxidante de los compuestos fenólicos presentes en estas materias primas, por otro lado, el ácido fumárico trabaja como un antioxidante y conservante, protegiendo a los alimentos contra la rancidez oxidativa para que de esta manera se pueda alargar la vida útil de los productos; al igual que el ácido málico ayuda a prevenir la oxidación lipídica y mejora la estabilidad de los snacks durante el almacenamiento, proporciona un perfil sensorial fresco y ácido que mejora la aceptación del producto.

Por lo tanto, la inclusión de los tres ácidos no solo mejorará la retención de nutrientes y prolongarán la vida útil de los snacks, sino que también mejorarán sus propiedades sensoriales y reducirán la formación de compuestos tóxicos durante su proceso de elaboración a altas temperaturas. Esto conlleva a la obtención de un producto final con mayor aporte nutricional para los consumidores.

## **1.4. OBJETIVOS**

### **1.4.1. Objetivo General**

Determinar la influencia de los ácidos tartárico, fumárico y málico sobre la actividad antioxidante del plátano, camote y yuca para la producción de snacks (chifles).

### **1.4.2. Objetivo Específicos**

- Investigar las propiedades antioxidantes de los ácidos tartárico, fumárico y málico, así como los métodos principales de identificación y cuantificación de compuestos antioxidantes.
- Describir que compuestos antioxidantes extraídos del ácido tartárico, fumárico y málico mejoran las propiedades sensoriales del plátano, camote y yuca.
- Analizar el impacto del uso de los ácidos tartárico, fumárico y málico en snacks.

## 1.5. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación está enfocada dentro de los dominios de la Universidad Técnica de Babahoyo de Recursos agropecuarios, ambiente, biodiversidad y biotecnología. Pues, la temática de la presente investigación es “Influencia de los ácidos tartárico, fumárico y málico sobre la actividad antioxidante del plátano (*Musa paradisiaca*), camote (*Ipomoea batatas*) y yuca (*Manihot esculenta*) para la producción de snacks (chifles)”, el mismo que se encuentra enfocado en la línea de: Desarrollo agropecuario, agroindustrial sostenible y sustentable y en la sublínea de: Seguridad y soberanía alimentaria.

## **2. DESARROLLO**

### **2.1. MARCO CONCEPTUAL**

#### **2.1.1. Plátano**

Los plátanos son ricos en vitaminas A, B6, C y D, que son especialmente útiles para los huesos y músculos del cuerpo humano. El plátano es un alimento beneficioso para todo el mundo, incluidas las personas diabéticas o con sobrepeso. Destaca por su contenido en hidratos de carbono, potasio, magnesio, ácido fólico y fibra, aunque su valor calórico es alto, sobre todo si lo comparamos con otras frutas, lo cierto es que las calorías que consumimos en una porción no son tan calóricas (Carreira, 2021).

#### **2.1.2. Camote**

El camote a nivel internacional, está en el séptimo puesto como el cultivo alimentario más influyente y en el continente asiático, su consumo es elevado, donde China es la nación con la mayor producción y consumo de este tubérculo (FAO, 2018). La aportación más importante del camote es que es un excelente antioxidante, que ayuda a combatir el estrés oxidativo y el síndrome metabólico, además de prevenir enfermedades cardiovasculares e inclusive controlar la diabetes. Se recomienda consumirlo como verdura o como dulce (Dirección General de Comunicación Social, UNAM, 2019).

#### **2.1.3. Yuca**

La yuca ocupa el segundo lugar como el cultivo más influyente a nivel mundial en el rubro de raíces y tubérculos, pudiendo ser utilizada también como materia prima en la producción de textiles, cartón, productos farmacéuticos, materias primas, entre otros. Además de eso, es abundante en hidratos de carbono complejos y vitaminas C y B6, además de minerales como el potasio y el magnesio; y por lo tanto ideal para utilizar como parte de una dieta equilibrada (MAGAP, 2020).

#### 2.1.4. Antioxidantes

Los antioxidantes son una diversidad de compuestos que pueden inactivar o retardar la oxidación del producto, a través de mecanismos que ataquen a los propios radicales libres o que eviten que estos se formen, reduciendo el contenido de oxígeno o atrapando los radicales metálicos. Son moléculas que se interponen en las reacciones que conlleven a perder electrones, sin convertirse en agentes oxidantes ellos mismos (Sarria, 2021).

Las acciones del antioxidante pueden realizarse en tres instancias de la oxidación de los alimentos: a) en los aceites, directamente sobre los radicales libres de los ácidos grasos, b) sobre el oxígeno disuelto, y c) por secuestro de los metales catalizadores de las reacciones de autooxidación. Los antioxidantes realizan además su función en cascada, fomentando la formación del radical terciario resultante de atacarlos y que no es peligroso para el producto (Bisbal et al., 2020).

Los compuestos de ácido tartárico, fumárico y málico pueden llamarse semiacabados puesto que poseen propiedades muy cercanas a las de los llamados compuestos antioxidantes tales como: ácido 2,3-dihidroxisuccinico; ácido racémico, ácido trans-1,2-Etilenodicarboxílico, ácido trans-1,2-Etilenodicarboxílico, ácido trans-butenodioico, ácido 2-hidroxi 1,4-butanodioico, caso en el que éstos no pierden el átomo de hidrógeno unido directamente al oxígeno del grupo carboxilo conjugado, por lo que no se cumplirá ningún ciclo antioxidante posible; pero en la mayoría de los casos se unen covalentemente a los radicales desactivándolos, por lo que se les atribuyen algunas de las propiedades de los compuestos antioxidantes (Fernández, 2021).

#### **2.1.4.1. Antioxidantes y su importancia en la Industria Alimentaria**

En la actualidad, en la industria de alimentos, el interés por los antioxidantes es intensa, ya que las preocupaciones de los seres humanos no son sólo el sabor, precio o conocimiento de su origen. La nueva tendencia busca además productos que estén relacionados con la salud, en especial con la desestabilización de los radicales libres de vida tan corta, que se liberan constantemente al organismo desde fuentes endógenas y exógenas (Guambi et al., 2022).

El efecto protector de los antioxidantes está en constante investigación, su principal virtud es la neutralización de radicales libres, que son compuestos inestables que causan daño celular, vinculado a esto, la ingesta en gran cantidad de licopeno, se relaciona con un menor riesgo de desarrollar cáncer de próstata en hombres, así mismo, la luteína, se asocia con una menor incidencia en la degeneración del cristalino y puede prevenir el deterioro cognitivo, de igual modo, los flavonoides ayudan a prever enfermedades relacionadas con el metabolismo (Department of Health & Human Services., 2024).

Los alimentos como plátano, camote y yuca, una vez descascados, deben ser consumidos rápidamente porque las propiedades sensoriales del alimento se van alterando con rapidez. En ese caso, se ideó una forma de utilizar los compuestos antioxidantes naturales existentes en la uva para mejorar las propiedades sensoriales del plátano, camote y yuca, además de extender la vida útil del mismo (Macías, 2020).

Los antioxidantes naturales están presentes en diversas plantas, como del extracto obtenido a partir de la uva, donde se encuentra los ácidos alimentarios málico, tartárico y fumárico, ya que al ser una fruta vienen saturados de antioxidantes naturales. Estos compuestos mantendrán unidas las pastas de plátano, camote y yuca, inhibiendo el pardeamiento, además de mejorar y fortalecer el sabor (Granados & Moncada, 2024).

Los antioxidantes son nutrientes que se encuentran en los alimentos y que, una vez ingeridos, ejercen su acción protectora previniendo la oxidación de otras sustancias. Esta función protectora, apoyada por su capacidad para neutralizar los radicales libres, los convierten en auténticas armas para luchar contra el envejecimiento celular y algunas de las enfermedades más comunes en el mundo occidental. En este sentido, una dieta rica en antioxidantes ha sido asociada con un menor riesgo de desarrollar enfermedades cardiovasculares, diabetes y con una posible prevención de ciertos tipos de cáncer. (Ruiz & Torres, 2020)

Se ha encontrado que la adición de compuestos antioxidantes, no tóxicos y saludables, no ha sido considerada de manera particular en el desarrollo de ciertas formulaciones para productos a base de plátano, camote y yuca, tanto para sus productos convencionales como orgánicos. Por lo tanto, el desarrollo de dichas formulaciones a base de estos compuestos, permitirá a los productores y consumidores seleccionar un sustituto de los compuestos antioxidantes sintéticos dañinos, evitando los altos costos económicos y problemas de salud que generen (Enríquez et al., 2024).

La incorporación de compuestos antioxidantes en la fabricación de productos terminados permite aumentar la vida útil del producto y mejorará la aceptabilidad y comportamiento de los productos terminados en el mercado (Reyes, 2024).

#### **2.1.4.2. Capacidad antioxidante**

Los antioxidantes juegan un papel crucial en la salud humana, ya que son capaces de inhibir o retrasar la oxidación de otras moléculas, las reacciones de oxidación pueden producir radicales que comienzan reacciones en cadena que dañan las células, su consumo en la dieta es importante, ya que estos son capaces de neutralizar radicales libres, el organismo tiene un complejo de mecanismo de defensa contra los agentes oxidantes que se producen naturalmente en el metabolismo (Granados & Moncada, 2024).

Es decir, como lo indica Ramos (2019), los antioxidantes tienen fuertes efectos protectores contra las principales enfermedades ya que está relacionado con la disminución de enfermedades degenerativas y cardiovasculares también con el riesgo de contraer diabetes y obesidad.

Los antioxidantes reaccionan bioquímicamente con los ingredientes naturales para alterar o inhibir la formación de óxidos. (Ramos, 2019). Los efectos antioxidantes también se extienden a las proteínas asociadas a la inflamación y reducen el estrés oxidativo causado por la degradación del óxido de nitrógeno (II). El estrés oxidativo se caracteriza por un desequilibrio entre la producción de antioxidantes y oxidantes en el organismo, lo que conduce al desarrollo de diversas enfermedades (Fonseca et al., 2023).

#### **2.1.5. Ácido tartárico**

El ácido orgánico natural llamado ácido tartárico está presente en varios grupos de plantas y principalmente en diversas frutas, especialmente en la uva, el melocotón, manzana y plátano. Este material tiene una masa molar de 150 g/mol y es un polvo blanco cristalino con la fórmula química  $C_4H_6O_6$ . Aunque los ácidos orgánicos de bajo peso molecular como el citrato, el malato y el oxalato se encuentran con frecuencia en los exudados de raíces de las plantas, en el caso del ácido tartárico está distintivamente presente en los exudados de raíces de los hiperacumuladores (Ahmad et al., 2023).

El ácido tartárico es también conocido como ácido 2,3-dihidroxitartárico o dihidroxifumárico. En pequeñas cantidades, puede tener un sabor ácido parecido al de otros ácidos orgánicos. Sin embargo, su principal interés es la formación de sales, o tartaratos, en reacciones con cationes metálicos en los denominados tartratos. Las sales más importantes de este ácido son el bitartrato o cremor tártaro y la sal neutra o tartrato, ambas con un carácter ácido o monotartrato; y el tartrato convencional, con un carácter ácido o bitartrato (Taibe & Yugsi, 2021).

El ácido tartárico (también llamado bitartárico) es el ácido hidroxiaácido dicarboxílico, con dos grupos funcionales carboxilo (-COOH) en torno a un único átomo de carbono central. Tiene un sabor ácido, con un retrogusto amargo. Existen dos formas: L(+), su enantiómero óptico, y D(-). El L-tartárico es ampliamente utilizado debido a sus propiedades enológicas (Román et al., 2021). Yufeng et al. (2024) mencionan que este compuesto tiene propiedades antioxidantes y antibacterianas. Además, acorta el tiempo del tránsito intestinal y regula la composición de los ácidos biliares, lo que reduce el riesgo de desarrollo de cáncer de colon.

De tal manera que la investigación de Nepomuceno et al. (2024) nos indica que los ácidos naturales (ácidos cítrico, succínico, tartárico y sebácico, por ejemplo) se destacan como agentes de curado candidatos para sistemas epoxi dirigidos a propiedades vitriméricas, pero presentan algunas limitaciones, como la alta temperatura de fusión, baja solubilidad y en algunos casos inestable a alta temperatura (descarboxilación de ácido cítrico).

El ácido tartárico se encuentra naturalmente en varias plantas, tales como el tamarindo, la uva, el cardo santo (*Cnicus benedictus*), entre otros. Además, como aditivo se utiliza en la industria de los vinos, pasteles y esponjas. Este compuesto posee una alta solubilidad en agua (81 g/L a 25 °C) y no reacciona con los ácidos del ácido peracético, ácido acético o amoníaco cuaternario (Pumalema, 2020).

La utilización de un spray con antioxidantes como parte de un tratamiento antimicrobiano, constatándose su efectividad en dosis de entre 0,2 - 1,2 g/L, el ácido tartárico mostro una proporción fungicida con una actividad total del 99 %. No obstante, en dosis inferiores a 2 g/L, se demostró eficacia en la reducción de la carga bacteriana de la fruta, hasta un 98% para las dos principales bacterias aerobias, *Pseudomonas fluorescense* y *Erwinia carotova* subsp (Ochoa et al., 2023).

En procesos de trituración de hojuelas de papa, el uso de ácido tartárico (0,1%) evita que el producto adquiera un color parduzco asociado con la exposición al oxígeno. Aplicado al polvo de la masa, el ácido tartárico le impide a la harina absorber humedad de la atmósfera, con lo cual disminuye la tendencia de las papas fritas a pegarse entre sí (Garda, 2020).

El ácido tartárico no presenta una-compatibilidad con compuestos alcalinos, con lo que precisará ajustarse bien el control del pH, lo que resultará ser complicado si además estos son muy elevados, algo habitual hoy en día en productos tipo snack. Cualquier agente que se añada a las formulaciones que contenga calcio, magnesio o hierro producirá precipitados insolubles, por lo que habrá que evitar su empleo junto a algunas sales (citratos cálcicos o magnésicos, sulfato cúprico, etc.) (Muñoz, 2022).

El ácido tartárico es el principal enemigo de la gelificación y retrogradación del almidón. Algunos compuestos acidifican el pH, es decir, con electronegatividad del hidrógeno, y de esta manera mantienen un pH determinado o atacan al que ya existe, formándose mayor concentración del ácido no disociado que del disociado (Padial, 2021). Este ácido según Balanya et al. (2023) indican que el ácido tartárico, sin adición de cloruro de sodio, evita la aparición de proteólisis y controla el pH. También interviene en la gelatinización, evitando la retrogradación que causa pastosidad en panificación y galletas.

Las texturas finales de cada humedad (2-5%) en la formulación de hojuelas de papa varían con la inclusión o no de ácido tartárico. La gran parte de las humedades consideradas sin acidulante tienen texturas parecidas a la mezcla eutéctica (mezcla de varios componentes con punto de fusión), lo cual es lógico porque el valor es inferior a 0.05 y resulta siempre negativo. De ahí que la inclusión de una pequeña concentración de ácido tartárico forme un pequeño número de cristales llenando el vacío dejado por la reducción de cristales de  $\beta$ -dulcitol completo (Domínguez, 2023).

### 2.1.6. Ácido fumárico

Es un ácido dicarboxílico orgánico insaturado que tiene varios usos en la industria alimentaria a causa de su estructura molecular, incluido ser un agente reductor, enriquecedor de textura, regulador o controlador de pH y agente de fermentación. En ocasiones este ácido se encuentra en su estado innato, por ejemplo, en la fumaria, *Fumaria officinalis* L., de donde obtiene su nombre. El ácido fumárico también se conoce como ácido 2-butenoico, ácido trans-1,2-etilendicarboxílico, ácido tumárico, ácido alomaleico y ácido oleico (Novillo, 2020).

La tabla 1 ofrece una visión clara de las características físicas y químicas del ácido fumárico, útil para comprender su comportamiento en diferentes condiciones experimentales o industriales.

**Tabla 1**

*Propiedades físico-químicas del ácido fumárico*

Características	Unidad	Valor/ descripción
Color/Forma	-	Prismas monocíclicos o laminillas en agua; cristales incoloros; polvo blanco cristalino
Punto de Fusión	°C	287
Punto de Ebullición a 760 mmHg	°C	290
Punto de Ebullición a 1,7 mmHg	°C	165 sublima
Peso molecular	g/mol	116,07
Solubilidad del agua	-	Ligeramente soluble en agua
Gravedad específica	g/mL	1,001
Densidad 20/4 °C	g/cm <sup>3</sup>	1,635

**Fuente:** (Novillo, 2020).

El ácido fumárico genera sabor durante la aplicación, durante la reacción térmica con carbonatos, durante la interacción con enzimas proteolíticas y durante los cambios posenzimáticos en muestras envejecidas. El punto de ebullición es menor posterior al primer calentamiento, por lo que se perderá con otro compuesto volátil. Tiende a no ser reactante o catalizador de reacciones físicas, químicas, de deterioro o equilibrios, por lo que se puede considerar como inerte, excepto en la cristalización (Fernández et al., 2020).

#### **2.1.7. Ácido málico**

El ácido málico es un ácido dicarboxílico de origen natural que está presente en su mayoría en alimentos vegetales, primordialmente en frutas de sabor ácido como las uvas, manzanas y las cerezas no maduras. También es concurrente en algunos de sus derivados, como en el vino. El ácido málico se emplea como aditivo alimentario y es uno de los ácidos más abundantes de la naturaleza, es fácilmente metabolizable por los microorganismos (Saigua & Sánchez, 2021).

En un estudio con una muestra de yuca a la que se aplicó una solución de agua y cloruro de sodio al 5% (Prueba Testigo), y otras dos muestras donde se añadieron 500 y 1000 ppm de la mezcla de ácidos orgánicos (Ácido málico y tartárico), respectivamente. Se observó que no hubo diferencia entre los tres tratamientos para 20 días a 3 °C, al contrario de la maduración, punto que se observan diferencias (Peñuela, 2023).

#### **2.1.8. Métodos para la determinación de la capacidad antioxidante**

Al medir la capacidad antioxidante del compuesto en cuestión, la intensidad del color se reduce debido a la reacción directa con los radicales libres. Los radicales libres son compuestos con electrones no apareados. Por tanto, son muy activos y tienden a tomar electrones de moléculas estables para conseguir estabilidad electroquímica, estas muestras se realizan con los sobrenadantes por los métodos estandarizados colorimétricos (Mejía et al., 2021).

Los diversos compuestos cromógenos ((ABTS (ácido 2,2'-azino-bis 3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico), DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidracilo) y FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power)) presentan una excelente estabilidad en ciertas condiciones, los métodos más aplicados son ABTS y DPPH. Aunque también muestran diferencias, cabe destacar que la capacidad antioxidante se ha convertido en una característica ampliamente demandada en los alimentos, por su determinación más rápida que permite ahorrar tiempo en comparación con otros métodos (Mejía et al., 2021).

#### **2.1.8.1. Método ABTS (2,2'-Azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid))**

En el método ABTS se puede medir la actividad de compuestos de naturaleza hidrofílica y lipofílica. Otra ventaja del radical ABTS es que tiene máximos de longitud de onda de absorción a 414, 654, 754 y 815 nm en medio alcohólico. Este método es más adecuado para analizar compuestos coloreados, como las antocianinas, y reduce la posibilidad de interferencia de compuestos con pigmentación (Díaz, 2021).

Por ello, se utilizan para determinar la capacidad de los compuestos fenólicos de las frutas para eliminar los radicales libres y así combatir los efectos nocivos de los procesos de oxidación relacionados con las especies reactivas de oxígeno (Ruiz, 2020).

#### **2.1.8.2. Método FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power)**

Con respecto al método FRAP, esta técnica óptica se utiliza para medir la difusión lateral bidimensional de moléculas en películas delgadas, como membranas, utilizando sondas marcadas fluorescentemente, también tiene aplicaciones en la unión a proteínas (Aherm, 2022).

### **2.1.8.3. Método DPPH (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl)**

El DPPH es un radical libre y puede obtenerse directamente sin preparación previa, mientras que el ABTS debe obtenerse por reacción química. En el caso del ABTS, es un método químico donde el radical ABTS se obtiene tras una reacción química en específico reacción de oxidación que puede ser con persulfato de potasio, dióxido de magnesio. Una de las ventajas de este método es capaz de medir compuestos tanto lipofílicos e hidrofílicos, además presenta un amplio espectro de absorbancia 414 nm, 654 nm, 754 nm y 815 nm en etanol (Díaz, 2021).

En una solución de DPPH, cuando reacciona con un sustrato antioxidante que puede donar un átomo de hidrógeno, el color púrpura de la solución original desaparece de la púrpura al amarillo (reducción de radicales libres por antioxidantes), el amarillo es un color indicador. sobre las características antioxidantes de las muestras de alta importancia analizadas (Ruiz, 2020).

### **2.1.9. Efectos de los compuestos antioxidantes en las propiedades sensoriales**

Al analizar el parámetro sensorial, es perceptible que a mayor concentración del antioxidante (1% y 1.5%), disminuyó el valor de L\* (tono: luminosidad) e influencia sin efectos en el eje b\* (-a\*/+b\* amarillento - azul), sobre la yuca, contradiciendo la hipótesis en la cual este pigmento añadido tuvo mejor influencia que un antioxidante comercial sobre las propiedades sensoriales. Al 50 % la vitamina C disminuyó la luminosidad, con respecto a la adición de Céstil E (0.05%) en el camote, a su vez la vitamina C tuvo una influencia más marcada en el parámetro b\* que el antioxidante comercial (Colavita, 2022).

La adición de antioxidantes orgánicos como ácido málico, ascórbico y gálico disminuyó la decoloración del producto final, favoreciendo en las propiedades relacionadas con la calidad sensorial (sabor y aroma) de los snacks de papa, camote y zanahoria, por el contenido calórico y beneficiosas por el aporte de micronutrientes esenciales (Robles, 2023).

A una mayor concentración del antioxidante como ácido málico, y ferúlico (+0.3%), se disminuye el valor de L\* e incrementa el b\* (amarillento) en la yuca obteniendo valores cercanos al testigo que desmejoró en la característica sensorial y culinaria de los snacks, contrarrestando la calidad sensorial de los purés, en base al deterioro físico-químico de los atributos analizados (Vergaray, 2022).

La adición de antioxidante (ácido tánico 1%) en los snacks no presentó diferencia en relación a la coloración del testigo en la yuca. Fue perceptible los cambios en cuanto a luminosidad y valor cromático con respecto al puré con y sin adición del mismo, disminuyendo la posibilidad oxidativa favoreciendo al testigo en el sabor, aroma, aceptabilidad general o preferencia por parte de la evaluación sensorial del puré en la cual se influyó por los poderes antioxidativos y las sub-propiedades logarítmicas de los compuestos antioxidantes con relación al agente oxidativo (oxígeno) presente y por ende conservaron las propiedades funcionales con mejor calidad sensorial (Zárate, 2023).

#### **2.1.10. Mecanismos de acción**

La acción antioxidante de ácidos orgánicos como ácido tartárico, fumárico y málico en una matriz alimentaria se basa en la habilidad para quelar metales de transición en solución, pudiendo atrapar derivados lipídicos del oxígeno y del nitrógeno, así como los intermediarios que generan un radical. Se ha demostrado la acción sinérgica de vitamina C y el ácido cítrico en su papel antioxidante. La aplicación de ácido ascórbico retrasa la aparición y evolución de sabores florales en plátanos almacenados 10 días más que aquellos tratados con N-acetilcisteína (antioxidante no ácido) (Granados & Moncada, 2024).

De acuerdo con Roque (2021) encontró disminución en la velocidad de propagación de la onda en el ácido cítrico, pero aceleración para el ácido fumárico y ácido eicosapentaenoico. A pesar de que los efectos sobre la velocidad del proceso van a depender mucho de la matriz a la que se le vaya a incorporar el ácido orgánico, son pocos los estudios que describen los efectos de concentraciones de ácido orgánico en la propagación de ondas de rehidratación. Se realizaron cortes de camotes (cas) de 1,5 mm de espesor con una cortadora, los cuales fueron colocados en empaques de polietileno de baja densidad (PEBD) con 15 g de pulpa y una porción de las siguientes soluciones: 50, 100, 200 o 400 mg ácido ascórbico (AA) + 400 mg ascorbato de sodio (NaA).

#### **2.1.11. Impacto del uso de los ácidos tartárico, fumárico y málico en snacks.**

González (2021) manifiesta que a menudo, las empresas fabricantes de snacks se enfrentan a problemas de humedad en productos fritos, horneados o extrusionados, provocados por la migración de la humedad del aire circundante. Durante la vida útil del producto, la humedad se traslada lentamente hacia la superficie del producto a lo largo de un gradiente de concentración, causando la condensación en la superficie, la transferencia al siguiente producto y finalmente el emparillado o la pérdida de textura. Los agentes humidificantes, como los azúcares, se utilizan en la formulación con el fin de evitar este fenómeno y reducir el contenido de agua del aire.

Ruiz & Torres (2020) mencionan que el uso de los antioxidantes tiene los siguientes impactos:

- Lograr perfiles de sabor completos: los antioxidantes favorecen la liberación de nocivos aldehídos del aroma.
- Mejorar la textura de los alimentos: estimula el sabor umami producido por los glutamatos aromáticos y mejores perfiles de sabor.

- Prolongar la vida útil del producto al inhibir el crecimiento microbiano.
- La razón es porque el ácido funciona para reducir el pH en todas partes de la masa del producto y no solo en la superficie, y como un regulador del pH puede dar lugar a resistencia a la acción de bactericida y del conservante. De hecho, incluso los ácidos más débiles tienen un efecto antibacteriano directo en los alimentos, aunque su actividad antibacteriana se basa principalmente en su efecto como regulador del pH.

### 2.1.12. Impacto en la salud humana

La información que a continuación se expone es una recopilación de estudios que han demostrado el impacto beneficioso de los antioxidantes concentrados en el ácido tartárico, el ácido málico y el ácido fumárico en la salud de las personas (Sisa, 2023).

**Ácido fumárico:** Control de peso, inhibidor de *Salmonella*, estimulante inmunológico, componente natural del metabolismo de células mamíferas (García, 2022).

**Ácido málico:** Empleo en mejoradores de la función cognitiva y energética, restricción del tiempo de las contracciones musculares, eliminación del ácido úrico de los riñones, tratamiento contra la fibromialgia, tratamiento de la disfunción eréctil, tratamiento contra la psoriasis, tratamiento contra la esclerosis múltiple, tratamiento contra la beriliosis, tratamiento de la gerodermia pigmentosa, apoyo frente a la quimio y la radioterapia, control del apetito, mejora de la hidratación, poder acidificar, evitar la producción de radicales libres durante el ejercicio aeróbico, ayudar a la producción de energía. (Dos Reis et al., 2020)

**Ácido tartárico:** Antioxidante, suplemento deportivo (ayuda en el síndrome de fatiga crónica), mejora la sensación de hambre, mantenimiento o incremento de la hidratación, producción de ácido láctico, evitar la formación de radicales libres durante la formación de energía (López, 2020).

## **2.2. MARCO METODOLÓGICO**

El presente trabajo se realizó mediante una revisión bibliográfica explorativa de información científica relevante y verificable, se seleccionó artículos científicos, tesis de grado, tesis de posgrado, revistas académicas, libros y páginas web que cumplan con criterios de relevancia y calidad científica de los últimos años. Los instrumentos utilizados comprenderán motores de búsqueda en línea, software de gestión bibliográfica y herramientas de análisis textual como utilizando artículos de: Elsevier, BBC, PubMed, SciELO, Scopus, Google académico, Dialnet, ScienceDirect y gestores bibliográficos como Mendeley y Zotero para facilitar la organización, categorización y síntesis de la información recopilada.

### 2.3. RESULTADOS

La adición de compuestos antioxidantes, no tóxicos y saludables, no ha sido considerada de manera particular en el desarrollo de ciertas formulaciones para productos snacks a base de plátano, camote y yuca, tanto para sus productos convencionales como orgánicos. El desarrollo de formulaciones a base de estos compuestos, cuando no hay selección de aditivos provenientes de la agricultura orgánica, permitirá a los productores y consumidores seleccionar un sustituto de los compuestos antioxidantes sintéticos dañinos, evitando los altos costos económicos y problemas de salud que generen.

El ácido tartárico inhibe ciertas reacciones químicas como la oxidación, por lo que suele usarse para evitar el desgrane del almidón que provoca rancidez por oxidación lipídica. Es el principal enemigo de la gelificación y retrogradación del almidón. El ácido fumárico intensifica y permite conservar el sabor durante su aplicación, a lo largo de la reacción térmica con carbonatos y a través de los cambios posteriores a la acción enzimática. El ácido málico contribuye al poder antioxidante general gracias a su estructura química que permite la donación de electrones para neutralizar especies reactivas de oxígeno.

Para la extracción y cuantificación de estos compuestos antioxidantes, se utilizan métodos como FRAP, ABTS y DPPH, que permiten la identificación y la medición precisa de dichos compuestos. FRAP evalúa la reducción del ion férrico a ferroso, detectado a 593 nm. ABTS mide la decoloración del radical ABTS+, cuyo color verde azulado se reduce en presencia de antioxidantes. DPPH utiliza un radical libre púrpura que cambia a amarillo cuando es neutralizado por antioxidantes.

La L-cisteína y el ácido ascórbico son antioxidantes efectivos para prevenir el oscurecimiento de los trozos de plátano. Un efecto sinérgico fue encontrado en el uso de L-cisteína y ácido cítrico con gran potencial de inhibición de oscurecimiento enzimático de plátano en pedazos; el uso de L-cisteína ocasionó una coloración rosácea indeseable en el fruto.

El antioxidante extraído de la yuca, el resveratrol, ayuda con la reducción del colesterol malo en el organismo. Los compuestos fenólicos (ácidos fenólicos, ligninas, tanino y antocianinas) del camote con actividad antioxidante presentan grandes beneficios para el ámbito de la salud y nutrición de los consumidores.

El uso de los ácidos tartárico, fumárico y málico en la formulación de snacks puede tener un impacto significativo en su calidad general, no solo como conservantes sino también en la mejora de las propiedades nutricionales. Estos ácidos, al actuar como antioxidantes, protegen los componentes lipídicos y otros nutrientes sensibles en los snacks. Además, su inclusión puede contribuir a un perfil de sabor más equilibrado, mejorando la experiencia del consumidor. Sin embargo, es crucial evaluar la concentración adecuada para evitar efectos no deseados, como un exceso de acidez que podría alterar el sabor final del producto.

## 2.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Ponce (2022) manifiesta que la adición de ácidos orgánicos no solo tiene el potencial de aumentar la actividad antioxidante de los snacks, sino que también puede mejorar su perfil sensorial y su aceptabilidad por parte de los consumidores. La combinación de diferentes ácidos orgánicos presenta diferencias significativas en la acidez, esto debido a que se potencian los efectos de dichos compuestos mutuamente.

Chamba (2023) expresa que los procesos involucrados en la elaboración de harina a partir de camote (*Ipomoea batatas*) y mashua (*Tropaeolum tuberosum*) afectan los compuestos bioactivos que contienen en comparación con su estado natural. Utilizando el método DPPH, se pudo analizar la capacidad antioxidante de cada harina de tubérculo examinada. Esta actividad fue significativa en comparación con los mismos tubérculos, pero en su estado natural. A pesar de la reducción mínima en la capacidad de eliminación de radicales DPPH en cada harina y la mayor actividad antioxidante de la harina de mashua en comparación con la harina de camote.

Sarria et al. (2017) expresan que el uso de ácido cítrico y L-cisteína es un tratamiento adecuado para conservar las rodajas de plátano verde y yuca, y el procesamiento en bolsas plásticas vacías provoca menos cambios en las cualidades fisicoquímicas y la resistencia, lo que extiende la vida útil hasta 21 días a una temperatura de  $11 \pm 2$  °C y una humedad relativa de  $92 \pm 2\%$ .

Según Fernández (2021), la incorporación de ácido málico en la formulación de snacks a base de papa ejerce un impacto notable en la preservación de sus propiedades antioxidantes. El ácido málico contribuye a la estabilización de antioxidantes endógenos en la papa, como la vitamina C y ciertos polifenoles, protegiéndolos de la degradación durante el procesamiento térmico y el almacenamiento. Esto no sólo prolonga la vida útil del producto, sino que también mantiene su perfil organoléptico, asegurando que los snacks mantengan su frescura y palatabilidad, aspectos críticos para la aceptación del consumidor.

### 3. CONCLUSIONES Y RECOMEDACIONES

#### 3.1. CONCLUSIONES

Mediante el análisis de resultados se describen las siguientes conclusiones:

- El ácido tartárico, fumárico y málico pueden mejorar la estabilidad y la capacidad antioxidante de los compuestos fenólicos presentes en snacks a base de yuca, plátano y camote.
- La adición de antioxidantes orgánicos como ácido málico, tartárico y fumárico disminuye la decoloración y rancidez, pudiendo favorecer las propiedades relacionadas con la calidad sensorial (sabor y aroma) de los snacks de yuca, camote y plátano, por el contenido calórico y beneficiosas por el aporte de micronutrientes esenciales.
- Los antioxidantes como la L-cisteína, el ácido ascórbico y el ácido cítrico ayudan a prevenir el oscurecimiento del plátano, manteniendo su calidad y apariencia. El resveratrol de la yuca también contribuye a la estabilidad del producto, mientras que los antioxidantes en el camote preservan la frescura y el valor nutritivo. Estos compuestos son clave para asegurar la seguridad y calidad alimentaria.
- La eficacia de cada ácido puede variar según las condiciones de procesamiento. El ácido tartárico destaca debido a su capacidad para mejorar la estabilidad y retención de antioxidantes durante el procesamiento térmico. A diferencia del ácido fumárico, que es menos soluble, y del ácido málico, que no preserva tan eficazmente los antioxidantes, el ácido tartárico asegura una mayor absorción y eficacia antioxidante, además de inhibir mejor la oxidación gracias a su pH bajo.
- Los métodos más utilizados para determinar la capacidad antioxidante de los snacks son: Método ABTS (2,2'-Azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)) y Método DPPH (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl) debido a su simplicidad y rapidez.

### 3.2. RECOMEDACIONES

A continuación, se describen las siguientes recomendaciones:

- Aplicar antioxidantes como ácido málico, tartárico y fumárico en la preparación de los snacks para evitar su oxidación, proceso que puede llevar a la degradación de nutrientes, afectando su calidad y valor nutricional.
- Realizar el trabajo experimental sobre la dosificación de antioxidantes como el ácido málico, tartárico y fumárico y establecer los parámetros de evaluación sensorial.
- Utilizar compuestos antioxidantes como L-cisteína, ácido ascórbico, ácido cítrico, resveratrol, ácidos fenólicos, ligninas, tanino y antocianinas ayuda a mantener la seguridad y calidad alimentaria de los productos.
- Innovar en la aplicación de ácidos poco explotados como potenciadores de la capacidad antioxidante en la elaboración de snacks que pueden llegar a ser una gran oportunidad para los micro productores, permitiendo que su producto compita en términos de aceptabilidad y calidad con productos de marcas reconocidas en el mercado.
- Consumir alimentos con alto contenido antioxidante por sus beneficios funcionales en el cuerpo, como la disminución en la degradación del cristalino, prevención del deterioro cognitivo, enfermedades relacionadas con el metabolismo y enfermedades cardiovasculares.

## 4. REFERENCIAS Y ANEXOS

### 4.1. REFERENCIAS

Aherm, K. R. (2022). Dinámica de Membranas (FRAP). *Oregon State University*.

Ahmad, J., Ahmad Nasim, Y., Sumera, J., Shakil, A., Ayesha, Y., Ozair, C., . . . K Mansour, G. (2023). Investigar la eficacia de la inducción de melatonina endógena mediada por zinc y ácido tartárico para mitigar el estrés por arsénico en *Tagetes patula* L. *Science direct*.

Alomar, M. F. (2019). *ANTIOXIDANTES: captadores de radicales libres ó sinónimo de salud?* Obtenido de <https://www.soarme.com/archivos/1324143195.pdf>

Amaral, R.D.A.; Benedetti, Columbia Británica; Pujolà, M.; Achaerandio, I. Efecto del ácido cítrico sobre el pardeamiento de las patatas recién cortadas y sobre la textura después de freír. *Acta Hortic.* 2018, 1209, 259–264.  
<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2018.1209.37>.

Balanya, T., Coll, M., & Jiménez, P. (2023). Aplicació de la química bàsica en un context (medi ambient, alimentari o agronòmic) (Tesis de grado, Universitat Politècnica de Catalunya). <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/398395>

Bisbal, J. J. S., Lloret, J. M., Lozano, G. M., & Fagoaga, C. (2020). Especies vegetales como antioxidantes de alimentos. *Nereis. Interdisciplinary Ibero-American Journal of Methods, Modelling and Simulation*, (12), 71-90.

Brownmiller, C.; Howard, L.R.; Anteriormente, R.L. Procesamiento y almacenamiento de antocianinas monoméricas por ciento de color polimérico y antioxidante capacidad de Procesado arándano productos. *J.ViveresEsquí*.72–79.<https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2008.00761.x>.

Colavita, G. M. (2022). Respuesta antioxidante y hormonal al estrés por alta radiación solar en frutos de manzana (Tesis de grado, Universidad Nacional de la Plata). <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/133599>

- Carreira, M. (09 de Marzo de 2021). *El Platano: ¿Cuáles son sus beneficios y propiedades?*  
Obtenido de Salud: <https://www.salud.mapfre.es/nutricion/alimentos/platano-beneficios-nutricionales/>
- Chamba, J. (2023). Determinación de componentes fenólicos y antioxidantes en harina de camote morado (*Ipomeas batatas*) y mashua (*Tropaeolum tuberosum*) (Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato).  
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/37937/1/CBT%20027.pdf>
- D'Amelia, V.; Sarais, G.; Fais, G.; Dessì, D.; Giannini, V.; Garramone, R.; Carputo, D.; Melito, S. Caracterización bioquímica y Efectos de los métodos de cocción sobre los principales fitoquímicos de los tubérculos de papa roja y morada, un alimento funcional natural. *Alimentos* 2022, 11, 384. <https://doi.org/10.3390/foods11030384>.
- Dilas, N. (2022). Formación de acrilamida durante la fritura de papa (*Solanum tuberosum*) y cuatro raíces amiláceas sometidas a escaldado y acidificación (Tesis de grado, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas).  
<https://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14077/2909/Dilas%20Inga%20Nalda%20Elizabeth.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Dirección General de Comunicación Social, UNAM. (30 de Julio de 2019). *LA UNAM TE EXPLICA: LOS BENEFICIOS DEL CAMOTE*. Obtenido de Fundación UNAM:  
<https://www.fundacionunam.org.mx/unam-al-dia/la-unam-te-explica-los-beneficios-del-camote/>
- Dos Reis, J., Echeverry, A., Zuñiga, R., Alvarez, V., Zaritzky, N., Aguayo, L., & Orjuela, J. (2020). VI Simposio Internacional Agroalimentario "Innovación para el emprendimiento y Desarrollo Alimentario Sostenible"-SIAL19-Memorias. [unicordoba.edu.co](http://unicordoba.edu.co)
- Domínguez, L. (2023). Cambio de los hábitos alimentarios y de actividad física durante el aislamiento social, preventivo y obligatorio de los alumnos entre 25 y 45 años que asisten al al gimnasio Power Gym en los meses de agosto y septiembre del año 2022 en la Ciudad de Concepción del Uruguay, Provincia de Entre Ríos (Tesis de grado, Universidad Concepcion del Uruguay).  
<http://repositorio.ucu.edu.ar/bitstream/handle/522/625/DOMINGUEZ%2c%20Luisina.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Enríquez, R., Reyes, J., Guerra, C., Rivera, C., Rodríguez, S., & Garza, M. (2024). Avances recientes en el desarrollo de recubrimientos comestibles aplicados en productos cárnicos. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 9(1), 32-42.
- Fonseca, D., Mojica, L., A. Berhow, M., Brownstein, K., Lugo Cervantes, E., & González de Mejía, E. (2023). Frijoles negros y pintos (*Phaseolus vulgaris* L.) variedades mexicanas únicas exhiben potencial antioxidante y antiinflamatorio. *Science Direct*.
- Fernández, I. (2021). Influencia de la matriz alimentaria y el procesado en la estabilidad, bioaccesibilidad y metabolismo de compuestos fenólicos naturales en un modelo dinámico de digestión gastrointestinal y fermentación colónica (Tesis de grado, Universidad Complutense de Madrid).  
<https://docta.ucm.es/entities/publication/ed5073bb-266e-4bb0-bf35-555fb5cfe6b5>
- Fernández, P., Foy, I., Galván, J., & Jara, D. (2020). GELARROBINA (Tesis de grado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas).  
<https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3092182>
- FAO. (2018). Superficie y producción de cultivos a nivel mundial.  
<https://fao.org/4/Y1860s/y1860s08.htm>
- García, M. (2022). Valoración del estado nutricional e inmunológico en la recuperación de la anemia ferropénica con fermentados lácteos de cabra o vaca (Tesis de grado, Universidad de Granada). <https://digibug.ugr.es/handle/10481/74591>
- Granados, R. & Moncada, F. (2024). Efecto del extracto de yacón (*Smallanthus Sonchifolius*) en las características fisicoquímicas, sensoriales y actividad antioxidante del hidromiel artesanal (Tesis de grado, Universidad Nacional del Santa).  
<https://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/4650>
- Guambi, D., Diaz, G., Marín, I., & Antamba, E. (2022). La potencialidad de las enfermedades transmitidas por alimentos (ETA'S) en los conceptos y estilos culinarios: Una Revisión. *FACSALUD-UNEMI*, 6(11), 66-75. <https://doi.org/10.29076/issn.2602-8360vol6iss11.2022pp66-75p>
- Garda, M. (2020). Técnicas del manejo de los alimentos.  
<https://www.eudeba.com.ar/Papel/9789502316611/T%C3%A9cnicas+del+manejo+de+los+alimentos>

- González, R. (2021). Potencial tecnológico y digestibilidad in vitro de diferentes extractos ricos en fibra procedentes de coproductos del caqui (*Diospyros kaki*). Aplicación a alimentos (Tesis de grado, Universidad Miguel Hernández de Elche).  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=291795>
- López, V. (2020). CÓMO CUIDARSE PARA EL ÉXITO: ¿Qué harás ahora cuando descubras los beneficios de la suplementación y de las plantas medicinales deportivas?.  
<https://bellavidafit.com/product/como-cuidarse-para-el-exito-que-haras-ahora-cuando-descubras-los-beneficios-de-la-suplementacion-y-de-las-plantas-medicinales-deportivas/>
- Muñoz, M. (2022). Evaluación de la actividad antibacteriana de péptidos sintéticos y de nanopartículas de plata (AgNPs) derivadas de *Opuntia ficus-indica* (Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Aguascaliente).  
<http://bdigital.dgse.uaa.mx:8080/xmlui/handle/11317/2321>
- MAGAP. (2020). *Variedad de yuca “La Rendidora”, nueva opción para familias*. Obtenido de Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y pesca:  
<https://www.agricultura.gob.ec/variedad-de-yuca-la-rendidora-nueva-opcion-para-familias-productoras-de-manabi/>
- Macías, V. (2020). Consumo responsable: motivaciones que influyen en la compra de alimentos orgánicos en hombres y mujeres de 35 a 44 años en la ciudad de Guayaquil derivado (Tesis de grado, Universidad Casa Grande).  
<http://dspace.casagrande.edu.ec:8080/handle/ucasagrande/2598>
- Mejía Reyes, J., García Cabrera, K., Valásquez Ovalle, G., & Vázquez Ovando, A. (2021). Capacidad antioxidante: conceptos, métodos de cuantificación y su aplicación en la caracterización de frutos tropicales y productos derivados. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*.
- Nepomuceno, N., Hassani, C., Wellen, R., Caillol, S., & Negri, C. (2024). Redes adaptables covalentes libres de catalizador de origen completamente biológico a partir de aceite de soja epoxidado y ácido L-tartárico. *science direct*.
- Novillo Quirola, D. (2020). *Evaluación de la producción de Ácido fumárico mediante fermentación sumergida de bagazo de caña (Saccharum officinarum L.) utilizando Rhizopus sp. como biocatalizador*. [Tesis de Ingeniería, Universidad Politécnica

*Salesiana sede Cuenca*]. Repositorio Institucional. Obtenido de  
<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/18691>

Ortiz, S. (2024). Evaluación de la sustitución de harina de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) Y amaranto (*Amaranthus* sp.) en la elaboración de galletas (Tesis de grado, Universidad Técnica del Norte). <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/16149>

Ochoa, A., Arias, J., Franco, F., Mendoza, J., Félix, J., Uribe, N., & Cadena, F. (2023). Efecto Inhibitorio de Extractos Hidroalcoolicos de *Larrea Tridentata* Sobre *Saprolegnia* Sp. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(5), 2968-2990.

Pineda, J. (2021). Evaluación de diferentes métodos de aplicación de fungicidas y extractos botánicos para el control de pudrición de corona de banano (Tesis de grado, Universidad Técnica de Machala).  
<https://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/16561>

Pumalema, M. (2020). Caracterización de la goma obtenida de la semilla de Tamarindo (*Tamarindus indica* L.) (Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato).  
<https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/31410>

Ponce, C. A. (2022). *Evaluación de diferentes dosis de ácido cítrico y ascórbico en la actividad antioxidante del plátano (Musa paradisiaca) para la producción de snacks (CHIFLES)*.  
<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiy-fCZ3bqGAXV8mIQIHRpSCq0QFnoECA4QAQ&url=https%3A%2F%2Frepositorio.espam.edu.ec%2Fhandle%2F42000%2F1750&usg=AOvVaw0J-mBBuseOV2sUF9u5EhV6&opi=89978449>

Peñuela, N. (2023). Formulación del plan para la reducción de impacto por olores ofensivos (prio) para la planta de aguas residuales (PTAR) Zipa II ubicada en el casco urbano de (Tesis de grado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas).  
<https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/35727>

Padial Domínguez, M. (2021). Diseño y estabilización de lípidos funcionales (Tesis Doctoral, Universidad de Granada).  
<https://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/68160/75321.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

- Reyes, R. (2024). Caracterización de una biopelícula elaborada con carboximetilcelulosa, harina de cáscara y almidón de Oxalis tuberosa y maíz (*Zea mays*) (Tesis de grado, Universidad Autónoma del Estado De Hidalgo).  
<http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/handle/231104/4875>
- Robles, D. (2023). Evaluación de la funcionalidad de películas biodegradables adicionadas con extractos de col morada (*Brassica oleracea* var. *Capitata*) como indicadores de pH (Tesis de grado, Universidad Autónoma del Estado de México).  
<http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/138420>
- Román, T., Tonidandel, L., Nicolini, G., Larcher, R., & Celotti, E. (2021). Efectos del tratamiento con ultrasonidos en los precursores tiólicos de las uvas. *Revista Internet de Viticultura y Enología*, 6(3), 1-7.
- Ramos Lalaleo, E. (2019). *Extracción y Microencapsulación de antocianinas a partir de col morada (Brassica oleracea L.) [Tesis de Ingeniería, Universidad Técnica de Ambato]*. Repositorio institucional. Obtenido de  
<http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/29999>
- Ruiz Benitez, M. (2020). *Determinación de la actividad antioxidante [Guía de laboratorio, Universidad Simón Bolívar]*. Repositorio Institucional. Obtenido de  
<https://hdl.handle.net/20.500.12442/7986>
- Ruiz, I. B. & Torres, E. V. (2020). La dieta mediterránea. *Encuentros en la Biología*. uma.es
- Roque, J. (2021). Variación de la capacidad antioxidante durante el procesamiento del nectar de cocona (*Solanum sessiliflorum* Duna) fortificado con Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willdenow) (Tesis de grado, Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios).  
<https://repositorio.unamad.edu.pe/handle/20.500.14070/667?show=full>
- Sisa, G. (2023). Evaluación de la capacidad antioxidante de un yogurt elaborado con la incorporación de cáscara de mango (*Mangifera indica*) de la variedad Tommy Atkins (Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato).  
<https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/39423>
- Saigua Chilig, P., & Sánchez Paredes, M. (2021). *Evaluación y caracterización de ácidos orgánicos presentes en cuatro bebidas ancestrales fermentadas con preparados enzimáticos. [Tesis de Ingeniería. Universidad Técnica de Cotopaxi]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/8175>

- Sarria, S. (2021). Antioxidantes para aplicación en frutas y hortalizas mínimamente. Alternativas de aprovechamiento de los residuos en la agroindustria, 101.  
<https://www.redalyc.org/journal/104/10458194006/html/>
- Sarria, S., Ganoa, A., Hleap, J. (2017). Efecto del Uso de Antioxidantes en Plátano Verde DominicoHartón (Musa AAB Simmonds) Cortado en Rodajas. Información Tecnológica, 28(4), 1-10.
- Taipe, C. & Yugsi, C. (2021). Evaluación y caracterización de ácidos orgánicos presentes en la bebida fermentada ancestral de chonta (*Bactris gasipaes*) con kéfir (Tesis de grado, Universidad Técnica de Cotopaxi). <https://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/10135>
- Vinci, R.M.; Mestdagh, F.; Van Poucke, C.; Kerkaert, B.; De Muer, N.; Denon, Q.; Van Peteghem, C.; De Meulenaer, B. Implementacion de Estrategias de mitigación de la acrilamida en la producción industrial de incendios franceses: desafíos y dificultades. J. Agric. Food Chem. 2011, 59, 898–906. <https://doi.org/10.1021/jf1042486>.
- Ventura, S. & Mendoza, J. (2020). Alimentos potenciales a base de yuca y camote como fuente de carbohidratos complejos para contribuir en la dieta de personas con intolerancia al gluten (Tesis de grado, Escuela De Tecnología En Alimentos).  
<http://www.redicces.org.sv/jspui/bitstream/10972/4212/1/03%20Alimentos%20ACELYSE%20Ebook.pdf>
- Vergaray, D. (2022). Efecto de la proporción de almidón nativo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) variedad Blanca: goma guar y pH en las propiedades reológicas, estabilidad en congelación y firmeza de relleno de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) (Tesis de grado, Universidad Privada Antenor Orrego).  
<https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/9507>
- Yufeng, P., Yu, É., Xiaofán, W., Chao, X., Li, L., Qingyun, S., . . . Jidong, J. (2024). El ácido tartárico mejora la enfermedad experimental del hígado graso no alcohólico al activar la vía de señalización de la proteína quinasa activada por AMP. *Science direct*.
- Zárate, M. (2023). Influencia de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de yuca (*Manihot esculenta*) en la elaboración de pastas con adición de extractos vegetales (Tesis de grado, Universidad Técnica de Cotopaxi).  
<https://repositorio.utc.edu.ec/jspui/bitstream/27000/11619/1/MUTC-001767.pdf>

#### 4.2. ANEXOS



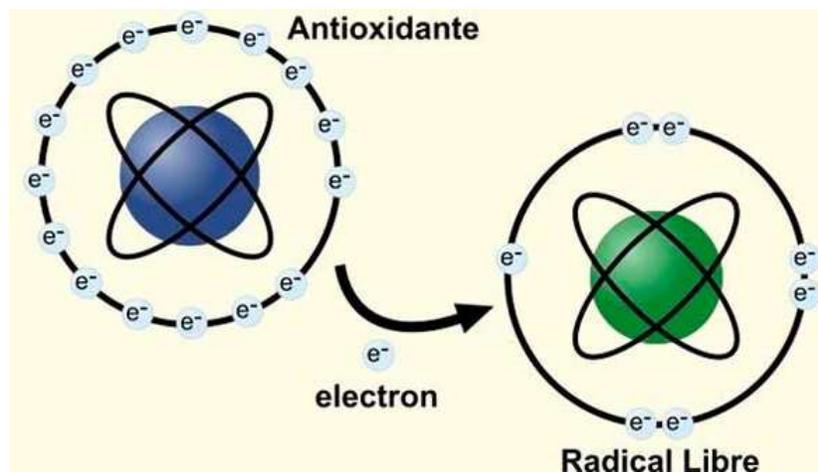
**Figura 1.** Snacks de camote



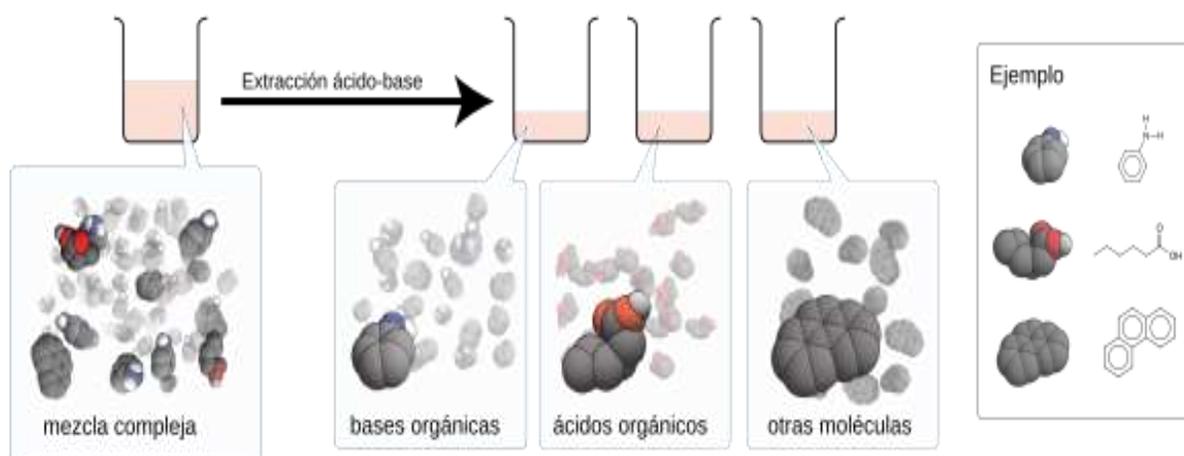
**Figura 2.** Snacks de plátano



**Figura 3.** Snacks de yuca



**Figura 4.** Proceso de neutralización de radical libre por el antioxidante al donar un electrón



**Figura 5.** Proceso de extracción de ácidos carboxílicos