

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISION DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS



Evaluación de las propiedades funcionales y antimicrobianas de extractos obtenidos de flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) y sus encapsulados.

Por:

Rosa Isela Secundino Telesfor

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre 2023

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISION DE CIENCIA ANIMAL

Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos

Evaluación de las propiedades funcionales y antimicrobianas de extractos obtenidos de flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) y sus encapsulados.

Por:

ROSA ISELA SECUNDINO TELESFOR

TESIS

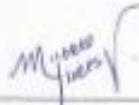
Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

Fue dirigida y aprobada por el siguiente comité Asesor:



Dr. Mario Alberto Cruz Hernández
Director



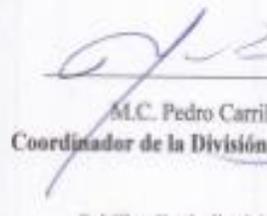
M.C. Mildred Inna Marcela Flores Verastegui
Asesor



Dra. Ruth Elizabeth Belmares Cerda
Asesor



Dra. Sonia Noemí Ramírez Barrón
Asesor



M.C. Pedro Carrillo López
Coordinador de la División de Ciencia Animal

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre 2023

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISION DE CIENCIA ANIMAL

Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos

Evaluación de las propiedades funcionales y antimicrobianas de extractos obtenidos de flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) y sus encapsulados.

Por:

ROSA ISELA SECUNDINO TELESFOR

TESIS

Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

APROBADA



Dr. Mario Alberto Cruz Hernández
Presidente



M.C. Mildred Inna Marcela Flores Verastegui
Vocal



Dra. Ruth Elizabeth Belmares Cerda
Vocal



Dra. Sonia Noemí Ramírez Barrón
Vocal

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre 2023

DECLARATORIA DE NO PLAGIO

DECLARO QUE:

El trabajo de investigación titulado “**Evaluación de las propiedades funcionales y antimicrobianas de extractos obtenidos de flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*)**” es una producción personal, donde no se ha copiado, replicado, utilizado ideas, citas integrales e ilustraciones diversas, obtenidas de cualquier tesis, obra intelectual, artículo, memoria, (en versión digital o impresa), sin mencionar de forma clara y exacta su origen o autor.

En este sentido, lo anterior puede ser confirmado por el lector, estando consciente de que en caso de comprobarse plagio en el texto o que no se respetaron los derechos de autor; esto será en objeto de sanciones del Comite Editorial y/o legales a las que haya lugar; quedando, por tanto, anulado el presente documento académico sin derecho a la aprobación del mismo, ni a un nuevo envío.

ATENTAMENTE



Rosa Isela Secundino Telesfor

AGRADECIMIENTOS:

Agradezco a Dios, por permitirme a ver llegado hasta aquí por cuidarme y protegerme en todo momento y a ver culminado esta etapa de mi vida.

A la UNIVERSIDAD AGRARIA ANTONIO NARRO, por recibirme en esta noble institución en el trayecto de la carrera y permitir formarme como profesionalmente, a los docentes que gracias a sus conocimientos podemos alcanzar nuestras metas.

Al Dr. Mario Alberto Cruz Hernández, por haberme dado la oportunidad de trabajar con él en este proyecto por el apoyo que recibí del siempre, por su paciencia, por motivarme a culminar este proyecto, su tiempo y sobre todo su conocimiento.

A la Dra. Ruth Elizabeth Belmares Cerda, por recibirme y darme acceso al laboratorio de Ciencia y Tecnología de Alimentos en este trayecto del proyecto, por su confianza brindada su conocimiento.

A la Dra. Sonia Noemí Ramírez Barrón, por apoyarme, su conocimiento y por permitirme la entrada al laboratorio de Ciencias Básicas.

DEDICATORIAS:

A mi familia en especial a mi madre Noemí Telesfor Teresa, por apoyarme siempre, escucharme, motivarme, por ser esa madre guerrera que siempre sale adelante por ser un ejemplo para mí de nunca rendirme de siempre echarle ganas a todo lo que haces, por su amor infinito de madre gracias a ella por confiar en mí y darme la oportunidad de formarme como profesionista eres la mejor madre te amo.

A mi padre, Alfonso Secundino Flores, por su apoyo incondicional sus consejos y por confiar en mí siempre, por motivarme a seguir adelante siempre eres un gran padre.

A mi hermana, Yulmi Secundino Telesfor, por siempre contar con su apoyo, por entenderme que no siempre podía estar con ella en momentos importantes, pero siempre me decía que se sentía orgullosa de mí por lo que estaba haciendo por ser esa hermana en la que puedo confiar siempre y yo sé que cada que nos necesitemos siempre estaremos la una para la otra eres la mejor hermana te amo.

A mis hermanos, Marbel, José Manuel, Aldair Secundino Telesfor, por su apoyo sus palabras de aliento, sus consejos y apoyarme siempre.

A mis sobrinos, por comprender mi ausencia en momentos especiales para ellos a entender que no siempre puedo estar con ellos, pero que aun así me demuestran su amor.

A Yulissa Secundino Eusebio, además de ser mi prima la considero una hermana por motivarme a estudiar una carrera, y es un ejemplo a seguir como profesionista gracias por tu apoyo siempre que lo necesite, gracias por los momentos compartidos.

A amigos que conocí en la universidad que me brindaron su apoyo me aconsejaron y compartimos momentos juntos, gracias por su amistad.

INDICE

Contenido

AGRADECIMIENTOS: 4

DEDICATORIAS: 6

INDICE 7

ABSTRACT 10

RESUMEN 11

1. INTRODUCCION: 12

2. OBJETIVOS: 14

2.1 Objetivo General: 14

2.2 Objetivos Específicos: 14

3. JUSTIFICACION: 15

4. ANTECEDENTES: 16

4.1 Flor de Jamaica 16

Fig. 1 foto de la Jamaica criolla 16

Fig.2 foto de la planta de Jamaica criolla en guerrero 17

Fig.3 ejemplos de lo que contiene la flor de Jamaica 18

Fig.4 ejemplos de productos a base de flor de Jamaica..... 19

4.2 Propiedades de la flor 20

4.3 Extractos Agua Etanol	23
4.4 Encapsulados.....	23
4.5 Pruebas Microbianas.....	¡Error! Marcador no definido.
4.6 Antioxidantes	25
4.7 Fenoles	25
5. METODOLOGIA:.....	27
5.1 Obtención de la materia:.....	27
5.2 Elaboración de los extractos:	27
5.3 Rotapavor	28
5.4 Grados Brixl	29
5.5 Determinación de la actividad antimicrobiana:	29
5.6 Obtención del polvo concentrado.....	31
5.7 Secador en spray	31
5.8 Determinación de la actividad antioxidante	32
5.9 Efecto depurador sobre el radical DPPH.....	32
5.10 Determinación del contenido fenólico total.....	33
5.11 Proceso de encapsulación	33
5.12 Determinación de color.....	33
5.13 Pruebas microbiológicas de los encapsulados	34
6. RESULTADOS Y DISCUSION:.....	36
Cuadro 1. Pruebas microbianas de los extractos.....	¡Error! Marcador no definido.
Cuadro 2. Pruebas microbianas del encapsulados.....	¡Error! Marcador no definido.

Cuadro 3 **¡Error! Marcador no definido.**

Cuadro 4 **¡Error! Marcador no definido.**

7. CONCLUSIONES: 47

8. REFERENCIAS: 48

ABSTRACT

The hibiscus flower is usually recognized for its therapeutic or medicinal properties. This is because, like most plants, it concentrates multiple vitamins, minerals and bioactive compounds called phytochemicals, with various antioxidant, anti-inflammatory and antihypertensive properties.

The objective of this work was to evaluate the antimicrobial activity of Jamaica extracts and encapsulates against gram positive and negative bacteria. Microbial tests were carried out on the extracts where there was more inhibition in the CAAD treatment, which were the bacteria *S.aureus*, *Salmonella*, and *Bacillus*, with a diameter of 4.5 to 5 mm. Antioxidant activity and phenols were analyzed in the powders where there was a high antioxidant activity in the treatments, likewise in phenols there were very good results. Microbiological tests were carried out on the encapsulates where there was inhibition in COAD, COAC, CAAD, CAAC, COET, COEC, CAET, CAEC in *S.aureus*, *Salmonella*, *Proteus* and *Bacillus*.

RESUMEN

La flor de jamaica suele ser reconocida por sus propiedades terapéuticas o medicinales. Esto se debe a que, como la mayoría de las plantas, concentra múltiples vitaminas, minerales y compuestos bioactivos llamados fitoquímicos, con diversas propiedades antioxidantes, antiinflamatorias e antihipertensivas.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la actividad antimicrobiana de los extractos de Jamaica y encapsulados contra bacterias Gram positivas y negativas. Se realizaron las pruebas microbianas a los extractos donde hubo más inhibición en el tratamiento CAAD, que fueron las bacterias *S.aureus*, *Salmonella*, y *Bacillus*, con diámetro de 4.5 a 5 mm. Se analizó actividad antioxidante y fenoles a los polvos donde hubo una alta actividad antioxidantes en los tratamientos, de igual manera en fenoles hubo muy buenos resultados. Se realizaron las pruebas microbiológicas a los encapsulados donde hubo inhibición en COAD, COAC, CAAD, CAAC, COET, COEC, CAET, CAEC en *S.aureus*, *Salmonella*, *Proteus* y *Bacillus*.

Palabras claves: flor de Jamaica, cálices, extractos, antioxidantes, fenoles.

INTRODUCCION

Hibiscus sabdariffa L., conocida en México como Jamaica es un arbusto de cultivo anual que pertenece a la familia de las Malváceas. En México, los cálices de la planta se utilizan en la preparación de una bebida refrescante ampliamente consumida por la población, lo que le confiere importancia tanto económica como cultural. La producción nacional es insuficiente y se importa al menos el 50 % de la Jamaica que se consume, en Latinoamérica es usada como alimento y fuente de fibra dietética.

Los cálices de jamaica han sido reconocidos como una fibra dietética (FD) antioxidante ya que, además del alto contenido de FD, presenta compuestos antioxidantes con efectos anti-hipertensivos, anti-hipercolesterolémicos y anticancerígenos. Los principales compuestos bioactivos identificados en los cálices son delfinidin-3-glucósido, sambubiósido, cianidina-3-sambubiósido, flavonoides (gosipetina, hibiscetina) con sus respectivos glucósidos, ácido protocateico, eugenol, esteroides como β -sitosterol, y ergosterol. Debido al potencial efecto benéfico de la jamaica, así como a su creciente uso en la preparación de alimentos, es importante cuantificar los principales constituyentes químicos, explorar nuevas propiedades biológicas y realizar estudios con variedades registradas mencionan que los marcadores moleculares y fenotípicos son cruciales para la caracterización de nuevos genotipos, para la planificación y siembra de cultivos, así como para el registro de nuevas variedades.

El uso de extractos antioxidantes naturales, en este caso de jamaica, también podría ser una alternativa en la sustitución de antioxidantes sintéticos (tales como el butilhidroxitolueno (BHT), butilhidroxianisol (BHA) y butilhidroxiquinona (BHQT) por antioxidantes naturales.

Por otra parte, puede ser un valioso ingrediente en las industrias alimentaria como fuente importante de colorantes y fibra soluble.

Por otro lado, los residuos de la extracción fueron utilizados para cuantificar los polifenoles no extraíbles (PNE) conformados por polifenoles hidrolizables (PH) y taninos condensados (TC). Para la determinación de PH los residuos se hicieron reaccionar con metanol-H₂SO₄

(85 °C, 20 h) y posteriormente se centrifugaron (8000 Xg, 10 min); los sobrenadantes se separaron, lavaron con agua destilada, se volvieron a centrifugar y a mezclar con los sobrenadantes y finalmente se cuantificaron los PH; los resultados se expresaron en mg de equivalentes de ácido gálico, mg EAG g⁻¹ bs. Los

TC fueron analizados en los residuos de la extracción, que se hidrolizaron con butanol-HCl-FeCl₃ (3 h, 100 °C), centrifugados (8000 Xg, 10 min) y los sobrenadantes fueron recuperados. La concentración de TC se evaluó frente a un estándar de algarroba (*Ceratonia siliqua*) a 555 nm y se expresó como mg TC 100g⁻¹ bs.

Estos compuestos bioactivos pueden ser preservados utilizando diferentes técnicas de encapsulación, ayudando a cubrir defectos, proteger los compuestos del medio que los rodea hasta su liberación controlada. Se caracteriza por ser un proceso de varios pasos que consta de etapas de congelación, sublimación (secado primario), desorción (secado secundario) y almacenamiento, lo que da como resultado un producto seco. Adicionalmente, la liofilización es un proceso no térmico, que mantiene las propiedades nutricionales y sensoriales de los alimentos y sus características funcionales conservando su color y sabor natural y evitando su deterioro por oxidación o modificación química.

OBJETIVOS

Objetivo General:

Obtener extractos de flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa L*) mediante un proceso de maceración, utilizando agua y etanol con la evaluación de temperaturas diferentes, para determinar su uso como antimicrobianos contra patógenos de alimentos y sus encapsulados en una matriz de alginato.

Objetivos Específicos:

- Obtener extractos diferentes de flor de Jamaica mediante el método de maceración utilizando agua y etanol con dos temperaturas.
- Caracterizar los extractos como funcionales, evaluando actividad antioxidante con microorganismos patógenos y fenoles.
- Procesar los extractos para obtener un polvo utilizando un equipo de Spried Dry.
- Evaluar el efecto de los extractos encapsulados contra microorganismos patógenos en alimentos.

JUSTIFICACION

La Jamaica es un producto tradicional que poco a poco ha ido ganando presencia en el mercado nacional, la que además de servir como ingrediente en la preparación de agua fresca, se le han encontrado otros usos.

La importancia de este proyecto en particular radica en la necesidad de proponer y evaluar productos innovadores que permitan generar fuentes de empleos teniendo como materia prima la Jamaica. El caso del estado de Guerrero, las zonas productoras se encuentran localizadas en los municipios de Tecoaapa, Ayutla, Juan R. Escudero, San Marcos, Coyuca de Benítez y Acapulco; de estos, los cuatro primeros son los más importantes por su volumen de producción, en mi municipio y mi comunidad la Jamaica se produce mucho, posicionando al estado de Guerrero como el mayor productor de Jamaica. El municipio de tecoanapa produce la Jamaica roja criolla por lo que la comercialización representa un problema que afecta gravemente a los productores de escasos recursos y campesinos ya que este se ve obligado a vender su producción antes de tiempo, en muchas ocasiones por su bajo nivel de ingresos, así como la falta de estímulo por parte de las autoridades estatales y municipales, entre otros factores. Esto afecta, a los pequeños productores debido a que el comprador que por lo general es un intermediario o pequeño comerciante, compra el producto cuando este, todavía no está cosechado, y al no conocerlo ofrece un precio muy bajo. Una vez que el productor cosecha la jamaica, ya no es del productor, ya que 'esta, es entregada al precio de venta a "tiempo "refiriéndose con esto, a que es vendida antes de que sea cosechada. En este proyecto se trabajó con la roja criolla de este municipio, comparando con la Jamaica comercial que encontramos en cualquier súper mercado la cual ya está procesada y que ya le quitaron mucho de su valor nutricional y es mucho más cara, con este proyecto se pretende hacer más por mi comunidad.

ANTECEDENTES

Flor de Jamaica

La Jamaica, también conocida como Jamaica (en español), acedera roja en (ingles) o karkadeh en (árabe), es una planta perenne del genero Hibiscus (perteneciente a la familia Malvacea).



Figura 1. Jamaica criolla

Es originaria de India y Malasia, pero debido a que puede crecer en suelos marginales de baja fertilidad y baja retención de humedad, su cultivo se ha expandido a varias regiones tropicales y subtropicales, incluidas China, Tailandia (estos dos países, principales proveedores mundiales), Indonesia, Arabia Saudita, Vietnam, Sudan, Egipto, Nigeria y México. En el caso específico de México, se cosechan aproximadamente 18 mil hectáreas con un rendimiento promedio de 265 kg. Aunque el área cosechada y el rendimiento por unidad de área son bajos, lo que genera una mayor demanda del producto. Los estados de mayor demanda son guerrero y Oaxaca, donde se cultiva aproximadamente el 85% de la producción nacional. Desafortunadamente, toda la producción nacional proviene de una sola

variedad tipo criolla, la cual se siembre únicamente en el ciclo agrícola primavera-verano.

Es un arbusto ramificado anual con raíces profundas y hojas de colores que van del verde oscuro al rojo, y flores grandes con tallos cortos de color rojo al amarillo con un centro oscuro (Orwa et al., 2009).



Figura 2. Planta de Jamaica criolla en guerrero

Roselle es una planta medicinal rica en fitoquímicos con propiedades nutricionales y medicinales (Mungole y Chaturvedi, 2011). Los compuestos bioactivos incluyeron ácidos orgánicos, minerales, caroteno , aminoácidos, vitamina C y azúcares totales (Mady, 2009). Además, los flavonoides, antocianinas, triterpenoides, esteroides y alcaloides (Manita-Mishr, 1999). Además, valiosos micronutrientes, proteínas y una cantidad sustancial de fibra (Akanbi et al., 2009), fijan aceites en las semillas con buenas propiedades culinarias (Hussein et al., 1989).



Figura 3. Ejemplos de lo que contiene la flor de Jamaica

Roselle conocido como alimentos funcionales contiene niveles significativos de componentes biológicos activos, principalmente antocianinas, flavonoides, vitaminas y ácidos polifenólicos, que brindan beneficios específicos para la salud de los humanos más allá de los nutrientes tradicionales. Muchas partes de la jamaica, incluidas las semillas, las hojas, los frutos y las raíces, se utilizan en varios alimentos, así como en la medicina herbal como posible tratamiento no farmacológico. Roselle se cultiva comercialmente principalmente por su cáliz, que viene en tres tipos: rojo, verde y rojo oscuro. Los productos producidos a partir de Roselle incluyen té de Roselle, polvo de Roselle, tabletas de Roselle, jugo de Roselle, extractos de Roselle, mermelada de Roselle y aceite de semilla de Roselle (Apaliya et al., 2021).



Figura 4. Productos elaborados a base de flor de Jamaica

En general existen dos variedades de Jamaica, la primera hibiscus var. altissima wester, cultivada por tener fibra parecida al yute; y el segundo hibiscus var. sabdariffa, que presenta arbustos cortos y tupidos que se han descrito en cuatro razas: bhagalpuriensi, intermedius, albus y ruber. El más frecuente cultivado de ellos es Hibiscus var. Sabdariffa caucho. Se caracteriza por tener un arbusto herbáceo, de tallos lisos, cilíndricos y típicamente rojos. Sus flores miden hasta 5 pulgadas (12,5 cm) de ancho, son amarillas y pueden volverse rosadas cuando se marchitan. Su caliz, tallos y hojas son ácidos y tienen un sabor a arandano (*Vaccinium* spp). Como Hibiscus sabdariffa tiene importancia etnomedicinal, la composición fitoquímica de la planta ha sido ampliamente explorada durante mucho tiempo. Las sofisticadas técnicas analíticas actuales, como la cromatografía líquida de ultra alto rendimiento (UHPLC) y la cromatografía líquida-espectroscopía de masas (LC-MS), ayudaron a detectar varias clases importantes de fitoquímicos terapéuticamente importantes en extractos alcohólicos y acuosos de diferentes partes de la planta.

Estos fitoquímicos incluyen predominantemente polifenoles, antocianinas, flavonoides, fitoestrógenos y ácidos orgánicos, lo que posiblemente atribuye al potencial terapéutico de esta planta. Ross proporcionó una descripción detallada de los componentes químicos y la actividad farmacológica de la planta.

Propiedades de la flor

Hibiscus sabdariffa es una planta con hermosas flores de color blanco a amarillo pálido con una mancha de color rojo oscuro en la base de cada pétalo, y se cultiva para la producción, y la parte utilizada son los sépalos de color rojo oscuro o rojo claro (cáliz) que rodean la flor. Estos cálices se hierven o se extraen como un refresco de sabor agrio, rico en vitamina C. El cáliz de hibisco contiene glucósidos, pigmentos, calcio y otros minerales. El hibisco es de color rojo oscuro en medio ácido debido a la presencia de betacianina. Los sépalos de la planta también contienen ácidos orgánicos como el málico, tartárico, cítrico, glucósido y cloruro de hepiscina, algunos materiales mucosos, así como un aceite estable en las semillas. Los pigmentos de color rojo oscuro se utilizan en alimentos y como tinte para el cabello además de numerosos usos medicinales. (Mariod et al., 2021a)



Figura 5. Flor de jamaica

Las flores y las hojas también son comestibles, y estas últimas se usan para te, chutney, guisos y ensaladas. *H.sabdariffa* puede ser una buena fuente de vitamina A, vitamina C, hierro, riboflavina, ácido ascórbico, niacina, calcio, magnesio y antioxidantes. Se utiliza como remedio oral y tópico tradicional para una variedad de enfermedades como abscesos, afecciones biliares, cáncer, tos, debilidad física, dolencias estomacales, dolor al orinar, fiebre, resaca, dolencias cardiacas, presión arterial alta, neurosis, escorbuto, dolencias de la vejiga. Los estudios científicos se han centrado en el potencial de *H.sabdariffa* para aliviar el síndrome metabólico, anemia y carcinogénesis. La investigación sobre los métodos de producción de *H.sabdariffa* se ha centrado principalmente en la influencia de los fertilizantes, la frecuencia de riego, la salinidad y la frecuencia de deshierbe sobre el crecimiento y el rendimiento del hibisco en las zonas rurales. Se utiliza como medicina popular y también como alimento. Al tener un alto contenido de antocianina, los cálices de Roselle son buenos colorantes y potencialmente una buena fuente de antioxidantes. Los componentes bioactivos y la actividad antioxidante se consideran un importante índice de calidad de Roselle. Se han llevado a cabo muchos intentos para establecer una herramienta analítica altamente sensible y selectiva para la determinación cuantitativa de polifenoles.



Figura 6. Productos innovadores utilizando la jamaica

Los cálices se pueden usar para hacer jarabe, te, vino, gelatina, mermelada y colorante alimentario. El cáliz rojo carnosose utilizan para hacer vino, jugo, mermelada, jarabe, budín, pasteles, yogur helado o té. Además, la jamaica y el cáliz son conocidos por sus propiedades germicidas, antioxidantes, antihipertensivas y antimutagénicas, entre otras (Joshi y Parle, 2006). El cáliz es rico en compuestos fenólicos con capacidades fisiológicas comprobadas (Salleh et al., 2002).

Los cálices de esta planta luego se procesan y conservan ya sea por congelación o secado. En la industria alimentaria, los calices de Jamaica, tanto congelados como secos, se utilizan en la elaboración de bebidas (té y vinos), helados, salsas y jarabes. Los cálices de esta planta también se utilizan tradicionalmente para el tratamiento de dolencias como el resfriado, la tos, el hipercolesterolemia, la hipertensión y la indigestión.

Los cálices de *H. sabdariffa* de diferentes regiones contienen hasta 29,53-87 % de carbohidratos, 7,4-12,3 % de cenizas, 5,5-9,14 % de proteínas y 0,47-1,32 % de grasas en peso seco. Además, los cálices de Jamaica son ricos en fibras dietéticas, ácidos orgánicos y compuestos bioactivos. Es una buena fuente de los principales nutrientes, es decir, actividad de compuestos fitoquímicos y antioxidantes. Los cálices restantes después de preparar la bebida *Hibiscus* generalmente se eliminan como un subproducto sin esfuerzo para explotar su utilidad y beneficios. Los experimentos preliminares realizados en nuestro laboratorio mostraron que los cálices de *H. sabdariffa* que quedan después de la preparación de la bebida (HSR) se caracterizan por un alto contenido de fibra dietética, bajo contenido de grasa y una proporción considerable de otros compuestos biológicamente activos, principalmente polifenoles (datos no mostrados). Alternativamente, la ausencia de gluten en HRS lo convierte en una materia prima muy interesante para su aplicación en la industria de la panificación.

Extractos Agua Etanol

Debido a esta amplia gama de aplicaciones potenciales de la antocianina, los investigadores han estudiado para extraer antocianina de muchas plantas, incluida *H. subdariffa.L.* Sin embargo, el método de extracción convencional suele utilizar disolventes orgánicos junto con mezcla y calentamiento. Requiere un gran volumen de disolventes y un largo tiempo de extracción. Por lo tanto, en parte da como resultado la degradación de compuestos bioactivos. Además, las aplicaciones comerciales de las antocianinas como colorantes y productos farmacéuticos se han visto limitadas debido a su inestabilidad frente al pH, la temperatura, la luz, los iones metálicos, las enzimas, el oxígeno, el ácido ascórbico, los azúcares y las sustancias que conducen a la degradación.

Luego se determinó la actividad antioxidante del extracto etanólico de flor de rosella en las tres proporciones de solventes más óptimas utilizadas como aditivo para hacer una película comestible. Los datos se analizaron para determinar si había diferencias significativas en cada tratamiento.

Encapsulados

La encapsulación es una técnica utilizada en la industria alimentaria con el objetivo de adicionar y proteger diversos compuestos bioactivos en matrices alimentarias. La encapsulación puede llevarse a cabo mediante diferentes métodos, siendo el secado por aspersión uno de los más usados. La selección del agente encapsulante es importante debido a que este influye en la eficiencia de encapsulación, así como en la estabilidad del compuesto bioactivo. Estos deben presentar ciertas características para su aplicación, tales como; capacidad de formación de película, alta solubilidad, capacidad emulsionante, entre otras.

El interés en la microencapsulación de HSCA se hizo evidente a partir de la inestabilidad del extracto de HSCA a lo largo del tiempo debido a factores ambientales como la temperatura, el oxígeno, el agua y la luz, que afectan

negativamente a la estabilidad del color y al posible beneficio para la salud. Por lo tanto, la microencapsulación de HSCA utilizando polvo de pectina como agente de encapsulación fue para proteger a las HSCA de la degradación según Díaz-Bandera et al. La elección de la microencapsulación de HSCA por atomización se debió principalmente a la simplicidad de operación, la alta reproducibilidad y la disponibilidad relativa del equipo. La técnica de secado por aspersión también proporciona micropartículas polvo en un proceso de un solo paso (Adeyi et al., 2022).

Pruebas Microbianas

El extracto de hojas, cáliz y semillas también contiene varios compuestos bioactivos. Los estudios in vitro sobre Roselle han demostrado propiedades antimicrobianas que funcionan contra varios patógenos clínicos y transmitidos por los alimentos. La contaminación por patógenos transmitidos por los alimentos puede surgir del consumo de productos frescos, especialmente vegetales de hojas, frutas y semillas frescas. Las micotoxinas causadas por hongos siguen planteando problemas de salud pública en todo el mundo. Los extractos derivados de plantas se investigan para su posible uso contra los patógenos alimentarios que producen micotoxinas. Así el extracto preparado a partir de *Hibiscus sabdariffa*, una planta versátil, es importante para controlar y gestionar los patógenos transmitidos por los alimentos en los alimentos frescos listos para el consumo y las micotoxinas, que son un gran problema en los alimentos, incluidos los cereales para lactantes. Esta revisión se centró en el uso de diferentes partes de Roselle y su potencial para controlar los patógenos causantes de alimentos.

Antioxidantes

Los antioxidantes son moléculas que pueden interactuar con los radicales libres y romper la reacción en cadena antes de que se dañen las moléculas vitales.

Las semillas de jamaica son una buena fuente de antioxidantes solubles en lípidos, particularmente tocoferoles y fitoesteroles. Tocoferoles representados como alfa-tocoferol (25%), gamma-tocoferol (74,5%) y delta-tocoferol (0,5%). Los esteroides incluyen beta-sitosterol (71,9 %), campesterol (13,6 %), delta-5-avenasterol (5,9 %), colesterol (1,35 %) y clerosterol (0,6 %). Las características del aceite de semilla de Roselle sugirieron su uso en varios procesos industriales importantes, como la cocina, la mayonesa y la preparación de biodiesel. (Mariod et al., 2021b)

Los radicales libres son especies químicas con uno o dos electrones desapareados en su capa más externa, que se pueden crear múltiples maneras. Pueden ser exógenos (por ejemplo, radiación ultravioleta, contaminación, infecciones, tabaco) o endógenos. La falta de antioxidantes o una sobreproducción de radicales libres puede conducir a un desequilibrio entre el sistema oxidante y antioxidante. Uno de los factores más significativos en la producción de radicales libres es el estrés oxidativo. Este está involucrado en varias enfermedades, incluida la diabetes, aterosclerosis, enfermedad de Alzheimer, enfermedad de Parkinson, glaucoma y degeneración macular relacionada con la edad. La provisión de antioxidantes a través de la dieta es un medio simple para reducir el desarrollo de enfermedades provocadas por el estrés oxidativo.

Fenoles

Los compuestos polifenólicos de *H. sabdariffa* se extraen en medio acuoso (Kao et al., 2016) y etanol acidificado (Borrás-Linares et al., 2015). Mohd-Esa et al. (2010) extrajeron compuestos bioactivos de diferentes partes de la jamaica usando agua y

metanol (80 % v/v) e informaron que este último era más eficaz en términos de mayor rendimiento fenólico total y conservación de la potencia. Del mismo modo, Sindi et al. (2014) comparó la eficacia de cuatro disolventes diferentes, incluidos agua, acetato de etilo, hexano y metanol, con o sin ácido fórmico, para extraer compuestos bioactivos de la jamaica. Los autores informaron que la extracción acuosa con y sin ácido fórmico fue mejor que otros solventes para la recuperación de compuestos fenólicos, incluidas las antocianinas.

El contenido fenólico en *Hibiscus sabdariffa L*, está principalmente compuesto por antocianinas como la delfindin-3-glucósido, sambubiósido y cianidin -3-sambubiosido y otros flavonoides como el gospetin hibiscetín y sus respectivos glucósidos, así como ácido protocateico. Todos ellos se caracterizan por presentar actividad antioxidante.

Los compuestos fenólicos se pueden clasificar de acuerdo a su capacidad para poder ser extraídos con solventes acuoso-orgánicos (como Metanol/Agua en medio ácido y Acetona/Agua). Los polifenoles extraíbles son compuestos fenólicos monoméricos, oligoméricos y algunas fracciones poliméricas. Los polifenoles no extraíbles son compuestos de alto peso molecular (taninos hidrolizables y proantocianidinas) o polifenoles que no son extraídos por los solventes usualmente empleados, ya que permanecen en los residuos de extracción asociados a las paredes celulares o a los compuestos no digestibles de la dieta (fracción indigestible).

METODOLOGIA

Obtención de la materia

La cosecha de la Jamaica se realizó una vez que el cáliz estaba completamente maduro para su cosecha, a principios del mes de diciembre. Para su cosecha se cortan las ramas de la planta se utilizan estacas para llevar a cabo el despique, después se pone a secar al rayo del sol.



Figura 7. Recolección de Cosecha y producción de la flor de jamaica

Elaboración de los extractos

El extracto acuoso se preparó utilizando 500 mL de agua destilada una a temperatura ambiente y la otra a 80 °C, se añadieron 50 g de flor de Jamaica y se dejó enfriar. El extracto etanólico se preparó agregando 500 ml de etanol absoluto una a temperatura ambiente y la otra a 80 °C a 50 g de flor de Jamaica se dejó reposar durante 48 h.



Figura 8. A) Maceración de jamaica con etanol B) maceración de la flor con Agua.

Las mezclas se filtraron a través de un embudo de filtro de porcelana con papel filtro y una bomba de vacío, un matraz Ermeyer para recolectar el extracto, se refrigeraron. Luego el etanol se eliminó mediante un evaporador rotatorio a presión reducida.



Figura 9. Proceso de obtención de extractos de jamaica

Rotapavor

Se utilizó un evaporador rotatorio que es un dispositivo de laboratorio compuesto por un sistema de vacío, un matraz de evaporación giratorio y un condensador con un matraz colector. Funciona aumentando la tasa de evaporación del solvente reduciendo la presión para disminuir el punto de ebullición del solvente, rotando la muestra para aumentar el área de superficie efectiva y calentando la solución. Para este proceso por cada 100 mL tardo en evaporarse en 45 minutos por 1 hora.



Figura 10. Concentración de los extractos de jamaica con rotavapor.

Grados Brix

Se utilizó el refractómetro °Brix digital este funciona calibrándolo con agua destilada, y corroborar que el valor obtenido es cero, posteriormente se limpia con una servilleta, colocar unas gotas sobre el lente hasta cubrirlo por completo solo necesitamos observar el valor arrojado y se determina el porcentaje de °Brix del líquido. Mide el índice de refracción de un líquido. (Thongsuk & Sameenoi, 2022)

Le agregamos inulina a los extractos, debido a que se tenía que aumentar los grados Brix para utilizar el spray dryer este equipo para ser utilizado necesita que las muestras tengan una concentración de 25 °Brix o mayor y las muestras que tenían no superaban los 20 °Brix por eso tuvimos aumentar los grados y ajustarlo con inulina.

Determinación de la actividad antimicrobiana

Se analizaron las propiedades antimicrobianas de los extractos contra dos bacterias Gram positivas (G+), *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus* y dos bacterias Gram negativa (G-) *Salmonella* y *Proteus*

Preparación de los discos de antibiograma

Para la evaluación del efecto antimicrobiano mediante la prueba de difusión en agar se utilizaron discos de antibiograma, los cuales fueron preparados, pesando 50 mg \pm 0.2 del antibiograma a analizar. El polvo fue prensado para obtener un disco uniforme.

Preparación del inóculo

El inóculo se preparó tomando con un hisopo una muestra de un cultivo de 24 h y se colocó en solución salina. Esta suspensión se ajustó al 0.5 de McFarland, usando un nefelómetro marca Phoenix, la cual corresponde a 1.5×10^8 UFC/ml.

Se analizaron las propiedades antimicrobianas de los extractos contra dos bacterias Gram positivas (G+): *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus* y dos bacterias Gram negativa (G-) *Salmonella*, *Proteus*.

Determinación de la sensibilidad bacteriana a diferentes discos antibiograma

La suspensión bacteriana se extendió en 3 planos sobre la superficie de la placa de agar sangre (AS) para *S. pyogenes* y Mueller Hinton (MH), para las cepas restantes usando un hisopo de algodón. Luego se coloraron los controles positivos, los cuales corresponden a los antibióticos comerciales específicos para cada bacteria. Los discos de antibiograma se depositaron sobre el agar inoculado, con al menos 3 cm de separación una de otra y no más de 5 discos por placa de agar, como lo marca el CLSI (Clinical and Laboratory Standards Institute), cabe mencionar que el ensayo se realizó por triplicado. Las placas con agar se incubaron en un ambiente aeróbico a 37°C de 18 a 24 horas. Al día siguiente se registraron las zonas de inhibición, de cada sistema de estudio, para cada una de las bacterias analizadas, se realizaron los cálculos respectivos para obtener la media de las repeticiones realizadas.

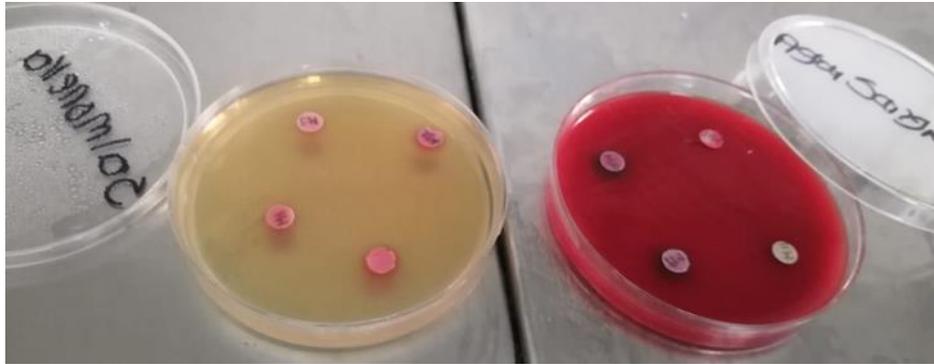


Figura 11. Evaluación de los extractos en los medios de cultivo.

Obtención del polvo concentrado (Secador en spray)

El secador por aspersión es uno de los primeros métodos utilizados para encapsular compuestos. Consiste en preparar una emulsión acuosa con el material del núcleo y la pared, seguida de homogeneización, atomización en cámara de secado y deshidratación de las partículas. (Azeredo, 2005; Jedlińska et al., 2019; Jyothi et al., 2010). operando a una temperatura constante del aire de entrada de 150 °C y una temperatura de salida de 70 °C la temperatura interior de 150°C la de aspirador de 100°C. La solución de alimentación se mantuvo a temperatura (40 °C), que se introdujo en la cámara principal a través de una bomba peristáltica, con un caudal de alimentación de 0,40 L/h, un caudal de aire de 30 L/min y una presión de aire de 4 bar Las micropartículas se recolectaron de la base del ciclón, se almacenaron en una botella de vidrio estéril con tapa y se usaron el mismo día de la producción es un proceso corto, flexible.



Figura 12. Equipo de spray dry con los extractos de jamaica.

Determinación de la actividad antioxidante

El ensayo de DPPH se realizó de acuerdo con el método descrito previamente con algunas modificaciones (Blois, 1958). La solución de DPPH 0.0018 g se preparó disolviendo DPPH en 50 mL de metanol y se mantuvo en la oscuridad hasta obtener una absorbancia de $0.7 \pm$ a 520 nm. A continuación, se añadieron 30 μ L de muestra y 270 μ L de DPPH. La mezcla se incubó a temperatura ambiente durante 30 min y la absorbancia se midió a 520 nm. El análisis se realizó en tres réplicas. Finalmente, se calculó la actividad antioxidante expresada como GAE de cada muestra.

Efecto depurador sobre el radical DPPH

Las actividades de captación de radicales libres de los extractos de salvado se determinaron mediante el uso de un radical DPPH estable. Se mezclaron bien 0,1 mL de la solución de extracto con 3,9 mL de metanol y 1,0 mL de solución de DPPH. La mezcla se mantuvo a temperatura ambiente durante 30 min antes de medir la absorbancia a 517 nm. El efecto de barrido se derivó siguiendo la ecuación.

Determinación del contenido fenólico total

El contenido fenólico total de los extractos de jamaica se determinó mediante el reactivo de Folin-Ciocalteu. La mezcla de reacción contenía 50 μL de extractos de Jamaica y se mezcló con 250 μL del reactivo de Folin-Ciocalteu recién preparado y otros 3 ml de agua destilada se dejó reposar 8 min. La mezcla se agitó vigorosamente y se agregaron 750 μL de bicarbonato de sodio más 950 μL de agua destilada y la mezcla se agitó nuevamente durante 2 min. Después de dejar reposar la mezcla durante 30 min a temperatura ambiente, se midió la absorbancia a 750 nm utilizando un espectrofotómetro.

Proceso de encapsulación

Las perlas de microencapsulación se prepararon de acuerdo con el proceso descrito por Ayama et al. (2014) con pocas modificaciones. El cultivo probiótico de *B. bifidum* se tomó y se encapsuló con una solución de alginato de sodio (SA) al 1,71 % por el método de extrusión. Ambas soluciones se mezclaron con una proporción de 1:1. Para estabilizar las perlas microencapsuladas, la emulsión se sumergió en la solución estéril de CaCl_2 (0,1 M). Luego se obtuvieron perlas.



Figura 13. Obtención de encapsulados de jamaica

Determinación de color

El color se midió en el medio del polvo, utilizando un espectrofotómetro (KONICA MINOLTA CM-700d, Konica Minolta, Inc., Tokio, Japón). Se registraron los valores L*a*b* esto se hizo por triplicado y se calcularon sus medias.

Pruebas microbiológicas de los encapsulados

La bacteria probiótica *Bifidobacterium animalis ssp. lactis*, *Lactiplantibacillus plantarum* y *Lactobacillus acidophilus* fueron utilizados individualmente para la producción de las micropartículas. Para cada suspensión bacteriana, la solución encapsulante consistió en alginato al 3,2 % (Sigma-Aldrich®, Brasil), β-ciclodextrina al 0,88 % (Dinamica®, Brasil) y goma xantana al 0,5 % (Danisco®). Primero, los agentes encapsulantes se disolvieron en 930 mL de agua peptonada, la solución se esterilizó y luego se agregaron las cepas probióticas. El rendimiento de encapsulación se calculó según Rosolen et al. (2019) usando la ecuación:

$$EY (\%) = N / N_0 \times 100$$

donde N_0 es el número de células viables en la solución de alimentación antes del secado por aspersión.

N es el número de células viables en el polvo.

Tanto N como N_0 se expresaron en log CFU/g.

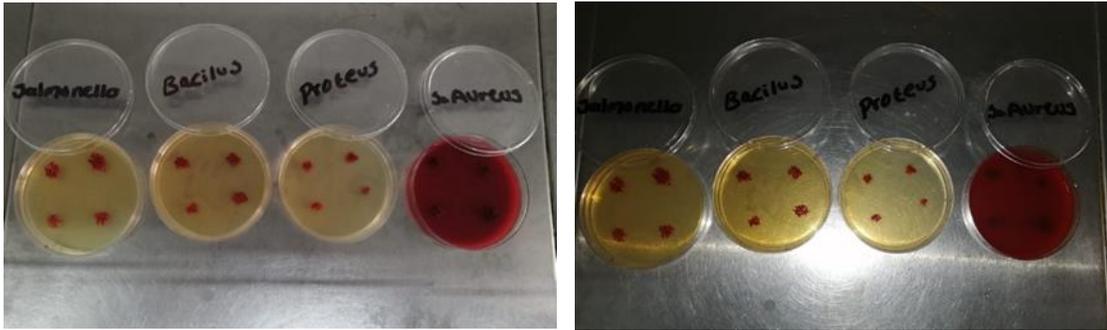


Figura 14. Evaluación de los encapsulados contra patógenos.

RESULTADOS Y DISCUSION

La materia prima se obtuvo de una cosecha proveniente del estado de Guerrero, fueron dos variedades la criolla, el cáliz y otra que se denominó la comercial.

Hubo diferencia en las tres flores porque la criolla se veía más grande y con un rojo más profundo mientras que el cáliz, si estaba grande la flor, pero su color era más como entre rojo y café y con manchas en sus pétalos, la comercial por el contrario se veía negra.



Figura 15. Muestras de la flor de jamaica utilizada

Obtención de extractos de jamaica.

Los extractos se obtuvieron mediante la maceración en 2 tipos de solventes, uno fue etanol y el otro fue el agua. Además, se evaluaron 2 temperaturas, a 80°C y temperatura ambiente. Por lo que se analizaron 12 muestras diferentes derivados de estos procesos de extracción los cuales fueron enlistados según el cuadro 1, y que posteriormente se utilizar abreviaturas mostradas:

Cuadro 1. Abreviaturas de las muestras de los extractos de jamaica según el tratamiento

Abreviaturas	Muestras
CRAD	Criolla H2O destilada
CRAC	Criolla H2O calentamiento
COAD	Comercial H2O destilada
COAC	Comercial H2O calentamiento
CAAD	Cáliz H2O destilada
CAAC	Cáliz H2O calentamiento
CRET	Criolla etanol
CREC	Criolla etanol calentamiento
COET	Comercial etanol
COEC	Comercial etanol calentamiento
CAET	Cáliz etanol
CAEC	Cáliz etanol calentamiento

Al realizar los extractos se pudieron observar las diferencias presentadas en el líquido filtrado de cada una. En la criolla se pudo observar un color más rojo y concentrado, en la muestra cáliz se observó un color menos rojo el concentrado en la comercial se presentó un color menos intenso y el líquido de esta muestra se determinó como transparente dando la apariencia de que estaba diluido. Así mismo se obtuvo mayor cantidad de líquido en los extractos macerados con etanol en las dos temperaturas que superaban los 500 mL, mientras que en los extractos con agua no superaban ni los 450 mL.



Figura 16. Extractos macerados vs extractos filtrados.

Concentración de los extractos

Se realizó una concentración de los extractos utilizando el rotavapor para eliminar el solvente que se podía mantener en y los extracto y poder utilizar solamente extractos acuosos para poder utilizarlo en el equipo de spray dryer.

El rotaevaporador es un equipo muy eficiente para separar un solvente de una muestra de igual manera se tiene que tener mucho cuidado al utilizarlo porque al momento que la muestra está en el baño maría se tiene que estar observando para que la muestra no se sobre caliente porque si eso pasa la muestra se va hacia el condensador y se vuelve a mezclar con el solvente. Este proceso se repite en 2 ocasiones utilizando 100 ml de extracto, el tiempo estimado para terminar el proceso de evaporación fue entre 45 minutos a 1 hora por cada muestra y al final quedo del extracto 78 ml de criolla, 174 ml de comercial, y 154 ml de cáliz calentamiento, y 172 ml de criolla, 134 ml de comercial y 172 ml de cáliz a temperatura ambiente.

Cuadro 2. Extracto concentrado obtenido

	criolla	cáliz	comercial
Muestra 80°C	78	154	174
Ambiente	172	172	134

Se utilizó un refractómetro manual para checar los grados brix de los extractos.

Se determinaron los grados Brix se pudo concluir que los sólidos totales fueron muy bajos para poder someter la muestra al equipo de spray dryer debido a que las muestras necesitan presentar un mínimo de sólidos totales 20° Brix por lo tanto las muestras se ajustaron mediante la adición de inulina a los extractos, ya que estaba todo bien diluido se volvieron a tomar los grados Brix y corroborar que tuvieran más de 20° Brix para así poder utilizar el spray dryer.

Determinación de la Actividad Antimicrobiana

Para realizar la actividad antimicrobiana se utilizaron dos bacterias Gram (+) y dos bacterias Gram (-) negativa para corroborar cuál de las cuatro bacterias era más efectiva y tenía más inhibición.

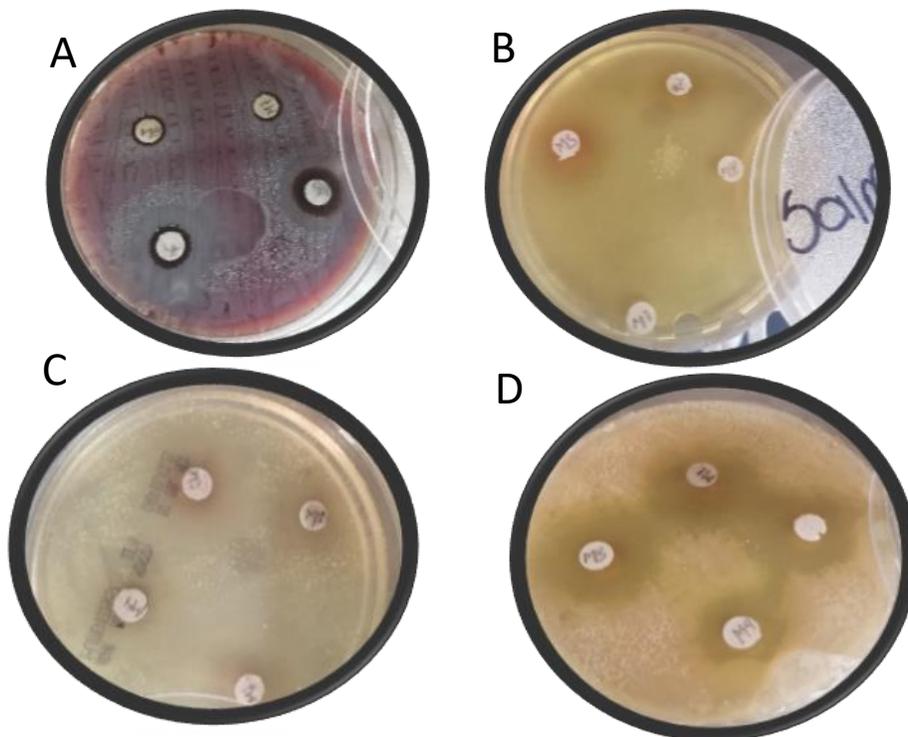


Figura 17. Microorganismos evaluados A) *S.aureus*, B) *Salmonella*, C) *Bacillus* y D) *Proteus*.

En la Figura 18 se puede observar mayor inhibición en CAAD que fueron *S.aureus*, *Salmonella* y *Proteus* casi el mismo diámetro entre esas bacterias ya que estuvieron entre 4.5 y 5 mm de inhibición, por el contrario con *Bacillus* no hubo inhibición, en los tratamientos CRAD,CRAC,COAD,COAC,CAAC,CRET,CREC,COET,COEC solo hubo inhibición de *S.aureus* y *Bacillus* con un diámetro entre 0.5 y 3.5 mm de inhibición, y CAET, CAEC solo hubo inhibición en *Bacillus* pero fue muy poco el diámetro de inhibición ya que esta entre 0.5 y 1 mm.

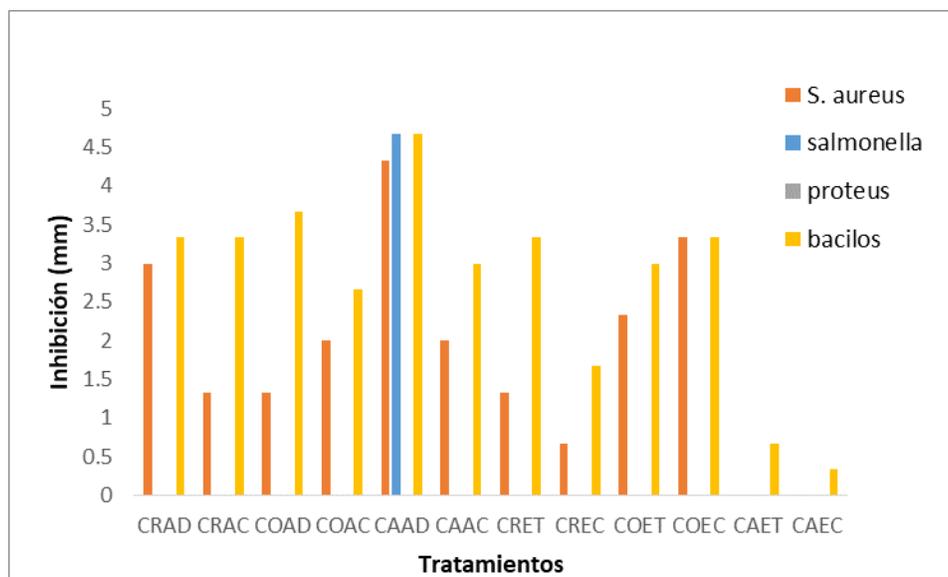


Figura 18. Inhibición de los extractos obtenidos bajo la maceración

El secado por spray dryer fue muy conveniente para el trabajo que se realizó muy efectivo ya que lo que se buscaba era el polvo de los extractos y fue lo que se obtuvo .

Para utilizar el equipo fue muy fácil ya que se me había explicado como funcionaba y si todo estaba en las condiciones todo saldría bien, como ya tenía los extractos con los grados brix correctos para poder utilizar la muestra en el equipo tenía que estar en la temperatura correcta para que el polvo no saliera con residuos de humedad se tardo por muestra entre 15 y 20 minutos, el polvo resultante se guardo

en bolsas Ziploc para después ser utilizado el polvo de cada muestra fue diferente en el color las de etanol tenían un color más profundo.

La actividad antioxidante se realizó mediante DPPH para después medir la absorbancia, se obtuvieron muy buenos resultados como se puede ver en la gráfica.

La actividad antioxidante del extracto se debe a su fuerte efecto eliminador del oxígeno reactivo y los radicales libres.

Los resultados aquí obtenidos corroboran el hecho de que las antocianinas tienen una alta actividad antioxidante química (DPPH) y biológica (Figura 19). Las empresas alimentarias pueden utilizar las condiciones experimentales aquí propuestas para desarrollar alimentos potencialmente funcionales a los que se les añade un extracto rico en antocianinas del cáliz de *H. sabdariffa* extraído con agua.

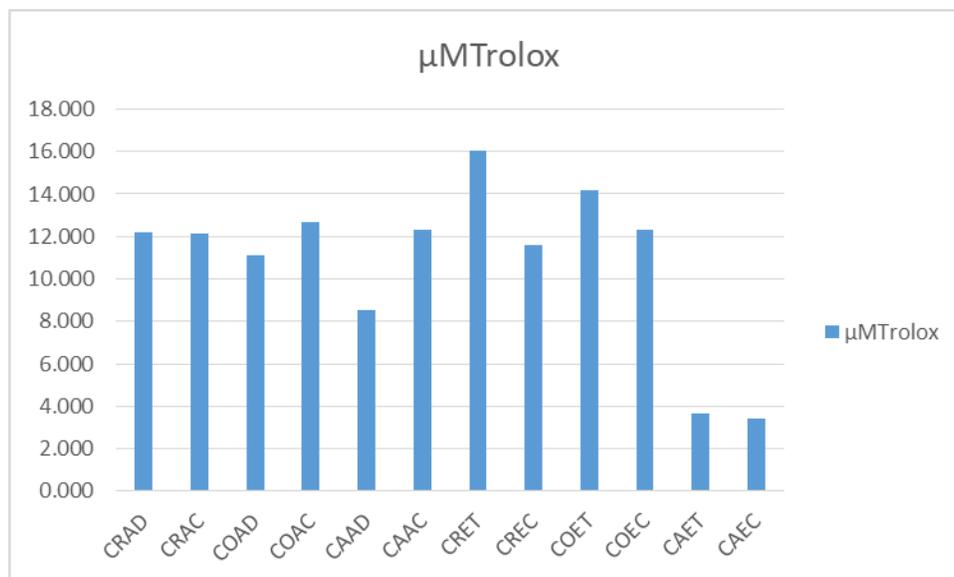


Figura 19. Actividad Antioxidante por el método DPPH

Determinación del contenido fenólico se realizó este proceso mediante el fenolesfolin para después ser medida su absorbancia.

Los resultados fueron muy favorables en casi todos los tratamientos, excepto en CAET Y CAEC que obtuvimos valores muy bajos,

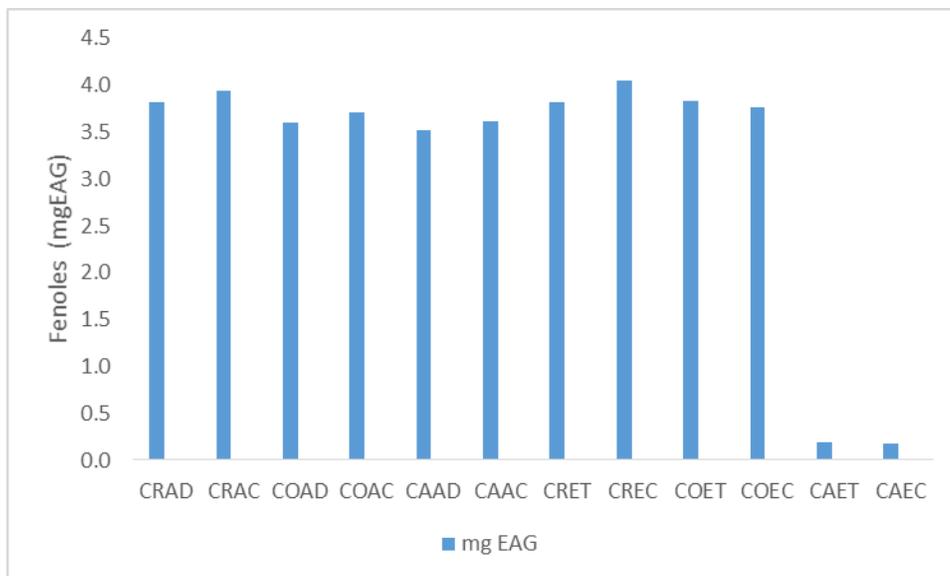


Figura 20. Determinación de fenoles por el Método de Folin

Se midió el color a los polvos con la ayuda de un espectrofotómetro para leer los valores L^*a^*b .

Se midió el color a todos los tratamientos en polvos y esto se hizo por triplicado como podemos ver en los cuadros en luminosidad no hubo mucha diferencia ya que hubo valores grandes la diferencia estuvo en a y b que dieron valores muy pequeños.



Figura 21. Polvos de los extractos obtenidos por Sprier dry

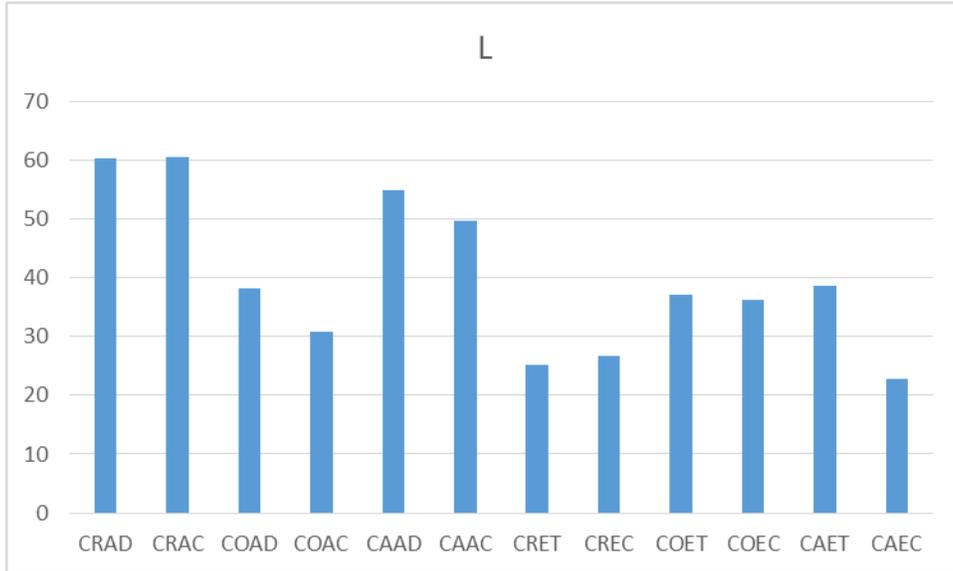


Figura 22. Determinación de la luminosidad utilizando el colorímetro

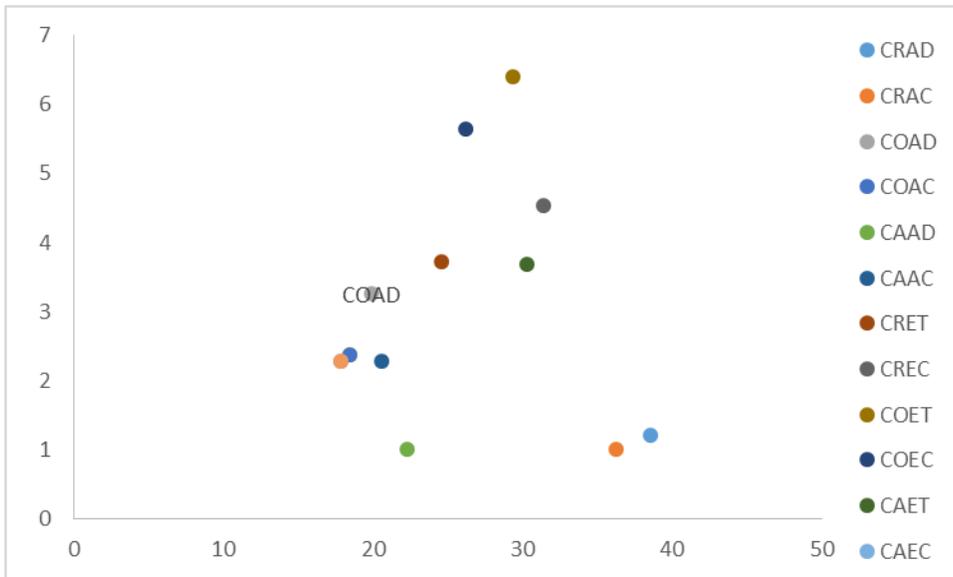


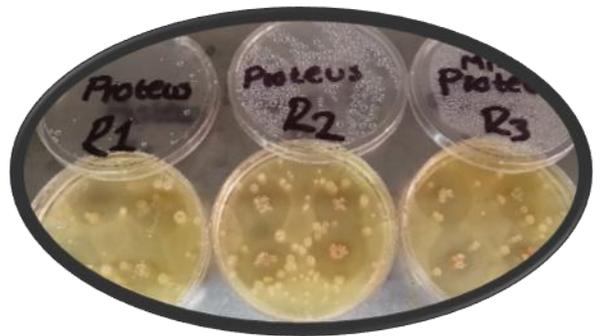
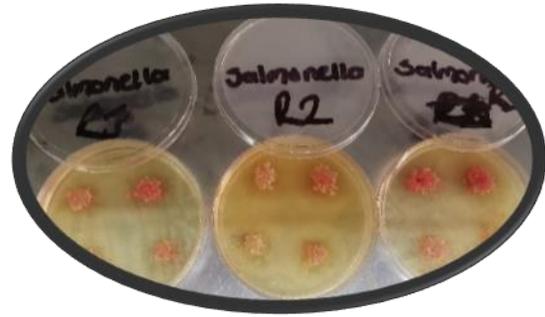
Figura 23. Determinación de color grafica CLAB

El proceso de encapsulación se realizo cuando ya se tenían los polvos mediante una matriz de alginato para obtener las perlas.

Cuando ya tenía mezclado el polvo con la ayuda de una geringa se procedio a pasarlo a una matriz de alginato y asi se formaron las perlas cuando obtuvimos las suficientes perlas se procedio a dejarlas en reposo por 24 horas a temperatura ambiente.

Se realizo las pruebas microbiológicas a los encapsulados para ver si había inhibición en las bacterias y fueron resultados muy positivos.

Los resultados arrojaron que casi en todos los tratamientos hubo inhibición de las bacterias ecepto en CRAD que solo hubo en Saureus y Proteus, en CRAC solo no hubo inhibición en Bacilos, en CRET y CREC no hubo inhibición en Salmonella en los demás tratamientos si hubo inhibición en todas las bacterias.



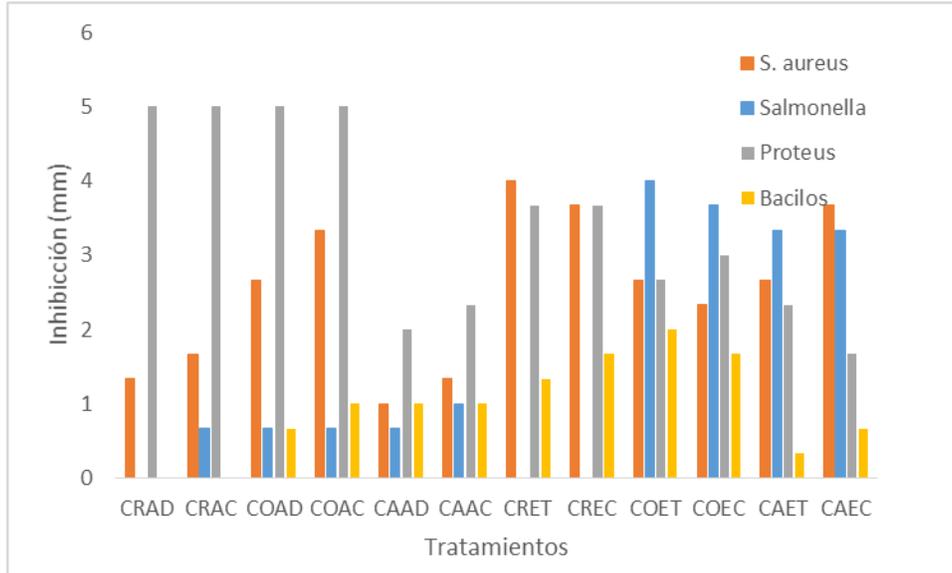


Figura 24. Inhibición de los encapsulados obtenidos de los polvos

CONCLUSIONES

- Se obtuvieron los tres extractos de la flor de Jamaica, utilizando agua y etanol a dos temperaturas una que fue a temperatura medio ambiente y la otra a 80°C.
- Los extractos no presentaron inhibición de los microorganismos *Salmonella* y *Proteus* por lo que se concluye que son sensibles a esa cepa, todo lo contrario a *S.aureus* y *Bacillus* donde si hubo inhibición esto quiere decir que son más resistentes.
- De los extractos se pudo determinar la concentración del color donde los tratados con etanol se presentan más oscuros
- Los extractos encapsulados pueden servir para mantener y/o mejorar la vida útil y la estabilidad de las antocianinas mediante el control de factores ambientales.
- En cuanto al color, no hubo diferencias en luminosidad en los tratamientos en polvos por el contrario se notó más las diferencias en a y b que van del rojo a, amarillo porque son números positivos.

REFERENCIAS

Bibliografía

- Singh, M., Thrimawithana, T., Shukla, R. y Adhikari, B. (2021). Extracción y caracterización de compuestos polifenólicos e hidroxicitrato de potasio de Hibiscus sabdariffa. *Alimentos del futuro* , 4 , 100087.
- Adeyi, O., Oke, EO, Adeyi, AJ, Okolo, BI, Olalere, AO, Otolorin, JA, ... y Qwebani-Ogunleye, T. (2022). Producción de polvo de antocianinas microencapsuladas a partir de Hibiscus sabdariffa L. calyx: síntesis de procesos y análisis económico. *Resultados en Ingeniería* , 13 , 100371.
- Reis, DR, Ambrosi, A. y Di Luccio, M. (2022). Aceites esenciales encapsulados: una perspectiva en la conservación de alimentos. *Alimentos del futuro* , 5 , 100126.
- Zeng, L., Xu, G., Jiang, C., Li, J. y Zheng, J. (2022). Nota de investigación: espacio de color L* a* b* para la predicción del contenido de pigmento de la cáscara de huevo en huevos de diferentes colores. *Ciencia avícola* , 101 (8), 101942.
- Rahmawati, S., Nuryanti, S., Sangkota, VDA y Syawaliah, N. (2022). Características y antioxidantes de la película comestible de semillas de durián (*Durio zibethinus*) con adiciones de extracto de flor de rosella (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Materiales hoy: Actas* , 65 , 3109-3115.
- Miranda, A. M., Sáez, A. A., Hoyos, B. S., Gómez, D. A., & Vargas, G. J. (2021). Improving microalgal biomass production with industrial CO₂ for bio-oil obtention by hydrothermal liquefaction. *Fuel*, 302, 121236.
- Mariod, AA, Tahir, HE y Mahunu, GK (2021). Recuperación de aceite de semillas de Hibiscus sabdariffa. En *Roselle (Hibiscus sabdariffa)* (págs. 113-122). Prensa académica.
- Quansah, L., Mahunu, GK, Tahir, HE, Apaliya, MT, Osei-Kwarteng, M. y Mariod, AA (2021). Extracto de Hibiscus sabdariffa: perspectivas antimicrobianas en el manejo de patógenos alimentarios y micotoxinas. En *Roselle (Hibiscus sabdariffa)* (págs. 215-230). Prensa académica.
- Apaliya, MT, Kwaw, E., Mahunu, GK, Osei-Kwarteng, M., Osaе, R. y Azirigo, M. (2021). Propiedades nutricionales y valores alimentarios de Hibiscus sabdariffa y sus productos. En *Roselle (Hibiscus sabdariffa)* (págs. 137-154). Prensa académica.
- Afzaal, M., Saeed, F., Hussain, M., Ismail, Z., Siddeeg, A., Ammar, AF y Aljobair, MO (2022). Influencia de la encapsulación en la supervivencia de probióticos en la matriz alimentaria en condiciones de estrés simuladas. *Revista Saudita de Ciencias Biológicas* , 29 (9), 103394.

Miranda, AM, Sáez, AA, Hoyos, BS, Gómez, DA, & Vargas, GJ (2021). Mejora de la producción de biomasa microalgal con CO₂ industrial para la obtención de bioaceite por licuefacción hidrotermal. *Combustible* , 302 , 121236.

Bielmann, V., Gillan, J., Perkins, NR, Skidmore, AL, Godden, S. y Leslie, KE (2010). Una evaluación de instrumentos de refractometría Brix para medir la calidad del calostro en ganado lechero. *Revista de ciencia láctea* , 93 (8), 3713-3721.

Maciel, LG, do Carmo, MAV, Azevedo, L., Daguer, H., Molognoni, L., de Almeida, MM, ... & Rosso, ND (2018). Extracto rico en antocianinas de Hibiscus sabdariffa: Estabilidad química, actividades antioxidantes y antiproliferativas in vitro. *Toxicología alimentaria y química* , 113 , 187-197.

Bennour, N., Mighri, H., Eljani, H., Zammouri, T. y Akrouit, A. (2020). Efecto del método de evaporación de disolventes sobre los compuestos fenólicos y la actividad antioxidante de Moringa oleifera cultivada en el sur de Túnez. *Revista Sudafricana de Botánica* , 129 , 181-190.

Laskar, YB y Mazumder, PB (2020). Información sobre la evidencia molecular que respalda el notable potencial quimioterapéutico de Hibiscus sabdariffa L. *Biomedicine & Pharmacotherapy* , 127 , 110153.

Arab, F., Alemzadeh, I. y Maghsoudi, V. (2011). Determinación del componente antioxidante y actividad del extracto de salvado de arroz. *Scientia iránica* , 18 (6), 1402-1406.

Thongsuk, P. y Sameenoi, Y. (2022). Determinación colorimétrica de la actividad eliminadora de radicales de antioxidantes utilizando nanopartículas magnéticas de Fe₃O₄. *Revista Árabe de Química* , 15 (1), 103475.

Ahmed, ZS y Abozed, SS (2015). Propiedades funcionales y antioxidantes de novedosas galletas saladas incorporadas con subproducto de Hibiscus sabdariffa. *Revista de investigación avanzada* , 6 (1), 79-87.

Gençdağ, E., Özdemir, EE, Demirci, K., Görgüç, A. y Yılmaz, FM (2022). Copigmentación y estabilización de antocianinas mediante moléculas orgánicas y técnicas de encapsulación. *Biología vegetal actual* , 29 , 100238.

Rahmawati, S., Nuryanti, S., Sangkota, VDA y Syawaliah, N. (2022). Características y antioxidantes de la película comestible de semillas de durián (*Durio zibethinus*) con adiciones de extracto de flor de rosella (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Materiales hoy: Actas* , 65 , 3109-3115.

El Faqer, O., Bendiar, S., Rais, S., Elkoraichi, I., Dakir, M., Elouaddari, A., ... & Mtairag, EM (2022). Caracterización fitoquímica y efectos inmunomoduladores de extractos etanólicos acuosos y

aceite esencial de *Syzygium aromaticum* L. sobre neutrófilos humanos. *Africano científico* , 18 , e01395.

Reis, DR, Ambrosi, A. y Di Luccio, M. (2022). Aceites esenciales encapsulados: una perspectiva en la conservación de alimentos. *Alimentos del futuro* , 5 , 100126.

Singh, M., Thrimawithana, T., Shukla, R. y Adhikari, B. (2021). Extracción y caracterización de compuestos polifenólicos e hidroxicitrato de potasio de *Hibiscus sabdariffa*. *Alimentos del futuro* , 4 , 100087.

Menhem, C., Mattar, J., Carrillo, C. y Serhan, M. (2021). Determinación de polifenoles, actividad antioxidante y propiedades antimicrobianas del zhourat utilizando diferentes condiciones de extracción. *Investigación alimentaria aplicada* , 1 (2), 100021.

Agunbiade, H. O., Fagbemi, T. N., & Aderinola, T. A. (2022). Antioxidant properties of beverages from graded mixture of green/roasted coffee and *hibiscus sabdariffa* calyx flours. *Applied Food Research*, 2(2), 100163.