



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

*DISEÑO DE UNA BEBIDA INSTANTÁNEA A BASE DE ANANAS
COMOSUS, MORINGA OLEIFERA LAM E HIBISCUS SABDARIFFA LAM.*

GONZALEZ CARRION CLAUDIA SAMANTA
INGENIERA EN ALIMENTOS

PRIETO MUÑOZ KAREN TATIANA
INGENIERA EN ALIMENTOS

MACHALA
2020



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

Diseño de una bebida instantánea a base de *Ananas comosus*,
Moringa oleifera Lam e *Hibiscus sabdariffa Lam*.

GONZALEZ CARRION CLAUDIA SAMANTA
INGENIERA EN ALIMENTOS

PRIETO MUÑOZ KAREN TATIANA
INGENIERA EN ALIMENTOS

MACHALA
2020



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

TRABAJO TITULACIÓN
TRABAJO EXPERIMENTAL

Diseño de una bebida instantánea a base de *Ananas comosus*, *Moringa oleifera Lam* e
Hibiscus sabdariffa Lam.

GONZALEZ CARRION CLAUDIA SAMANTA
INGENIERA EN ALIMENTOS

PRIETO MUÑOZ KAREN TATIANA
INGENIERA EN ALIMENTOS

MATUTE CASTRO NUBIA LISBETH

MACHALA, 07 DE MAYO DE 2020

MACHALA
2020

Nota de aceptación:

Quienes suscriben, en nuestra condición de evaluadores del trabajo de titulación denominado Diseño de una bebida instantánea a base de *Ananas comosus*, *Moringa oleifera Lam* e *Hibiscus sabdariffa Lam.*, hacemos constar que luego de haber revisado el manuscrito del precitado trabajo, consideramos que reúne las condiciones académicas para continuar con la fase de evaluación correspondiente.



MATUTE CASTRO NUBIA LISBETH
0703695478
TUTOR - ESPECIALISTA 1



BRAVO BRAVO VERONICA PATRICIA
0703690123
ESPECIALISTA 2



CAMPO FERNANDEZ MERCEDES
0959164625
ESPECIALISTA 3

Machala, 20 de marzo de 2020

Bebida instantánea

INFORME DE ORIGINALIDAD

6%

INDICE DE SIMILITUD

3%

FUENTES DE
INTERNET

1%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru

Trabajo del estudiante

1%

2

www.researchgate.net

Fuente de Internet

<1%

3

www.moringaoleifera.es

Fuente de Internet

<1%

4

www.bolivianchemistryjournal.org

Fuente de Internet

<1%

5

Submitted to CONACYT

Trabajo del estudiante

<1%

6

Submitted to Universidad Cesar Vallejo

Trabajo del estudiante

<1%

7

www.scielo.org.mx

Fuente de Internet

<1%

8

Submitted to Escuela Superior Politécnica del Litoral

Trabajo del estudiante

<1%

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

Las que suscriben, GONZALEZ CARRION CLAUDIA SAMANTA y PRIETO MUÑOZ KAREN TATIANA, en calidad de autoras del siguiente trabajo escrito titulado Diseño de una bebida instantánea a base de *Ananas comosus*, *Moringa oleifera Lam* e *Hibiscus sabdariffa Lam*., otorgan a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tienen potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

Las autoras declaran que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

Las autoras como garantes de la autoría de la obra y en relación a la misma, declaran que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asumen la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 20 de marzo de 2020

Sunt GC.

GONZALEZ CARRION CLAUDIA SAMANTA
0750111346

KAREN PRIETO.

PRIETO MUÑOZ KAREN TATIANA
0706883345

UNIVERSITAS
MAGISTRORUM
ET SCHOLARIUM

DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo a Dios y a nuestra familia por confiar en nuestro crecimiento en la vida profesional.

A nuestros amigos por las experiencias y conocimientos compartidos.

Gracias a ustedes

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios, al apoyo incondicional de nuestros padres y hermanos.

A nuestra tutora Ing. Nubia Matute Castro y cotutora Lcda. Mercedes Campo por su tiempo y dedicación al compartirnos sus conocimientos para el desarrollo de este trabajo.

RESUMEN

Según la Organización mundial de la salud (OMS), las enfermedades degenerativas crónicas no transmisibles (ECNT) son causa de muerte de gran parte de la población. Los compuestos antioxidantes forman parte fundamental en la prevención de estas enfermedades como diabetes, hipertensión, cáncer, entre otras. En el caso de las materias primas que se emplearon fueron *Moringa oleifera* L. más conocida como moringa, *Hibiscus sabdariffa* L. o flor de jamaica y *Ananas comosus* o piña, esta son especies vegetales a las que diversos estudios les atribuyen una determinada capacidad antioxidante, debido a los compuestos bioactivos presentes en ellas, como fenoles, antocianinas, etc., que tienen potencial para estabilizar el radical libre. Con el fin de proteger los compuestos de interés, presentes en las materias primas, se decide el uso del método de secado por aspersión el cual permite obtener un polvo o producto seco a partir de un extracto líquido, que de acuerdo a varios estudios científicos evita que los compuestos presentes en las materias primas sean deteriorados, ya que los extractos alimentarios son sometidos a altas temperaturas en cortos tiempos. Esta investigación tiene como objetivo diseñar una bebida instantánea a base de extractos microencapsulados de *H. sabdariffa*, *M. oleifera*, y *A. comosus*, mediante el método de secado por aspersión, como una alternativa potencialmente funcional para los consumidores. Por otro lado, para comparar la eficacia del método de secado utilizado (secado por atomización) como protector de compuestos termosensibles, paralelamente se secaron mediante rotoevaporación, los extractos obtenidos bajo las mismas condiciones que aquellos que se procesaron mediante el secado por atomización. Realizando pruebas de fenoles totales mediante el método de Folin-Ciocalteu, determinación de la capacidad secuestradora de radicales libres frente al 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH), determinación de actividad antioxidante a través del potencial reductor férrico (método de FRAP), tanto a los extractos secos obtenidos por rotoevaporación como a las microcápsulas provenientes del secado por aspersión. Determinándose que no existe gran diferencia en la calidad química de extractos secados en el rotoevaporador y las microcápsulas obtenidas en el equipo Spray Dryer (BÜCHI MINI SPRAY DRYER B-290), en cuanto a los compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante por ambos métodos (DPPH y FRAP), lo que corrobora lo planteado en la literatura especializada en cuanto a la eficacia del secado por atomización en la protección de compuestos bioactivos. Para determinar la formulación final de la bebida instantánea

se realizó una evaluación sensorial con 15 jueces seientrenados conformado por personas de ambos sexos y de edades comprendidas entre los 20-50 años, posteriormente los resultados obtenidos se sometieron a un análisis estadístico (ANOVA y Pruebas de Múltiple Rangos para Valoración por Código), encontrando que entre las formulaciones Z10 (30% M: 40% J: 30% P) y A50 (40% M: 40% J: 20% P) no existe diferencia significativa en cuanto a la aceptación sensorial de los jueces, de esta manera se seleccionó la formulación A50 ya que ésta logró incluir el mayor contenido de *M. oleifera* y *H. sabdariffa*, siendo estas, fuentes botánicas de interés debido a sus bondades nutricionales, otorgando al producto la posibilidad de poseer una mayor capacidad antioxidante.

Palabras clave: Secado por aspersion, *H. sabdariffa*, *M. oleifera*, *A. comosus*, FRAP, DPPH, Fenoles totales.

ABSTRACT

According to the World Health Organization (WHO), chronic noncommunicable degenerative diseases (NCDs) are the cause of death for a large part of the population. Antioxidant compounds are an essential part in the prevention of these diseases such as diabetes, hypertension, cancer, among others. In the case of the raw materials that were used were *Moringa oleifera* L. better known as moringa, *Hibiscus sabdariffa* L. or flor de jamaica and *Ananas comosus* or pineapple, these are plant species to which various studies attribute a certain antioxidant capacity, due to the bioactive compounds present in them, such as phenols, anthocyanins, etc., which have the potential to stabilize the free radical. In order to protect the compounds of interest, present in the raw materials, the use of the spray drying method is decided which allows obtaining a dry powder or product from a liquid extract, which according to several scientific studies avoids that the compounds present in the raw materials are deteriorated, since the food extracts are subjected to high temperatures in a short time. This research aims to design an instant beverage based on microencapsulated extracts of *H. sabdariffa*, *M. oleifera*, and *A. comosus*, using the spray drying method, as a potentially functional alternative for consumers. On the other hand, in order to compare the effectiveness of the drying method used (spray drying) as a protector of thermosensitive compounds, parallel extracts were dried by rotoevaporation, the extracts obtained under the same conditions as those processed by spray drying. Performing total phenolic tests using the Folin-Ciocalteu method, determination of the free radical sequestration capacity against 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazil (DPPH), determination of antioxidant activity through the ferric reducing potential (FRAP method), both to dry extracts obtained by rotoevaporation and to microcapsules from spray drying. Determining that there is not much difference in the chemical quality of extracts dried in the rotoevaporator and the microcapsules obtained in the Spray Dryer equipment (BÜCHI MINI SPRAY DRYER B-290), in terms of the phenolic compounds and the antioxidant capacity by both methods (DPPH and FRAP), which corroborates what is stated in the specialized literature regarding the effectiveness of spray drying in the protection of bioactive compounds. To determine the final formulation of the instant drink, a sensory evaluation was carried out with 15 trained judges made up of people of both sexes and ages between 30-50 years, then the results obtained were subjected to a statistical analysis (ANOVA and Tests of Multiple Ranges for Code Valuation), finding that between the formulations Z10 (30% M: 40% J: 30% P)

and A50 (40% M: 40% J: 20% P) there is no significant difference in terms of Sensory acceptance of the judges, in this way the formulation A50 was selected since it managed to include the highest content of *M. oleifera* and *H. sabdariffa*, being these botanical sources of interest due to their nutritional benefits, giving the product the possibility of possess a greater antioxidant capacity.

Keywords: Spray dry, *H. sabdariffa*, *M. oleifera*, *A. comosus*, FRAP, DPPH, Total phenols.

INDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO.....	14
1.1 <i>H. sabdariffa</i>.....	14
1.1.1 Generalidades	14
1.1.2 Descripción botánica	14
1.1.3 Métodos de extracción.....	15
1.1.4 Composición química.....	15
1.1.5 Actividad biológica	15
1.2 <i>M. oleifera</i>	16
1.2.1 Generalidades	16
1.2.2 Descripción botánica	16
1.2.3 Métodos de extracción.....	17
1.2.4 Composición química.....	17
1.2.5 Actividad biológica	18
1.3 <i>A. comosus</i>.....	18
1.3.1 Generalidades	18
1.3.2 Descripción botánica	18
1.3.3 Métodos de extracción.....	19
1.3.4 Composición química.....	19
1.3.5 Actividad biológica	20
1.4 Secado por atomización	20
1.4.1 Proceso de secado.....	21
1.4.2 Parámetros de secado	21
1.5 Alimentos funcionales	23
CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
2.1 Materias primas	24
2.1.1 Tratamiento post cosecha de materias primas	24
2.1.2 Parámetros de calidad determinados en <i>M. oleifera</i> y <i>H. sabdariffa</i>	25
2.1.3 Parámetros de calidad determinados en <i>A. comosus</i>	25
2.2 Elaboración de extractos.....	27

2.3 Secado por atomización	27
2.3.1 Evaluación físico química de las microcápsulas y extractos con encapsulantes	28
2.4 Formulación y evaluación físico química del sachet	31
2.4.1 Evaluación sensorial de las formulaciones.....	32
2.4.2 Caracterización físico química y sensorial del sachet formulado.....	32
CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
3.1 Parámetros de calidad determinados en <i>M. oleifera</i> y <i>H. sabdariffa</i>	34
3.2 Parámetros de calidad determinados en <i>A. comosus</i>	34
3.3 Secado por atomización	36
3.4 Evaluación química del secado por atomización y rotoevaporador	38
3.5 Formulación y evaluación físico química del sachet	41
3.5.1 Evaluación estadística de las formulaciones	42
3.5.2 Caracterización físico química del sachet formulado.....	44
CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES	47
CAPÍTULO V: RECOMENDACIONES	48

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Perfil de sabor de la bebida rehidratable de <i>H. sabdariffa</i> , <i>M. oleifera</i> y <i>A. comosus</i>	46
Ilustración 2. Perfil de olor de la bebida rehidratable de <i>H. sabdariffa</i> , <i>M. oleifera</i> y <i>A. comosus</i>	46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica de <i>H. sabdariffa</i>	14
Tabla 2. Taxonomía de <i>M. oleifera</i>	17
Tabla 3. Taxonomía de <i>A. comosus</i>	19
Tabla 4. Diseño experimental de la mezcla de polvos	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 5. Parámetros de calidad determinados en <i>M. oleifera</i> e <i>H. sabdariffa</i>	34
Tabla 6. Evaluación química de <i>A. comosus</i>	35

Tabla 7. Parámetros y análisis químicos del secado por atomización de <i>M. oleifera</i> , <i>H. sabdariffa</i> y <i>A. comosus</i>	37
Tabla 8. Contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante de los extractos secados por rotaevaporador y por atomización	39
Tabla 9. Resultados del ANOVA para puntuación por formulación.....	42
Tabla 10. Pruebas de Múltiple Rangos para Puntuación por Formulación	43
Tabla 11. Resultados de los análisis realizados a la mezcla formulado - A50 (<i>M. oleifera</i> , <i>A. comosus</i> y <i>H. sabdariffa</i>)	44
Tabla 12. Resultados del análisis foliar básico de la mezcla de polvos microencapsulado de <i>H. sabdariffa</i> , <i>M. oleifera</i> y <i>A. comosus</i>	45

INTRODUCCIÓN

Según datos estadísticos, en el año 2012, se registraron 38 millones de muertes debido a enfermedades degenerativas crónicas no transmisibles (ECNT), de las cuales 40% de muertes de esta población se manifestaron antes de los 70 años de edad (OMS, 2014).

Entre las ECNT más comunes se encuentran las cardiovasculares, cáncer, diabetes. Zamora (2007) afirma que se ha identificado una menor incidencia de ECNT en personas que tienen un mayor consumo de antioxidantes provenientes de frutas y hortalizas; estos antioxidantes contrarrestan la acción de los radicales libres, siendo fundamentales para la prevención de estas enfermedades.

Actualmente, algunos de los consumidores carecen de información acerca de productos funcionales, en este grupo están contenidos aquellos con propiedades antioxidantes, este tipo de pueden ser de origen animal, vegetal, naturales o industrializados que pueden incluirse en la dieta diaria aportando nutrientes y una determinada función (Coronado, Vega, Gutiérrez, Vázquez, & Radilla, 2015).

La flor de jamaica es definida como un componente para la elaboración alimentos funcionales, comúnmente es distribuida para la fabricación de bebidas refrescantes. En la actualidad se ha potenciado su uso farmacéuticamente como medicina para las Enfermedades por transmisión alimentaria, otorgando propiedades diuréticas, anticancerígenas, cardioprotectoras, niveles bajos de colesterol e hipertensión, debido a sus componentes activos como las vitaminas E y C, ácidos polifenólicos, flavonoides y antocianinas que otorgan la actividad antioxidante (Cid & Guerrero, 2012).

M. oleífera forma parte de las plantas medicinales que se han utilizado como fuente natural de compuestos biológicamente activos. Varios de estos compuestos disponen de efectos beneficiosos, que pueden utilizarse para mejorar la salud humana, por la cantidad de aminoácidos que estas poseen (isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, triptófano, valina)(Ma, Ahmad, Zhang, Khan, & Muhammad, 2019).

Por otra parte, *A. comosus*, posee considerablemente calcio, potasio, vitamina C, carbohidratos, fibra cruda, agua y diferentes minerales, los cuales son beneficiosos para el sistema digestivo, ayudando a conservar un peso y nutrición estable. El extracto de piña contiene una buena fuente de ácido ascórbico, este combate infecciones de origen

bacteriano o viral, actuando como un antioxidante efectivo y ayuda a que el cuerpo absorba el hierro(Hossain, Akhtar, & Anwar, 2015).

El método de secado por atomización se aplica en la industria alimentaria con la finalidad de conservar los principios activos naturales de las materias primas a procesar, transformando extractos líquidos que se degradan en menor tiempo, a sólidos o polvos que tienen un mayor tiempo de vida útil, además debido al uso de materiales encapsulantes o material de pared permite conservar el polvo obtenido del medio al que estará expuesto (Garzón, Tamayo, Sánchez, & Cardona, 2011).

Algunos de los productos que tienen mayor crecimiento en el mercado son las bebidas funcionales, sin embargo, muchos de estos productos no presentan un buen sabor, pero son consumidos debido a su composición y valor nutricional, por esto es importante la formulación de bebidas de alta calidad nutricional, que pueda favorecer a la salud de los consumidores y prevenir enfermedades (Rochín et al., 2015).

Considerando lo antes mencionado, la presente investigación tiene como objetivo diseñar una bebida potencialmente funcional, instantánea, a base de moringa, piña y jamaica, mediante secado por atomización, como método de protección de los compuestos bioactivos que se encuentran disponibles en estas materias primas, manteniendo así sus propiedades nutricionales

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La industria alimentaria cumple un papel muy importante, generando productos beneficiosos para el ser humano, los mismos que brindan una función determinada, como aportar nutrientes en su alimentación, ofreciendo alternativas a la dieta diaria de aquellos grupos que necesitan cubrir una demanda nutricional. El principal objetivo de las industrias alimentarias es diseñar productos de larga vida, conservando su calidad nutricional. Existen una gran variedad de métodos de los cuales, el secado es uno de los más utilizados. Cano (2014) menciona que este método evita cualquier actividad microbiana o enzimática al extraer la mayor cantidad de agua del alimento, estabilizando química y biológicamente por el mayor tiempo posible. A pesar de ello, la termolabilidad de los compuestos, sigue siendo la principal limitante, provocando pérdidas en la calidad nutricional de los alimentos deshidratados.

En la actualidad se utilizan métodos con menor impacto en la calidad biológica del producto final, uno de ellos el método de secado por atomización, el cual permite retener de manera más efectiva los componentes nutricionales de los alimentos. Una de las ventajas de este proceso son los tiempos cortos de exposición a temperaturas elevadas, siendo óptimo para compuestos sensibles al calor (E. García, 2011).

Este proyecto propone diseñar una bebida instantánea a partir de polvos microencapsulados de *A. comosus*, *M. oleifera* e *H. sabdariffa* conservando aquellas propiedades nutricionales propias de las materias prima, mediante el método de secado por atomización.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar una bebida instantánea a base de extractos microencapsulados de *H. sabdariffa*, *M. oleífera*, y *A. comosus*, mediante secado por atomización.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Evaluar algunos parámetros de calidad de *H. sabdariffa*, *M. oleífera*, y *A. comosus*.
2. Evaluar el contenido fenólico y capacidad antioxidante de las microcápsulas obtenidas a partir de *H. sabdariffa*, *M. oleífera*, y *A. comosus*.
3. Formular una bebida rehidratable potencialmente funcional y sensorialmente aceptable

HIPÓTESIS

Hi: Es posible obtener una bebida instantánea a base *H. sabdariffa*, *M. oleífera*, y *A. comosus* mediante los polvos microencapsulados

Ho: No es posible obtener una bebida instantánea a base de *H. sabdariffa*, *M. oleífera* L, y *A. comosus* mediante los polvos microencapsulados

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1 *H. sabdariffa*

1.1.1 Generalidades

La Flor de Jamaica más conocida como Roselle, Serení, Sorrel, entre otros, es proveniente de Asia. Es una planta tropical muy apreciada en todo el mundo por la sensación particular de frescura transmitida, es usada para la elaboración de refrescos, infusiones, confituras, vinos, entre otros. Se han utilizado infusiones eficazmente contra la hipertensión, los trastornos hepáticos, astringente, digestivo, emoliente, acidificante, antibacteriano, actividades antitumorales, antioxidantes y anti-hiperlipémicas (Cepero & Flor, 2014; Fernández et al., 2011).

1.1.2 Descripción botánica

H. sabdariffa es una planta que se produce anualmente de tallo cilíndrico rojizo. Las hojas son simples, con peciolo, hoja 3-5 lobulada o separado. Las flores son axiales, de 5 a 7 cm de diámetro; el cáliz es grueso, rojo y carnosos, en forma de copa, profundamente separados, pétalos, amarillos, dos veces más largos que el cáliz. La fruta es cápsula, ovoide, puntiaguda, de 1 a 2 cm de largo, más corto que el cáliz, densamente afilado y pelos rígidos (Ross, 2003). En la tabla 1, se muestra la clasificación taxonómica de *H. sabdariffa*.

Tabla 1. Clasificación taxonómica de *H. sabdariffa*

Reino	<i>Plantae</i>
Subreino	<i>Viridiplantae</i>
División	<i>Tracheophyta</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Orden	<i>Malvales</i>
Familia	<i>Malvaceae</i>
Género	<i>Hibiscus</i> L.
Especie	<i>Hibiscus sabdariffa</i> L.

Fuente: (ITIS) Integrated Taxonomic Information System.

1.1.3 Métodos de extracción

Los compuestos bioactivos de *H. sabdariffa* se pueden obtener por medio de extracción acuosa, agua acidificada, hidroalcohólica, alcohólica dependiendo del metabolito de importancia y del uso posterior (Menéndez, 2014).

Salazar, Vergara, & Guerrero (2009), en su estudio para obtener el extracto de Jamaica que posteriormente fue sometido a una microencapsulación, realizaron una extracción hidroalcohólica, 96% de etanol. Manteniendo en agitación constante, en la oscuridad y temperatura ambiente.

1.1.4 Composición química

La composición química de *H. sabdariffa* depende de sus características y variedad. Aporta la mayoría de los aminoácidos esenciales, excepto el triptófano (Cid & Guerrero, 2012).

La flor de Jamaica contiene compuestos fenólicos como: ácidos orgánicos, proantocianidinas, flavonoles, flavonas, flavononas, isoflavononas y antocianinas; las antocianinas que se encuentran mayoritariamente son el 3-sambubiósido de delphinidina y 3-sambubiósido de cianidinas (De Dios, Montalvo, Andrade, & Gómez, 2011; Beltrán et al., 2010).

En el Anexo 1 se muestran valores reportados por diferentes autores acerca de la composición química de *H. sabdariffa*, variantes como: humedad, proteína cruda, extracto etéreo, fibra cruda, entre otras, cambian según el origen de la planta, cultivo, suelo, entre otros.

1.1.5 Actividad biológica

Las flores de jamaica tienen propiedades antioxidantes, una de ellas es el ácido protocatéquico, que es eficaz para la inhibir células cancerígenas. Infusiones, bebidas y extractos de *H. sabdariffa* son usados debido a sus propiedades bactericidas, antimicóticas, hipercolesterolémicos, diuréticas, antiinflamatorias, anticancerígenas, cardioprotectores, reguladora del colesterol e hipertensión, debido a sus componentes activos como las vitaminas E y C, ácidos polifenólicos, flavonoides (Sumaya et al., 2014; Cid & Guerrero, 2012).

Uno de sus atributos sensoriales más agradables son el sabor y color rojo intenso, debido al contenido de antocianinas y a los diferentes tipos de ácidos como cítrico, málico, tartárico e hibisco, además, contribuye con compuestos fenólicos, flavonoides, ácido ascórbico, β -caroteno y polisacáridos. Estos compuestos bioactivos atribuyen propiedades funcionales, debido a su capacidad antioxidante (Sumaya et al., 2014).

1.2 *M. oleifera*

1.2.1 Generalidades

M. oleifera es un árbol tropical caducifolio perenne y nativo del sur de las montañas del Himalaya en el norte de la India. *M. oleifera* es rica en proteínas, vitamina A, minerales, aminoácidos esenciales, antioxidantes y flavonoides, así como también isotiocianatos (Kou, Li, Olayanju, Drake, & Chen, 2018).

Todas las partes de *M. oleifera* son útiles, las vainas en diferentes etapas de madurez se consumen como vegetales. Las hojas, fuente de vitamina C y minerales, sirven además como alimento para el ganado. Las vainas tiernas se cocinan o se cortan y se usan en preparaciones culinarias, los extractos o infusiones son usadas medicinalmente debido a sus compuestos antioxidantes (Özcan, 2018).

Diversas plantas medicinales se han utilizado como una fuente natural de compuestos biológicamente activos. Algunos de estos compuestos poseen efectos beneficiosos, que pueden utilizarse para mejorar la salud humana. Una de esas plantas medicinales es *M. oleifera*, suele ser referida como moringa en la literatura, se ha utilizado con fines de salud en la dieta (Ma et al., 2019).

Posee propiedades antibacteriales, En los últimos años, se ha determinado que las hojas de *M. oleifera* contienen nutrientes fundamentales para el beneficio del ser humano, contiene una gran parte de aminoácidos aproximadamente de 18 de los 20, de los cuales 9 son esenciales, además de su alto contenido de proteína (Sebasti & Salle, 2015).

1.2.2 Descripción botánica

M. oleifera es un árbol pequeño, de hoja perenne o de hoja caduca de rápido crecimiento que generalmente crece tan alto como 9 m, con una madera blanda y blanca y corteza de corcho y goma. Las raíces tienen el sabor del rábano picante. Las hojas son hojas agrietadas longitudinalmente, eje principal de 30-75 cm de largo y su rama unida,

glandulares en las articulaciones, los foliolos son glabros y enteros. Los tallos son finamente vellosos, verdes y casi sin vello en la superficie superior, más pálido y sin vello debajo, con venas medias teñidas de rojo, y son redondeados o de punta roma en el ápice y de punta corta en la base. Las ramitas son finamente vellosas y verdes. Las flores son blancas, perfumadas en grandes panículas axilares, las vainas son colgantes, acanaladas, las semillas tienen 3 ángulos (Mishra et al., 2011). En la Tabla 2, se detalla la taxonomía de *M. oleifera*.

Tabla 2. Taxonomía de *M. oleifera*

Reino	<i>Plantae</i>
Sub-reino	<i>Tracheobionta</i>
Súper división	<i>Spermatophyta</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Subclase	<i>Dilleniidae</i>
Orden	<i>Capparales</i>
Familia	<i>Moringaceae</i>
Género	<i>Moringa Adans</i>
Especie	<i>Moringa oleifera Lam</i>

Fuente: (ITIS) Integrated Taxonomic Information System.

1.2.3 Métodos de extracción

Según Linares et al., (2018), en su estudio para la obtención de extractos de *M. oleifera*, realiza una comparación por diferentes métodos de extracción como: extracción con agitación magnética, extracción estática, extracción por Soxhlet y extracción por ultrasonido, de los cuales en cuanto al contenido de fenoles solubles el método de extracción por agitación magnética y la extracción por Soxhlet tuvo mejores resultados.

1.2.4 Composición química

Sobre la composición química varios autores mencionan que la abundancia de contenido fenólico en las especies de *M. oleifera* confiere mayor actividad antioxidante ya que los compuestos fenólicos tienen potencial para estabilizar el radical libre (Velázquez, Peón,

Zepeda, & Jiménez, 2016). El potencial antioxidante de *M. oleifera* se atribuye principalmente a la presencia de ácido ascórbico, β -caroteno, kaempferol, quercetina, rutina, isotiocianato en las hojas (Singh et al., 2019).

En el Anexo 2 En el Anexo 2 se muestra los principales compuestos antioxidantes, presentando un alto contenido de vitaminas A, B y C y minerales como hierro, además de los aminoácidos que contienen azufre como la Cistina y la Metionina (Liñán, 2010).

1.2.5 Actividad biológica

M. oleifera es una de las fuentes potentes de varios ingredientes activos como flavonoides, taninos, saponinas, terpenoides, proantocianidinas y glucósidos cardíacos que tienen propiedades terapéuticas (Ahmed, El-darier, Migahid, & Belkasem, 2019).

1.3 A. comosus

1.3.1 Generalidades

La piña es la tercera fruta a nivel mundial de importancia económica, estimando 17 a 18 millones de toneladas entre los años 2006 y 2010 (Elizondo & Campos, 2014). Los principales productores son Filipinas, Brasil, Costa Rica, Tailandia y China, representando el 55% de la producción total Es una de las más populares frutas subtropicales, nativa de América Central y del Sur (Hossain et al., 2015).

1.3.2 Descripción botánica

El fruto se forma por partenocarpio natural, es decir, sin la fecundación del óvulo y por lo tanto sin la formación del hijuelo, después de la antesis, todas las piezas florales contribuyen a formar fruto partenocarpio, excepto el estilo, los estambre y los pétalos se marchitan. Botánicamente el fruto es una sorosis, constituido por un eje carnoso o corazón, del cual parte las flores que son concrecentes (se fusionan entre sí) durante el desarrollo del fruto. Las brácteas y los carpelos se unen al eje para construir el conjunto comestible (Morga, 2003).

A. comosus pertenece a la familia bromeliaceae, una familia muy grande de las regiones tropicales de América (especie originaria de África); la mayoría de las bromeliáceas son epífitas, es decir, se desarrollan sobre los troncos y ramas de árboles, sin embargo, la piña

y otras especies relacionadas crecen sobre el suelo. Existen muchos cultivares de Ananas; no obstante, el predominante es “Smooth cayenne” (Morga, 2003).

En la tabla 3, se describe la taxonomía de *A. comosus*

Tabla 3. Taxonomía de *A. comosus*

Reino	<i>Vegetal</i>
Sub-reino	<i>Embriobionta</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Monocotiledoneas</i>
Orden	<i>Lilales</i>
Familia	<i>Bromeliáceas</i>
Género	<i>Ananas</i>
Especie	<i>comosus</i>

Fuente: (Morga, 2003).

1.3.3 Métodos de extracción

Monroy & Patiño (2007), en su metodología menciona que, para obtener el extracto de piña, para someterla a un secado por atomización, retiró la cáscara para posteriormente trocear, licuar y filtrar la pulpa. Este es uno de los métodos más usados para obtener el extracto de las frutas.

1.3.4 Composición química

A. comosus es un fruto tropical no climatérico que se descompone de manera acelerada en el ambiente, tanto en estado fresco como cortado, contiene porcentajes elevados de vitamina (C, B1, B2), carbohidratos, fibra, sales minerales y otros compuestos. El ácido orgánico predominante es el ácido cítrico (Zambrano et al., 2017).

Tiene un contenido de proteasas con valores comerciales altos. La bromelina es un grupo de enzimas proteolíticas que pertenece a la familia de plantas de Bromeliácea (Wu, Ng, Sun, & Lan, 2017).

El contenido de proteína, grasa, cenizas, pH, azúcares totales, varían según el lugar de origen. En el anexo 3, se muestran la tabla que reportan diferentes autores.

1.3.5 Actividad biológica

Las enzimas proteolíticas son necesarias para el fortalecimiento de la reacción enzimática, que ejercen un efecto aditivo en el metabolismo humano. La bromelina ha sido usada en el campo de la farmacología debido a su potencial antiinflamatorio para tratar diversos problemas de salud como angina, indigestión y complicaciones respiratorias (Wu et al., 2017).

Las piñas y los productos derivados son usados debido a su agradable aroma y sabor ya que contienen concentraciones considerables de compuestos aromáticos, polifenoles, vitaminas y otros (Difonzo et al., 2019).

1.4 Secado por atomización

La microencapsulación consiste en un núcleo que está envuelto en una membrana permeable de material encapsulante que actúa como una película protectora, aislando la sustancia activa y evitando los efectos de su exposición inadecuada, controlando también cualquier interacción de entrada o salida de sustancias al núcleo de la microcápsula (Rocha, Fávoro, & Ferreira, 2012).

La microencapsulación se usa en la industria alimentaria para preservar sustancias sensibles a la temperatura, luz, oxígeno y humedad, reduciendo la velocidad de descomposición debido a la conservación del producto por la membrana que recubre al núcleo, protegiéndola del entorno en el que se encuentra, modificando físicamente el material para facilitar el manejo (Rocha et al., 2012).

El secado por atomización es la técnica más conocida y económica para la elaboración de materiales alimenticios microencapsulados. La disposición del equipo está al alcance, además, los costos de producción son más bajos que los otros métodos. En comparación con la liofilización, el costo del método de secado por atomización de 30 a 50 veces menor (Gharsallaoui, Roudaut, Chambin, Voilley, & Saurel, 2007).

La aplicación industrial del secado por atomización comenzó en la década de 1920 con leche y detergentes. Sin embargo, hoy en día, la aplicación de esta técnica ha sido

expandido a la producción de diferentes alimentos, como: huevo, bebidas, proteínas vegetales, extracto de frutas y verduras, carbohidratos, extractos de hierbas, yogurt, entre otros productos en polvo (Keshani, Daud, Nourouzi, Namvar, & Ghasemi, 2015).

Los beneficios de la técnica de secado por atomización incluyen la producción de polvos de un tamaño de partícula específico y bajo contenido de humedad, independientemente de la capacidad del secador. Es una operación continua y fácil que se controla de forma totalmente automática con una respuesta rápida (Keshani et al., 2015).

1.4.1 Proceso de secado

El secado por atomización es un proceso mediante el cual un extracto líquido se atomiza en una corriente de aire caliente hasta obtener un polvo. La alimentación que ingresa al pulverizador puede ser una solución, una emulsión o una suspensión líquida. Dependiendo del material y composición de la alimentación y las condiciones de operación, se produce un polvo muy fino (10–50 μm) o partículas mayores de (2–3 μm) (Gharsallaoui et al., 2007).

1.4.2 Parámetros de secado

El proceso de secado por atomización es continuo combinando varias etapas en el proceso, cada etapa se lleva a cabo de acuerdo con el diseño del secador y ajuste de operación, que determina las características de los productos secos (Keshani et al., 2015).

Para obtener una buena eficiencia de microencapsulación existen múltiples parámetros a considerar los cuales definen si el secado es óptimo, dentro de los que deben ser considerados podrían citarse: temperaturas de entrada y salida del aire de secado, el flujo o velocidad de alimentación de producto a secar, el acondicionamiento de la materia prima, entre otros (C. García, González, Ochoa, & Medrano, 2004).

1.4.2.1 Temperatura de aire de entrada

El contenido de agua final depende de la temperatura del aire de entrada y de la velocidad de secado. Cuando la temperatura de aire de entrada es baja, disminuye la evaporación de agua, provocando microcápsulas deformes con alta densidad, alto contenido de agua, y más denso, por tanto, el rocío en el equipo no es homogéneo y produciendo aglomeraciones en el mismo (Esquivel, Ochoa, & Rutiaga, 2015).

Sin embargo, si es alta, la viscosidad y tamaño de gota es menor, provocando lo contrario, una evaporación excesiva, rompiendo la membrana que cubre la microcápsula, produciendo una liberación temprana, así como una descomposición del ingrediente encapsulado y una pérdida de compuestos volátiles (Esquivel et al., 2015).

1.4.2.2 Velocidad o flujo de alimentación

La velocidad de alimentación establecida al atomizador, varía según el tipo de líquido que va a ser sometido a secado para asegurar que todo el líquido que ingresa al equipo sea asperjado correctamente, llegando al nivel de secado de las microcápsulas deseado (Esquivel et al., 2015).

1.4.2.3 Temperatura de aire de salida

La temperatura al final de la zona de secado, también denominada temperatura de escape o temperatura de aire de salida, obtenida bajo condiciones dadas puede considerarse como el índice de control del secador. Es difícil predecir esta temperatura de antemano para un producto dado, ya que depende de las características de secado del material. La temperatura de salida de aire no se puede controlar directamente, ya que depende de la temperatura de entrada de aire, entre otros factores. Se ha informado que la temperatura ideal de salida de aire para la microencapsulación de ingredientes alimenticios, oscila entre 50-80 (Gharsallaoui et al., 2007).

1.4.2.4 Materiales encapsulantes

El material de pared o material encapsulante es uno de los parámetros más importantes en el desarrollo de la microencapsulación, ya que debe cumplir con criterios requeridos como flexibilidad, resistencia, disolución apropiada, compatibilidad, tamaño de partícula, entre otros (Villacrez, 2013).

Algunos de los materiales encapsulantes más comunes son, carbohidratos, lípidos, proteínas, gomas, entre otros. Estos son usados según sus propiedades, y el tipo de sustancia a encapsular (Gharsallaoui et al., 2007).

González, Hernández, & González (2015), en su estudio de secado por atomización de Guanábana (*Annona muricata* L.), obtuvo como resultado que la mezcla de maltodextrina DE-10 y goma arábiga fue el mejor tratamiento para evitar la pérdida de compuestos volátiles durante el secado, se formó una película protectora viscoelástica, además, permeable, permitiendo la evaporación durante el proceso, conservando los compuestos,

sin haber diferencia significativa de los compuestos existentes antes de someterlo al secado.

1.5 Alimentos funcionales

Las innovaciones de la industria de alimentos a menudo se dirigen a desarrollar productos de sustitución importantes, siguiendo las instrucciones nutricionales y cumpliendo con las regulaciones de aditivos alimentarios. Generalmente son productos y servicios de consumo nuevos o mejorados, que se ajustan a las necesidades del consumidor (Bigliardi & Galati, 2013).

Entre las innovaciones alimentarias, varias investigaciones reconocen los alimentos funcionales como uno de los más interesantes de investigación e innovación. Su relevancia está relacionada con el elevado costo de la atención médica, el aumento de la esperanza de vida y la mejora de calidad de vida de personas mayores en sus años posteriores (Bigliardi & Galati, 2013).

Los alimentos funcionales son aquellos que cumplen una función específica en el organismo de modo beneficioso además de su valor nutricional habitual. Estas funciones pueden ayudar a prevenir o reducir alguna patología (Araya & Lutz, 2003).

CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Materias primas

Las materias primas utilizadas en el presente estudio fueron: hojas de *M. oleífera* recolectadas a las 8 semanas de cultivo en la Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias (UACA) de la Universidad Técnica de Machala, ubicada en la provincia de El Oro. *M. oleífera*, se recolectó en 2 partes, en el mes de octubre: primera y segunda semana. *H. sabdariffa* fue recolectada a las 6 semanas de cultivo, procedentes del sitio San Jacinto de la parroquia Bellavista, cantón Santa Rosa. *A. comosus* de la variedad Cayena Lisa, cultivada en el cantón Milagro de la provincia del Guayas.

2.1.1 Tratamiento post cosecha de materias primas

El tratamiento postcosecha se realizó mediante la selección, lavado y desinfección de la misma para descartar material extraño o insectos presentes en *H. sabdariffa*, *M. oleífera* y *A. comosus*.

Las materias primas fueron lavadas y posteriormente desinfectadas por inmersión en una solución de Star-Bac (desinfectante doméstico - Reg. San. 2234-ALN-0614), a una concentración de 1,5 mL/L de agua, durante 5 minutos.

***M. oleífera*:** las hojas lavadas y desinfectadas se dejaron escurrir por 24 horas en rejillas plásticas; luego fueron separadas de los raquis seguidamente se secaron en una estufa (MEMMERT UF 55, Alemania), con circulación de aire forzado y trampa abierta, a una temperatura de 45°C por 4 horas. Las hojas secas se molturaron, para obtener un polvo de tamaño de partícula homogénea se usó tamiz (HUMBOLDT- U.S.A Standard sieve) de 425 micras.

***H. sabdariffa*:** una vez lavados los cálices, se colocó en un área plana desinfectada sobre papel periódico para escurrir el exceso de agua y posteriormente separar el cáliz del fruto, los cálices fueron secados en una estufa (MEMMERT UF 55, Alemania), con circulación de aire forzado y trampa abierta, a una temperatura de 45°C durante, aproximadamente 48 horas, permitiendo la deshidratación de la flor en menos tiempo. Los cálices secos se sometieron a un proceso de molinado hasta obtener un polvo fino.

A. comosus: para obtener el extracto de piña no se sometió a un previo secado, se usó la materia prima fresca, licuando 980 gr de pulpa de piña con 537 mL de agua. Finalmente se filtró con ayuda de una bomba de vacío (VACUUBRAND PC 600).

2.1.2 Parámetros de calidad determinados en *M. oleifera* y *H. sabdariffa*

2.1.2.1 Determinación de humedad residual en el material vegetal

Para determinar la humedad residual se utilizó una balanza con fuente de calentamiento halógeno (OHAUS MB90). Se colocó 1 g de materia vegetal seca, el equipo de manera automática secó la muestra hasta que alcanzó peso constante a 105°C. Se realizó por triplicado.

2.1.2.2 Determinación de cenizas totales

Se siguió la metodología declarada por la AOAC 923.03, sometiendo a calcinación las muestras a 550 ° C. Se realizó el análisis por triplicado y los resultados fueron obtenidos a través de la ecuación 1 (Ec.1).

$$\% \text{Cenizas} = (P1 - P0) / (Pm) * 100 \quad \text{Ec1.}$$

Donde:

P1 = Peso del crisol y las cenizas (g)

P0 = Peso del crisol vacío (g)

Pm = Peso de la muestra y el crisol (g)

2.1.3 Parámetros de calidad determinados en *A. comosus*

2.1.3.1 Determinación de acidez

Preparación de la muestra: se realizó el mismo procedimiento detallado en el epígrafe 2.1.1

Ensayo: la determinación se llevó a cabo por titulación, según el método NTE INEN-ISO 750:2013 y se realizó por triplicado. Se tomó 25 ml del jugo filtrado, mediante volumetría ácido-base con una solución NaOH (0,1N) con presencia de

fenolftaleína (indicador), hasta obtener el primer cambio de color y tomar nota del NaOH (0,1N) consumido. Para luego calcular el porcentaje de acidez mediante la Ec. 2.

$$\% \text{Acidez} = \frac{V_{\text{NaOH}} * N_{\text{NaOH}} * meq_{\text{ácido}} * 100}{V} \quad (\text{Ec. 2})$$

Donde:

V_{NaOH} = volumen de NaOH usado para la titulación

N_{NaOH} = normalidad del NaOH

$meq_{\text{ácido}}$ = miliequivalentes de ácido

Los valores equivalentes de base a ácido para el ácido cítrico es: 0,064

2.1.3.2 Determinación de °Brix

Para la determinación de sólidos solubles se usó un refractómetro HANNA, modelo HI 96801, previamente calibrado con agua destilada. La lectura se realizó de forma directa y por triplicado a la materia prima fresca.

2.1.3.3 Determinación de índice de maduración

Se determinó según la metodología propuesta por Rodríguez, Lopez, & García (2010), por la relación entre el porcentaje de sólidos solubles y el porcentaje de acidez de la muestra.

2.1.3.4 Determinación de pH

Preparación de la muestra: se realizó el mismo procedimiento del epígrafe 2.1.1

Ensayo: Se realizó mediante potenciometría. Se tomaron 25 ml de muestra filtrada en vaso de precipitación, sumergiendo el electrodo en muestra para tomar lectura en un pH-metro Portable Multi-parameter Meter (Bante instruments serie 900P). Para estandarizar el potenciómetro se utilizó una solución reguladora de pH 4.

2.1.3.5 Determinación de humedad

Se realizó la misma metodología descrita en el epígrafe 2.1.2.1

2.1.3.6 Determinación de cenizas

Se realizó la misma metodología descrita en el epígrafe 2.1.2.2

2.2 Elaboración de extractos

La elaboración de los extractos, se realizó por el método de maceración, este método consiste en someter una matriz sólida o material biológico seco en contacto con el disolvente o menstuo, pueden ser agua, alcohol, o la mezcla de ambos, dependiendo del tipo de material a extraer (Duarte, Jiménez, Pineda, & González, 2019).

Para la extracción se usó el método por maceración ultrasónica para *M. oleífera* y *H. sabdariffa*, con diferentes concentraciones para cada una de ellas, tal como se describe a continuación.

M. oleífera

Se pesaron 100 g de polvo de hojas secas de moringa, se hidrataron con 800 ml de agua por 10 minutos. Luego, se agregó 1000 ml de agua y se sometió al proceso de extracción durante 30 minutos en baño ultrasónico (Ultrasonic Bath 5.7L). Finalmente se filtró con ayuda de una bomba de vacío (Vacuum Pumpin Unit).

H. sabdariffa

Se pesaron 24 g de polvo de cálices secos de jamaica, se hidrataron con 40 ml de agua por 10 minutos y después se agregaron 1200 ml de agua. La maceración ultrasónica se realizó de la misma manera que el caso de la *M. oleífera*, durante 30 minutos. Finalmente se procedió a la filtración por vacío.

A. comosus

Se realizó el mismo procedimiento del epígrafe 2.1.1

2.3 Secado por atomización

El encapsulante depende del tipo de sustancia a encapsular, en esta investigación se usó MD 10 -15 DE para *H. sabdariffa* y *M. oleífera*, para *A. comosus* se usó una mezcla de la

misma MD y GA 70:30, con un porcentaje de encapsulante del 10% para los tres extractos.

Se realizó el secado de los extractos con agente encapsulante en un Spray Dryer (BÜCHI MINI SPRAY DRYER B-290). Los parámetros de secado fueron planteados considerando lo propuesto en la literatura especializada (Sotomayor & Carrasco, 2017; Howard, Illescas, Jaramillo, & Campo, 2017), con modificaciones y varían para cada uno de los extractos.

Para propiciar el análisis de la influencia del proceso de secado por atomización sobre las propiedades evaluadas en las microcápsulas resultantes, se realizó, paralelamente, el secado de la mezcla a encapsular con ayuda de un rotoevaporador (HEIDOLPH LABOROTA 4001 efficient) acoplado a un criostato (LAUDA/ALPHA-8) y bomba de vacío.

2.3.1 Evaluación físico química de las microcápsulas y extractos con encapsulantes

2.3.1.1 Determinación de humedad residual

Se empleó la metodología descrita en el epígrafe 2.1.2.1.

2.3.1.2 Determinación de rendimiento del secado

La determinación del rendimiento del secado se realizó mediante la relación de los sólidos contenidos en el extracto (100%) y los sólidos del polvo microencapsulado.

2.3.1.3 Determinación de fenoles totales mediante el método de Folin-Ciocalteu

Preparación de la muestra - microcápsulas (MC): Se pesó de cada polvo 0,5051 g (piña), 0,5619 g (moringa), 0,5241 g (flor de jamaica) y se disolvieron con agua destilada, en balón volumétrico de 10 mL.

Preparación de la muestra - extracto con encapsulante (EE): Se tomó de extracto seco: 0,5277 (piña), 0,5036 g (moringa), 0,5019 g (Jamaica) y se disolvieron en 10 mL de agua destilada, con ayuda del baño ultrasónico, para luego enrasar con agua destilada en balones volumétrico de 10 mL.

Ensayo: Se trabajó con el reactivo Folin-Ciocalteu y la metodología descrita por Singleton, Orthofer, & Lamuela (1999) con algunas modificaciones. Se tomó 50 µL de las muestras o de la solución diluida de ácido gálico (estándar de referencia para la curva de calibración). Posteriormente se añadieron 2,5 mL de solución de Folin-Ciocalteu al 10%, se adicionó 450 µL de agua destilada y se homogeneizó en vortex (Thero Scientific, USA), se dejó reposar durante 5 min. Luego se adicionaron 2 mL de la disolución de carbonato de sodio (7,5%), se agitó nuevamente en vortex y se dejó reposar durante 2 horas. se realizó la lectura en las microceldas de 2 mL, se empleó un espectrofotómetro (UV-Visible SPECTROPHOTOMETER Evolution 201 Thero Scientific, USA) configurado a una longitud de onda de 765 nm.

La cuantificación de fenoles totales se efectuó a través de una curva de calibración con ácido gálico 10 mg/mL en concentraciones con un rango de 0,1 a 0,9 mg/mL. La cuantificación se realizó por triplicado.

A partir de la curva de calibración para ácido gálico se determinaron los fenoles totales, aplicando un análisis de regresión lineal, resultando la siguiente ecuación (Ec.3)

$$\text{Absorbancia} = 0,00446667 + 0,888667 * \text{Concentración}$$

Coeficiente de correlación de 0,9989 (Ec.3)

2.3.1.4 Determinación de la capacidad secuestradora de radicales libres frente al (2,2-Difenil picrylhidrazil-capacidad antioxidante equivalente a trolox) DPPH-TEAC.

Preparación de la muestra (MC): Se tomó del polvo microencapsulado: 0,1283 g (piña), 0,1078 g (moringa), 0,1046 g (flor de jamaica). Para disolver la muestra se colocó en balón volumétrico de 10 mL con agua destilada. Con ayuda del baño ultrasónico se realizó la disolución completa de la muestra para luego enrasar con agua destilada.

Preparación de la muestra (EE): Se pesó de extracto seco 0,1124 g (piña), 0,1097 g (moringa), 0,1047 g (flor de jamaica), se colocó en balón volumétrico de 10 mL con una alícuota de agua destilada. Con ayuda del baño ultrasónico se realizó la disolución completa de la muestra para luego enrasar con agua destilada.

Ensayo: Para la determinación de la actividad antioxidante de ambas muestras, por triplicado, se aplicó el método de Brand Willians et al (1995) con algunas modificaciones. La lectura se llevó a 517 nm con ayuda del espectrofotómetro usando microceldas de 2 ml y usando como blanco metanol.

La curva de calibración se obtuvo para el trolox trabajando a concentraciones de 0,025; 0,075; 0,1; 0,125; 0,15; 0,175 mg/mL en metanol. Se tomaron 100 µL de cada una de las concentraciones (por triplicado), se trasvasaron a tubos de ensayo y se le añadieron 3,9 ml de la disolución de DPPH. Los tubos de ensayo se homogeneizaron con la ayuda de un vortex y se mantuvieron en oscuridad por un tiempo de 30 minutos, a temperatura ambiente. Pasado ese tiempo se procedió a vaciar el contenido de cada tubo en las microceldas para su respectiva lectura en el espectrofotómetro, a una longitud de onda de 517 nm.

De las disoluciones de ambas muestras, se tomaron 50 µL (por triplicado), se colocó en tubos de ensayo y se añadió 1,5 mL de la disolución DPPH (0,1mM). Con ayuda de un vortex se homogeneizó las muestras. Cada una de las disoluciones, previo a la lectura en el espectrofotómetro, se mantuvieron protegidas de la luz a temperatura ambiente con un lapso de 30 minutos. Como blanco se utilizó una mezcla que contenía 3,9 ml de la disolución de DPPH y 100 µL de metanol. Pasado ese tiempo se procedió a vaciar el contenido de cada tubo en las microceldas para su respectiva lectura en el espectrofotómetro, a una longitud de onda de 517 nm. En ambos casos se utilizaron como blanco la disolución de DPPH.

Con los valores de absorbancia y usando como base la curva de calibración resultante. Se obtuvieron las concentraciones equivalentes a trolox para cada una de las muestras

2.3.1.5 Determinación de capacidad antioxidante por el método de FRAP

Preparación de la muestra (MC) Se ocupó de polvo microencapsulado 0,1283 g (piña), 0,1078 g (moringa), 0,1046 g (flor de jamaica), para disolver la muestra se colocó en balón volumétrico de 10 mL con agua destilada. Con ayuda del baño ultrasónico se logró disolver completamente la muestra para luego enrasar con agua destilada.

Preparación de la muestra (EE): Se utilizó de extracto seco 0,0558 g de piña, 0,0555 g de moringa, 0,0527 g de flor de jamaica. Para preparar las disoluciones de cada muestra por separado, estas se colocaron en balones volumétricos de 10 mL con agua destilada y

con ayuda del equipo ultrasónico se logró disolver completamente, procediendo a enrasar con agua destilada.

Ensayo: Se desarrolló según el método de Benzie & Strain (1996). El reactivo FRAP se preparó mezclando 25 ml de solución buffer acetato (pH: 1,6), 2,5 ml de solución 10 mM de TPTZ (2, 4, 6-tripiridyl-s-triazine) y finalmente con 2,5 ml de solución FeCl₃ 20 mM. La mezcla se incubó por 30 min a 37°C y recién preparada fue utilizada en el ensayo.

El ensayo se realizó por triplicado para las muestras mezclando en tubos de ensayos, de 10 mL de capacidad, 50 µL del extracto con 1,5 mL del reactivo FRAP. La lectura se realizó utilizando como blanco la disolución FRAP, luego de transcurridos 5 min y en el espectrofotómetro configurado para leer a 593 nm.

Ecuación 4, obtenida para el análisis de regresión.

$$\text{Absorbancia} = -0,00547619 + 6,58286 * \text{Concentración}$$

Coefficiente de correlación de 0,995865 (Ec.4)

2.4 Formulación y evaluación físico química del sachet

Las formulaciones propuestas en este estudio, se obtuvieron a partir de un diseño experimental de mezclas, utilizando programa estadístico STATGRAPHICS CENTURION XVI.II, combinando diferentes porcentajes de microencapsulado de *H. sabdariffa*, *M. oleifera* y *A. comosus* de modo tal que cada mezcla sume 100%. De este procedimiento resultaron tres distintas mezclas y sus correspondientes réplicas, tal como puede observarse en la tabla 4. Todas las formulaciones se diseñaron para ser diluidas en agua en una concentración del 5%.

Tabla 4. Diseño experimental de la mezcla de polvos.

FORMULACIÓN	COMPONENTES DE LA MEZCLA (%)		
	<i>M. oleifera</i>	<i>H. sabdariffa</i>	<i>A. comosus</i>
A50	40	40	20
E23	40	30	30
Z10	30	40	30
L23	40	40	20
K24	40	30	30
S42	30	40	30

Es importante mencionar que los porcentajes de cada componente (*M. oleifera*, *H. sabdariffa* y *A. comosus*) evaluados, fueron propuestos procurando siempre mantener presentes en mayor proporción en la fórmula las dos especies vegetales (*M. oleifera* y *H. sabdariffa*) para las cuales la literatura especializada reporta un elevado contenido de compuestos bioactivos asociados a una actividad antioxidante, debido a que se trata de formular un alimento potencialmente funcional.

2.4.1 Evaluación sensorial de las formulaciones

Con la finalidad de determinar, cuál de las mezclas formuladas lograba la mayor aceptación sensorial, se realizó una evaluación en la que se utilizó como descriptor la calidad sensorial global del producto, empleando una escala hedónica estructurada de 0 a 10 puntos, con la ayuda de un panel de 15 jueces semientrenados, conformado por personas de ambos sexos y de edades comprendidas entre 20 y 50 años.

2.4.2 Caracterización físico química y sensorial del sachet formulado

2.4.2.1 Determinación de fenoles totales mediante el método de Folin-Ciocalteu.

Preparación de la muestra: se realizó en las mismas condiciones que se consumirá el producto, es decir en una concentración del 5%. Se tomó de la mezcla de polvos A50, 10 g (*H. sabdariffa*, *M. oleifera* y *A. comosus*), y se disolvieron en 200 mL de agua (temperatura ambiente) para consumo humano.

Ensayo: Se empleó la metodología del epígrafe 2.3.1.3.

2.4.2.2 Determinación de la capacidad secuestradora de radicales libres frente al 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH).

Preparación de la muestra: se aplicó la metodología del epígrafe 2.4.2.1

Ensayo: Se empleó la metodología del epígrafe 2.3.1.4

2.4.2.3 Determinación de actividad antioxidante por el método de FRAP

Preparación de la muestra: Se aplicó la metodología del epígrafe 2.4.2.1

Ensayo: Se empleó la metodología del epígrafe 2.3.1.5

2.4.2.4 Cuantificación de minerales

Para la determinación cuantitativa de minerales se solicitó al laboratorio NemaLab S.A de Machala, realizar los análisis a la mezcla de polvos microencapsulados (mejor formulación), por medio del método de digestión húmeda.

2.4.2.5 Evaluación sensorial de la mezcla formulada

Se empleó la técnica descriptiva conocida como perfil sensorial, esta metodología permite determinar la intensidad de atributos sensoriales, a través de unas escalas de respuesta estandarizadas (NTC 3929), con modificaciones. Valorando la intensidad en una escala de 0 a 10.

CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Parámetros de calidad determinados en *M. oleifera* y *H. sabdariffa*

En la tabla 5, se muestran los parámetros de calidad de *M. oleifera* e *H. sabdariffa*, incluyendo promedio y desviación estándar.

Tabla 5. Parámetros de calidad determinados en *M. oleifera* e *H. sabdariffa*

Variablaes	<i>M. oleifera</i>	<i>H. sabdariffa</i>
Humedad	8,81 ± 0,240	8,63 ± 0,75
Cenizas	1,196 ± 0,166	0,665 ± 0,093

Las materias primas evaluadas se mantuvieron debidamente empacadas y almacenadas. De esta manera se evitó que absorbieran humedad del ambiente, disminuyendo así la probabilidad de crecimiento de microorganismos contaminantes.

Después que haber sometido el material vegetal, *H. sabdariffa* y *M. oleifera*, al proceso de secado a 45°C, se procedió a realizar análisis de humedad residual, obteniéndose como resultado 8,63 y 8,81 % de humedad residual respectivamente (tabla 5), cumpliendo así con lo estipulado en la normativa NTE INEN 2392 (2017), donde indica que, el contenido de humedad para hierbas aromáticas no debe exceder el 12%.

Los valores obtenidos de cenizas totales para las especies vegetales, se exponen en la tabla 6. En el caso de *H. sabdariffa* (0,665), resultó más bajo a lo reportado por Ariza et al., (2014). El porcentaje obtenido de cenizas en la muestra de *M. oleifera* (1,196), este mostró ser más bajo a lo reportado por Pedraza et al., (2013) y Gutiérrez, Borjas, Rodríguez, Rodríguez, & Sarduy (2015). Las posibles diferencias podrían deberse a las particularidades genéticas de cada especie vegetal, además de la composición de los suelos de cultivo y las condiciones climáticas del lugar de origen como se puede ver en la tabla 6 y lo reportado por (Ariza et al., 2014; Pedraza et al., 2013; Gutiérrez et al., 2015).

3.2 Parámetros de calidad determinados en *A. comosus*

En la tabla 6, se detallan los resultados de evaluación química de *A. comosus*. En base a los valores obtenidos, en términos de °Bx (sólidos solubles) y acidez, la fruta cumple con

el requisito establecido en la NTE INEN 1836 (2016). Por otro lado el valor de sólidos solubles de la muestra es mayor a lo reportado por García, Bejarano, Paredes, Vega, & Encinas (2018) quien, además, determinó un valor de acidez (0,89%) y pH (3,8) en una muestra de piña de la misma especie, estos valores se aproximan a lo determinado en la muestra analizada en esta investigación. Los valores de sólidos solubles, humedad e índice de madurez, difieren de lo reportado por este autor.

Tabla 6. Evaluación química de *A. comosus*

Parámetros fisicoquímicos	Valor
° BRIX	12,6 ± 0,72
Ph	3,72 ± 0,07
Acidez	0,94 ± 0,06
Humedad	78,56 ± 3,00
Cenizas	0,18 ± 0,06
Índice de maduración (IM)	13,4 ± 1,24

Por otro lado, en un estudio del efecto de un recubrimiento comestible formulado con mucílago del cactus (*Opuntia elatior* Miller) sobre la calidad de frutos de piña mínimamente procesados, se reportan valores de pH de 3,34, acidez 1,34%, sólidos solubles totales 12,95 % en *A. comosus*, cultivada en la localidad Montañas de Peraza, Venezuela Zambrano et al., (2017), De los valores obtenidos en la tabla 7 de, pH (3,72), sólidos solubles (12,6) se obtuvieron valores similares, mientras que el valor de acidez (0,94) fué un valor menor. Los cuales son semejantes a los valores obtenidos del análisis químico que se realizó en esta investigación.

García et al., (2018) en su investigación, realizaron análisis químicos de *A. comosus*, la cual fue recolectada del Amazonas de Perú, encontrándose que los valores de humedad, sólidos solubles, índice de madurez, pH, difieren de lo determinado en esta investigación.

Las diferencias entre los valores que reporta la literatura especializada y los obtenidos en este trabajo, pueden tener su origen en las prácticas poscosecha de la fruta (condiciones de almacenamiento), edad de la fruta, índice de maduración, suelos de cultivo, condiciones climáticas y la variedad de especie vegetal. Basándonos en normativa NTE INEN 1836 (2016).

3.3 Secado por atomización

Los extractos acuosos deben ser consumidos de manera instantánea, o en un lapso de tiempo corto, debido a su inestabilidad, a la degradación de compuestos bioquímicos y la contaminación por microorganismos provocando que estos extractos no sean aptos para el consumo humano y reduciendo sus propiedades curativas (Pulla, 2014). Con la finalidad de prolongar la vida útil de los extractos de moringa, jamaica y piña, protegiendo los compuestos bioactivos de estas fuentes botánicas, se empleó el secado por atomización. Dicho método transformó los extractos líquidos en polvos secos, algunas de las ventajas de este método son: estabilidad del producto, disminución de la actividad de agua y actividad microbiológica, exposición a temperaturas relativamente bajas en cortos tiempos, reduce el espacio de almacenamiento, disminuye costos de empaque y transporte (García, 2011).

Mediante el secado por atomización, se obtuvieron polvos secos microencapsulados a partir de los extractos de piña, moringa y jamaica. En la tabla 7 se muestran los resultados de parámetros físico-químicos medidos en el polvo microencapsulado de cada especie vegetal (piña, moringa y jamaica) con los correspondientes parámetros de operación empleados en el proceso de secado.

En el caso de la piña el grado de maduración con el que se utilizó esta materia prima para el secado por aspersion fue de 13,4, conforme a la relación entre sólidos solubles y acidez.

Cada extracto ingresó al equipo con un porcentaje de sólidos solubles, 9,77 ($\pm 0,31$) para Jamaica, 16,10 ($\pm 0,10$) para piña y 11,17 ($\pm 0,6$) para moringa.

Tabla 7. Parámetros y análisis químicos del secado por atomización de *M. oleífera*, *H. sabdariffa* y *A. comosus*.

	Encapsulante	Temp de entrada (°C)	Temp de salida (°C)	Rendimiento (%)	°Brix	Humedad (%)
<i>M. oleífera</i>	MD	140	79-81	85,80±1,65	11,17 ± 0,60	1,8±0,74
<i>A. comosus</i>	70:30 GA/MD	190	90	48,02	16,10 ± 0,10	3,54±0,66
<i>H. sabdariffa</i>	MD	140	69-72	84,24±2,50	9,77 ± 0,31	2,80±0,15

MD: Maltodextrina, GA: Goma arábica

Los valores de rendimiento de secado, para la obtención de los polvos microencapsulados, varían para cada materia prima, este valor podría cambiar en función de la composición química, el tipo de encapsulante empleado, las temperaturas de trabajo, entre otros parámetros del proceso de secado. Se obtuvieron rendimientos más altos en el caso de *M. oleífera* y *H. sabdariffa*, para las cuales se usó solo MD resultados similares fueron reportados por Arteaga & Arteaga (2016), mencionan que el uso de encapsulantes como MD es el más útil para obtener un mejor rendimiento en microencapsulación. Sin embargo diversos autores reportan el uso de GA, obteniendo interesantes resultados. Por ejemplo, Juscamaita et al., (2017), afirman que mediante el uso de goma arábica como encapsulante de extractos de carotenoides de pétalos de mastuerzo a 130 °C y 150°C, obtuvieron un mayor rendimiento, presentando además una alta capacidad antioxidante en comparación con la MD.

Autores como McNamee, O’Riordan, & O’Sullivan (2001) y Krishnan, Bhosale, & Singhal, (2005) reportan el uso de goma arábica como agente encapsulante debido a que su baja viscosidad y la calidad de la superficie activa que forma, permite retener y proteger compuestos bioactivos y aromatizantes. Sin embargo, la goma arábica es un ingrediente costoso, por lo tanto, es necesario de evaluar alternativas de mezclas con otros agentes encapsulantes

En el caso de *H. sabdariffa*, Sotomayor & Vargas (2017) encontraron que la temperatura de entrada es influyente en cuanto al secado, cuando la temperatura es alta, la eficiencia disminuye, mientras que, a temperaturas de 150 °C y 180 °C, se obtienen rendimientos más elevados, no obstante, las altas temperaturas de entrada producen microencapsulados de capa delgada que ayuda a la liberación prematura y degradación del compuesto microencapsulado.

Así mismo, Howard et al., (2017) concluyeron que a una temperatura de 150 °C, el secado por aspersión del extracto de *M. oleifera*, logra obtener un producto con buenas condiciones y propiedades nutraceuticas favorables para ser administrado como suplemento nutricional.

Por lo cual, tanto es preciso decir que tanto la calidad nutricional de las microcápsulas como el rendimiento del proceso de secado depender de múltiples factores como la temperatura de secado, el porcentaje y tipo de encapsulante utilizado, la composición química de la matriz a ser secada, entre otros factores.

3.4 Evaluación química del secado por atomización y rotoevaporador

Muchos de los compuestos bioactivos, responsables de la capacidad antioxidante de los alimentos, son termosensibles, razón por la cual, para analizar la influencia que tiene el secado por aspersión en el contenido de fenoles totales y consecuente actividad antioxidante del producto seco, se realizó el secado por rotoevaporador a una temperatura de 40 °C a los extractos de *H. sabdariffa*, *M. oleifera* y *A. comosus*. En dichos extractos secos (con los correspondientes encapsulantes) se analizó el contenido de fenoles totales y la capacidad antioxidante por DPPH y FRAP, los resultados se muestran en la tabla 8.

Tabla 8. Contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante de los extractos secados por rotaevaporador y por atomización

Método de secado	Materia prima	Fenoles totales (mg EAG/g)±DS	DPPH (TEAC) mg/g de ES	FRAP (TEAC) mg/g de ES
Rotoevaporador	<i>M. oleifera</i>	11,24±0,17	2,64±0,20	14,05±0,27
	<i>A. comosus</i>	2,46±0,08	0,19±0,09	4,18±0,33
	<i>H. sabdariffa</i>	7,46±0,13	3,35±0,41	20,78±2,30
Spray Dryer/ Microcapsulas	<i>M. oleifera</i>	12,26±0,24	3,44±0,33	8,38±0,34
	<i>A. comosus</i>	3,96±0,25	0,49±0,10	2,57±0,21
	<i>H. sabdariffa</i>	9,49±0,48	4,01±0,38	11,76±0,89

*ND (no determinado), EAG: Equivalente de ácido gálico, TEAC: La capacidad antioxidante equivalente al trolox

En el caso de cuantificación de fenoles totales equivalentes a ácido gálico (EAG) y la capacidad antioxidante por el método de DPPH equivalente a Trolox, realizada en las muestras con encapsulantes que fueron procesadas por medio de secado por rotoevaporador y *Spray dryer*, resultó que, tanto el contenido fenólico como la capacidad antioxidante equivalente a trolox determinada por el método de DPPH, no varía de modo importante al secar las muestras por ambos métodos, siendo incluso ligeramente mayor en los polvos microencapsulados, esto confirma que el secado por aspersión es un método noble cuando se trata de mantener protegidos ciertos compuestos bioactivos, como los fenoles, capaces de neutralizar radicales libres.

Sin embargo, al determinar la capacidad antioxidante a través del método FRAP, el comportamiento de las muestras es totalmente contrario, lo que se debe a que en ambos métodos, aunque evalúan la capacidad antioxidante de una sustancia, se fundamentan en mecanismos diferentes. El método DPPH se justifica por la reducción del radical por captación de un átomo de hidrógeno al añadir el antioxidante, mientras que el método FRAP, mide la capacidad de una muestra de reducir el complejo tripirritiazina férrica (Fe^{+3} -TPTZA) al complejo azulado tripirritiazina ferrosa (Fe^{+2} -TPTZA) o comúnmente llamado reducción óxido ferrosa (Ugartondo, 2009).

Así mismo el mayor contenido fenólico identificado entre las microcápsulas evaluadas, corresponde a la *M. oleifera* (12,26 mg EAG/g), seguido de *H. sabdariffa* (9,49). La capacidad antioxidante equivalente a Trolox determinada por ambos métodos, más alta, se identificó en el polvo microencapsulado de *H. sabdariffa* (en DPPH 4,01; FRAP 11,76), lo cual puede deberse a que la capacidad secuestradora de radicales libres está en función no solamente del contenido fenólico sino también de la compleja composición química que pudiese tener la matriz evaluada. Los compuestos fenólicos brindan beneficios a los seres humanos, la búsqueda y la inclusión de antioxidantes de origen natural en las diferentes fuentes de alimentos como frutas y verduras, es altamente deseable. Los antioxidantes resultan muy bien valorados para combatir las ECNT, así como el proceso de envejecimiento (Ho, 1992).

Algunos autores en sus estudios de capacidad antioxidante y compuestos fenólicos en extractos hidroalcohólicos de *H. sabdariffa* reportaron resultados de 20,2 mg GAE/g en fenoles totales (Anokwuru, Esiaba, Ajibaye, & Adesuyi, 2011), resultados similares fueron reportados por Mercado et al. (2015), en fenoles totales 63.65 mg GAE/g, valores de DPPH 373.69 mmol TE/g y FRAP 0.76 mmol TE/g.

En extractos acuosos de *H. sabdariffa* autores como Reyes, Salinas, Ovando, Arteaga, & Martínez (2015) reporta 36,5 mg GAE/g en cuanto a fenoles totales, por otro lado, Wong, Leong, & William Koh (2006) obtiene en fenoles totales 13 mg GAE/g, DPPH 50 μ mol/g y FRAP 125 μ mol TE/g.

Estas variaciones con los resultados mostrados en la tabla 8, pueden deberse a diversos factores como la variedad de la especie vegetal, condiciones climáticas, edad del cultivo, preparación de la muestra, el tipo de extracto (acuoso, hidroalcohólico) y diferencias en general en la metodología analítica aplicada.

Fakurazi, Sharifudin, & Arulselvan (2012), en la determinación de la capacidad antioxidante por el método de DPPH en hojas de *M. oleifera*, refieren valores de 143,6 μ M TEAC/100 g y FRAP 201,2 μ M TEAC/100 g (extracto acuoso), en comparación con los valores de la tabla 8, donde se aplicaron diferentes condiciones de secado en extracto acuoso.

Autores como Vongsak et al. (2013) midieron la actividad antioxidante utilizando diferentes métodos de extracción en hojas de *M. oleifera*, reportando la capacidad

antioxidante por el método de DPPH 128,63 µg/mL y 46,44 mmol FeSO₄/100 g, dichos extractos se obtuvieron por maceración en solución de metanol (152 M) y 70% de etanol. Existe una variación en las cantidades de capacidad antioxidante expresadas, debido al tipo de ensayo y por las concentraciones empleadas en cada determinación.

Extractos hidroalcohólicos de *A. comosus*, Ali, Devi, Nayan, Chanu, & Ralte (2010), reportan capacidades antioxidantes por el método de DPPH, FRAP y contenido total de Fenoles de; 57.06 mg ET/ 100 g, 31.66 mg ET/ 100 g y 19.01 mg GAE/ 100 g, respectivamente.

Por otro lado, en el extracto acuoso *A. comosus* Kongsuwan, Suthiluk, Theppakorn, Srilaong, & Setha (2009), determinaron capacidades antioxidantes por el método de DPPH, FRAP y contenido total de Fenoles de; 118.18 mol TE/100g, 165.28 mol EAA (equivalente a ácido ascórbico) /100g y 20 mg GAE/100g, respectivamente.

(Benites et al., 2019) en el extracto etanólico reportan valores de capacidad antioxidantes por el método de DPPH, FRAP y contenido total de Fenoles de; 5,79 mg/mL, 14,40 mg TE/g y 24,70 mg GAE/g, respectivamente.

Se puede notar que en cuanto a contenido de fenoles totales en *A. comosus*, varían levemente entre extractos ya sean hidroalcohólicos, acuoso o etanólico. Mientras que en capacidad antioxidante varían notablemente, esto puede ser debido a factores externos antes mencionados como en *H. sabdariffa*.

De las tres especies vegetales evaluadas, en *M. oleífera* y *H. sabdariffa*, se lograron identificar las cantidades más altas de contenido fenólico y capacidad antioxidante respectivamente, constituyéndose como las materias primas de mayor interés nutricional para su inclusión en el diseño de la bebida potencialmente funcional.

3.5 Formulación y evaluación físico química del sachet

Al combinar estas materias primas (*M.oleífera*, *A. comosus* y *H. sabdariffa*) se obtendrá una mezcla de polvos microencapsulados con propiedades antioxidantes, atribuidas, fundamentalmente, al contenido de fenoles totales presentes en las muestras, los que resultan beneficiosos para el consumidor.

Esta bebida instantánea formulada con la mezcla de polvos microencapsulados, ofrecerá una mayor estabilidad al producto superior frente a una bebida presentada en forma líquida, eso se debe a que, a valores de actividad de agua bajos, la estabilidad físico-química y microbiológica se mantiene por un tiempo más prolongado. Arrazola, Herazo, & Alvis (2014), en su estudio obtuvieron que la bebida isotónica del extracto microencapsulado y almacenada a bajas temperaturas, presentó mayores porcentajes de retención de antocianinas que las bebidas del extracto sin microencapsular. La inclusión y estabilidad de las antocianinas en bebidas, depende en gran medida de la composición de la fuente de antocianinas (Vera & Mercadante, 2007).

Los 10 g de cada una de las mezclas de polvos formuladas, presentaron una fácil preparación por disolución en 200 mL de agua potable a temperatura ambiente, presentación que será administrada por vía oral.

3.5.1 Evaluación estadística de las formulaciones

Una vez obtenidos los datos de la evaluación sensorial afectiva para la elección de la formulación final, realizada mediante STATGRAPHICS CENTURION XVII.I, se determinó que la mezcla que obtuvo las medias más altas de aceptación sensorial fueron la obtenidas por Z10 que incluía 30% moringa, 40 % jamaica y 30% piña y A50, que contenía, (40% moringa, 40% jamaica, 20% piña). Al comparar los resultados de la valoración sensorial de esta las formulaciones, se determinó que, entre las medias, existía diferencia estadísticamente significativa dado que el valor-P es menor que 0,05, con un nivel del 95,0% de confianza (tabla 9).

Tabla 9. Resultados del ANOVA para puntuación por formulación

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	34,8332	5	6,96665	11,12	0,0000
Intra grupos	56,4063	90	0,626737		
Total (Corr.)	91,2396	95			

Para determinar cuáles medianas son significativamente diferentes de otras, se aplicó una **Prueba de Múltiple rango** (tabla 10), determinándose que, no existe una diferencia estadísticamente significativa (valor-p <0,05) entre las medias de las puntuaciones

obtenidas por las formulaciones Z10 (7,50) y A50 (7,28), ni con sus réplicas, con un 95% de nivel de confianza. Por lo tanto, dado que el objetivo de la investigación es diseñar un producto potencialmente funcional, incluyendo la mayor cantidad posible de moringa y jamaica, debido a su contenido fenólico, antocianinas (jamaica) y capacidad antioxidante, se decidió seleccionar a la formulación codificada como A50 para la elaboración final de la mezcla (producto final).

Omodanisi (2017), reporta actividad antioxidante en *M. oleifera*, por el método de DPPH 1433,20 $\mu\text{mol TE/L}$, FRAP 4450,01 $\mu\text{mol AAE/L}$. Por otro lado, en *H. sabdariffa*, determinaron en cuanto a DPPH y FRAP 677,47 $\mu\text{mol TE/L}$ y 4186,91 $\mu\text{mol TE/L}$, respectivamente para estas fuentes botánicas (Nguyen et al., 2020)

Cabe mencionar que la piña se incluyó en la formulación como un saborizante natural y además porque se han identificado compuestos de interés tales como polifenoles carotenoides y vitamina C (Ramirez & Pacheco de Delahaye, 2011) y una capacidad antioxidante cercana a 1,33 TEAC ($\mu\text{mol/g}$) (Almeida et al., 2011), por lo tanto su utilización potenciaría la composición nutricional de esta mezcla, favoreciendo además el sabor y aroma de la misma.

Tabla 10. Pruebas de Múltiple Rangos para Puntuación por Formulación

Método: 95,0 porcentaje LSD

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
A50 - E23	*	1,20635	0,560461
A50 - K24	*	1,27778	0,524263
A50 - L23		0,211111	0,549851
A50 - S24		0,011111	0,549851
A50 - Z10		-0,222222	0,540398
E23 - K24		0,0714286	0,560461
E23 - L23	*	-0,995238	0,584467
E23 - S24	*	-1,19524	0,584467
E23 - Z10	*	-1,42857	0,575582
K24 - L23	*	-1,06667	0,549851

K24 - S24	*	-1,26667	0,549851
K24 - Z10	*	-1,5	0,540398
L23 - S24		-0,2	0,574301
L23 - Z10		-0,433333	0,565256
S24 - Z10		-0,233333	0,565256

* indica una diferencia significativa.

3.5.2 Caracterización físico química del sachet formulado

En la tabla 11 se muestran los resultados del análisis de fenoles totales y capacidad antioxidante del producto final en mezcla.

Tabla 11. Resultados de los análisis realizados a la mezcla formulado - A50 (*M. oleifera*, *A. comosus* y *H. sabdariffa*)

Mezcla de polvos microencapsulados (producto final)	Fenoles totales (mg EAG/g)±DS	DPPH (TEAC) mg/g de ESP	FRAP (TEAC) mg/g de ES
(40% moringa, 40% jamaica, 20% piña)	89,77±3,50	25,06±0,61	71,78±0,52

Tal como expresan los resultados, la mezcla formulada presenta la capacidad de reducir el ion férrico a ferroso, demostrando su capacidad antioxidante. Se puede decir entonces que, al consumir 10 g de polvo en mezcla, disueltos en 200 mL de agua (dosis) se puede reducir el ion férrico a ferroso en una magnitud de 71,78 mg equivalente a trolox. En cuanto a DPPH-TEAC, los resultados obtenidos son inferiores a lo determinado para FRAP-TEAC, demostrándose que, al consumir 10 g de polvo en mezcla, disueltos en 200 mL de agua (dosis), se capta el radical DPPH a razón de 25,06 mg equivalentes a trolox. La capacidad antioxidante de las especies vegetales está asociada a diversos compuestos bioactivos, uno de ellos son los fenoles, en este caso, de consumirse la dosis de 10 g de polvo el consumidor estaría ingiriendo alrededor de 90 mg de compuestos fenólicos expresados como ácido gálico.

Varios autores reportan valores diferentes de la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos en bebidas funcionales con capacidad antioxidante, usando los métodos como los reportados en este estudio, sin embargo, estos datos varían según la composición,

origen, concentración, presentación del resultado, entre otros factores. Alvarez & Pérez (2018), reportan valores de contenido de fenoles $150,52 \pm 23,24$ mg EAG /L, capacidad antioxidante de $1,02 \mu\text{M}$ Eq Trolox /g, Bonilla, Quispe, Negrón, & Zavaleta (2015), obtienen valores de capacidad antioxidante de $0,22$ mg GAE/mL, compuestos fenólicos $1,83$ a 2 mg GAE/mL.

En la tabla 12 se presentan resultados del conteo de minerales presentes en la mezcla de polvos *H. sabdariffa*, *M. oleifera* y *A. comosus*.

Tabla 12. Resultados del análisis foliar básico de la mezcla de polvos microencapsulado de *H. sabdariffa*, *M. oleifera* y *A. comosus*

% en Materia Seca							p.p.m						Relaciones		
N	P	K	Ca	Mg	S	Cl	Zn	Cu	Fe	Mn	Na	B	K/Mg	K/N	N/S
0,46	0,12	0,75	0,35	0,07	-	-	5,6	2	17,3	16,2	193	-	10,71	1,63	0

De este conteo de minerales, se logró identificar que el mineral que predomina en el polvo es el Sodio, con un valor de 193 p.p.m., seguido de hierro y manganeso con $17,3$ y $16,2$ ppm respectivamente.

La bebida rehidratable formulada presentó un color rojo intenso, propio de las antocianinas presentes en la flor de jamaica (cianidina 3-sambubiósido y delfinidina 3-sambubiósido) (Sangoluisa, Santacruz, & Salvador, 2019), esto en base únicamente a una percepción visual, se recomienda en próximas investigaciones aplicar la metodología CIELAB para definir espacios de color y de ese modo expresar objetivamente esta propiedad en el producto.

Con la finalidad de evaluar el perfil de sabor y olor de la mezcla seleccionada, se aplicó una prueba sensorial, logrando identificar que los componentes de la formulación coexisten en términos de sabor y aroma de la bebida. Tal como puede verse en la ilustración 1 en el caso de sabor, predomina el sabor ácido y astringente, propios de la flor de jamaica y de la piña sobre el picante, característico de la moringa. Logrando encubrir en este sentido el el sabor poco agradable de la moringa.

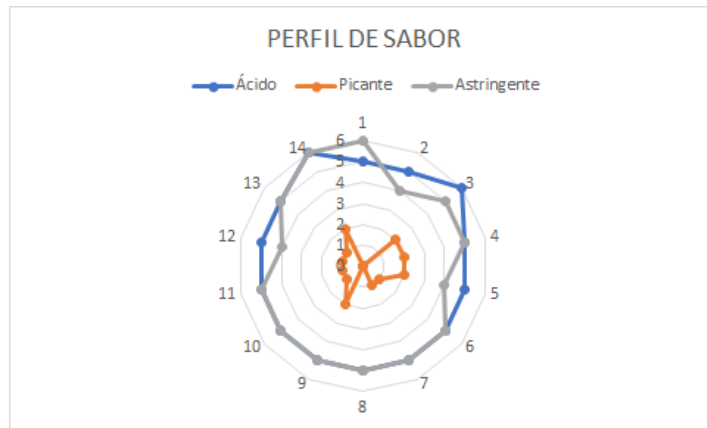


Ilustración 1. Perfil de sabor de la bebida rehidratable de *H. sabdariffa*, *M. oleifera* y *A. comosus*.

Del mismo modo, en cuanto al olor de la bebida se logró identificar la prevalencia del olor a jamaica, logrando enmascarar el característico olor de la moringa.



Ilustración 2. Perfil de olor de la bebida rehidratable de *H. sabdariffa*, *M. oleifera* y *A. comosus*

CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES

- Se obtuvieron los extractos de las tres materias primas y se evaluaron los siguientes parámetros físico-químicos: en material vegetal *H. sabdariffa*, *M. oleífera* (Humedad, cenizas) mientras que en *A. comosus* (°Brix, humedad, IM, cenizas, pH), los valores reportados para piña cumplen con la normativa vigente. De la evaluación química realizada en *H. sabdariffa*, *M. oleífera* se puede concluir que ambas, presentan características químicas similares a las reportadas por diversos autores.
- Del proceso de secado por aspersión se puede concluir que *H. sabdariffa* y *M. oleífera* obtuvieron valores más altos de rendimiento (84 -85%), mientras que la fruta (piña) obtuvo un valor considerablemente más bajo (48 %), este resultado es consistente en cuanto al valor de humedad residual alcanzado al final del proceso de secado, ya que *H. sabdariffa* y *M. oleífera* reportan valores más bajos de humedad residual respecto a *A. comosus* siendo posiblemente más eficiente y eficaz el proceso de secado por aspersión en el caso de las dos primeras especies vegetales en las que se utilizó MD D-15 como agente encapsulante, con los parámetros de secado considerados. Así mismo, en términos generales, el proceso de secado por aspersión logró evidenciar su efecto protector en los compuestos fenólicos y mantener la capacidad antioxidante en similar medida que el método de secado por rotoevaporación (40°C), siendo en algunos casos (fenoles totales y DPPH-TEAC) incluso ligeramente superior este efecto protector.
- La formulación de la bebida rehidratable, incluye 40% moringa, 40 % jamaica y 20% piña, lográndose incluir el mayor nivel probado en el diseño experimental de mezclas sin afectar la aceptación sensorial del producto y potenciar la calidad nutricional del mismo. La determinación cuantitativa de fenoles totales y la determinación de capacidad antioxidante por ambos métodos DPPH-TEAC Y FRAP-TEAC realizada en la mezcla formulada, evidenció la capacidad que tiene este producto para secuestrar radicales libres, debido tanto a los compuestos fenólicos determinados en esta mezcla además de otros posibles compuestos que reporta la literatura especializada, como las antocianinas en el caso de *H. sabdariffa*

CAPÍTULO V: RECOMENDACIONES

- Realizar un estudio de la calidad microbiológica del producto final, con la finalidad de determinar su inocuidad.
- Evaluar el tiempo de vida útil de la mezcla de polvos microencapsulados, con la finalidad de identificar los posibles cambios que puede sufrir el producto a través del tiempo y establecer el tiempo de estante.
- Evaluar la capacidad antioxidante por otras técnicas para potenciar su uso como alimento funcional.

BIBLIOGRAFÍA

- Ahmed, H., El-darier, S., Migahid, M., & Belkasem, K. (2019). Biological Activity of *Moringa oleifera* Lam. on *Citrullus lanatus* (Thunb.) in Sustainable Agriculture practices. *Advances in Environmental Biology*, 13(7), 1–9. <https://doi.org/10.22587/aeb.2019.13.7.1>
- Ali, M., Devi, L., Nayan, V., Chanu, K., & Ralte, L. (2010). International Journal of Current Pharmaceutical Research. *International Journal of Biological*, 2(3), 57–60.
- Almeida, M. M. B., de Sousa, P. H. M., Arriaga, Â. M. C., do Prado, G. M., Magalhães, C. E. de C., Maia, G. A., & de Lemos, T. L. G. (2011). Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from northeastern Brazil. *Food Research International*, 44(7), 2155–2159. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.03.051>
- Alvarez, C. M., & Pérez, Y. (2018). *Elaboración de una Bebida Funcional Con Capacidad Antioxidante a Base de Melón “ Cucumis melo ” , Maracuyá “ Passiflora edulis ” , y Pimiento “ Capsicum annuum ” Presentado por :*
- Anokwuru, C. prosper, Esiaba, I., Ajibaye, O., & Adesuyi, ayobami O. (2011). Polyphenolic content and antioxidant activity of Hibiscus sabdariffa calyx. *Research Journal of Plant*, pp. 557–566.
- Araya, H., & Lutz, M. (2003). Alimentos Funcionales Y Saludables. *Revista Chilena de Nutrición*, 30(1). <https://doi.org/10.4067/s0717-75182003000100001>
- Ariza, R., Serrano, V., Navarro, S., Ovando, M., Vázquez, E., Barrios, A., ... Otero, A. (2014). *Varietades mexicanas de jamaica (hibiscus sabdariffa l.) ‘ alma blanca ’ y ‘ rosaliz ’ de color claro , y ‘ cotzaltzin ’ y ‘ tecoanapa ’ de color rojo mexican varieties of jamaica (hibiscus sabdariffa l.) ‘ alma blanca ’ and ‘ rosaliz .’* 37(2), 181–185.
- Arrazola, G., Herazo, I., & Alvis, A. (2014). Obtención y evaluación de la estabilidad de antocianinas de berenjena (*Solanum melongena* L.) en bebidas. *Informacion Tecnologica*, 25(3), 43–52. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642014000300007>
- Arteaga, A., & Arteaga, H. (2016). Optimization of the antioxidant capacity, anthocyanins and rehydration in powder of cranberry (*Vaccinium corymbosum*) microencapsulated with mixtures of hydrocolloids. *Scientia Agropecuaria*, 7(3), 191–200. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2016.03.05>
- Barrón, R., García, M., Soto, M., Colinas, T., & Kite, G. (2011). Flavonoides y actividad antioxidante de *Calia secundiflora* (Ort .) Yakovlev. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 34(3), 151–157.
- Beltrán, R., Alonso, C., Aragonès, G., Rodríguez, I., Rull, A., Micol, V., ... Joven, J.

- (2010). The aqueous extract of *Hibiscus sabdariffa* calices modulates the production of monocyte chemoattractant protein-1 in humans. *Phytomedicine*, 17(3–4), 186–191. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2009.08.006>
- Benites, J., Ybañez-Julca, R. O., Ganoza-Yupanqui, M. L., Mantilla-Rodriguez, E., Zavala, E., Velasquez, S., ... Martinez, J. L. (2019). Antioxidant effect and chemical composition of *Ananas comosus* [L.] Merr. peels from Peruvian Northern. *Boletín Latinoamericano y Del Caribe de Plantas Medicinales y Aromaticas*, 18(6), 577–585. <https://doi.org/10.35588/blacpma.19.18.6.40>
- Benzie, I. F. ., & Strain, J. J. (1996). The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of “Antioxidante Power”. The FRAP Assay. *Analytical Biochemistry*, 239(1), 70–76. <https://doi.org/10.1006/abio.1996.0292>
- Bigliardi, B., & Galati, F. (2013). Innovation trends in the food industry: The case of functional foods. *Trends in Food Science and Technology*, 31(2), 118–129. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2013.03.006>
- Bonilla, P., Quispe, F., Negrón, L., & Zavaleta, A. (2015). COMPUESTOS BIOACTIVOS Y ANÁLISIS SENSORIAL DE UNA BEBIDA FUNCIONAL DE MAÍZ MORADO (*Zea mays* L.) Y ESTEVIA (*Stevia* SP.). *Ciencia e Investigación*, 18(1), 37–42.
- Cano, O. (2014). *Tipos de secado en alimentos* (UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”). Retrieved from [http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/296/T20073CANO CRUZ%20ORLANDO MONOG.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/296/T20073CANO%20CRUZ%20ORLANDO%20MONOG.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Cepero, M. C. G., & Flor, L. (2014). *Comuniación corta descriptores para la caracterización y registro de variedades cubanas de flor de jamaica (Hibiscus sabdariffa L.)* Short communication Descriptors for the characterization and registration of Cuban varieties of Flor de Jamaica (*Hibiscu*. 35(3), 90–93.
- Cid, S., & Guerrero, J. (2012). Propiedades funcionales de la jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 2, 47–63. Retrieved from <https://tsia.udlap.mx/propiedades-funcionales-de-la-jamaica-hibiscus-sabdariffa-l-2/>
- Coronado, M., Vega, S., Gutiérrez, R., Vázquez, M., & Radilla, C. (2015). Antioxidantes: Perspectiva actual para la salud humana. *Revista Chilena de Nutricion*, 42(2), 206–212. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182015000200014>
- De Dios, A., Montalvo, E., Andrade, I., & Gómez, J. (2011). Inducción de antocianinas y compuestos fenólicos en cultivos celulares de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) in vitro. *Revista Chapingo, Serie Horticultura*, 17(2), 77–87.

- Difonzo, G., Vollmer, K., Caponio, F., Pasqualone, A., Carle, R., & Steingass, C. B. (2019). Characterisation and classification of pineapple (*Ananas comosus* [L.] Merr.) juice from pulp and peel. *Food Control*, 96, 260–270. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.09.015>
- Duarte, A., Jiménez, J., Pineda, J., & González, C. (2019). Extracción de sustancias bioactivas de *Pleurotus ostreatus* (Pleurotaceae) por maceración dinámica. *Acta Biológica Colombiana*, 25(1), 61–74. <https://doi.org/10.15446/abc.v25n1.72409>
- Elizondo, J., & Campos, C. (2014). Características nutricionales de la cáscara de piña ensilada con cantidades crecientes de urea y heno. *Nutrición Animal Tropical*, 8(2), 51–71.
- Esquivel, B., Ochoa, L., & Rutiaga, O. (2015). Microencapsulación mediante secado por aspersión de compuestos bioactivos. *Revista Iberoamericana de Tecnología*, 14(2), 19–42. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81343176006>
- Fakurazi, S., Sharifudin, S., & Arulselvan, P. (2012). *Moringa oleifera* Hydroethanolic Extracts Effectively Alleviate Acetaminophen-Induced Hepatotoxicity in Experimental Rats through Their Antioxidant Nature. 8334–8350. <https://doi.org/10.3390/molecules17078334>
- Fernández, S., Rodríguez, I. C., Beltrán, R., Pasini, F., Joven, J., Micol, V., ... Fernández, A. (2011). Quantification of the polyphenolic fraction and in vitro antioxidant and in vivo anti-hyperlipemic activities of *Hibiscus sabdariffa* aqueous extract. *Food Research International*, 44(5), 1490–1495. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.03.040>
- García, C., González, M., Ochoa, L., & Medrano, H. (2004). Microencapsulación De Jugo De Cebada Verde Mediante. *Cienc. Tecnol. Aliment*, 4(4), 262–266. Retrieved from <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/11358120409487769>
- García, E. (2011). *Optimización del secado por aspersión de mucílago de pitahaya (Hylocereus undatus) en función de sus propiedades reológicas*. INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL CENTRO.
- García, F., Bejarano, D., Paredes, L., Vega, R., & Encinas, J. (2018). Osmotic dehydration improves the quality of dehydrated *Ananas comosus*. *Scientia Agropecuaria*, 9(3), 349–357. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.03.06>
- Garzón, M., Tamayo, L., Sánchez, A., & Cardona, L. (2011). Secado por aspersión: Una alternativa para la conservación de los compuestos bioactivos y aromáticos del extracto de ajo (*Allium sativum* L.). *Revista Lasallista de Investigación*, 8(2), 40–52.

- Gharsallaoui, A., Roudaut, G., Chambin, O., Voilley, A., & Saurel, R. (2007). Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: An overview. *Food Research International*, *40*(9), 1107–1121. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2007.07.004>
- González, S., Hernández, E., & González, H. (2015). Guanábana (*Annona muricata* L.) en polvo secado por aspersión. *Reaxion*. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/282158018_Guanabana_Anonna_muricata_L_en_polvo_secado_por_aspersion
- Gutiérrez, D., Borjas, E., Rodríguez, R., Rodríguez, Z., & Sarduy, L. (2015). *Evaluación de la composición química y degradabilidad ruminal in situ de ensilaje mixto con Pennisetum purpureum cv Cuba CT-169 : Moringa oleifera*. *193*, 7–16.
- Ho, C. (1992). *Phenolic Compounds in Food*. Retrieved from <https://pdfs.semanticscholar.org/5bab/10db3414a389b48790b512217b6465e0a7c5.pdf>
- Hossain, M., Akhtar, S., & Anwar, M. (2015). Nutritional Value and Medicinal Benefits of Pineapple. *International Journal of Nutrition and Food Sciences*, *4*(1), 84. <https://doi.org/10.11648/j.ijnfs.20150401.22>
- Howard, M., Illescas, S., Jaramillo, C., & Campo, M. (2017). Diseño de cápsulas como suplemento nutricional de extracto seco de hojas de Moringa oleífera Lam Design of capsules as nutritional supplement of dried extract of Moringa Oleifera Lam. *Conference Proceedings UTMACH*, *2*(Md), 2017. Retrieved from <http://investigacion.utmachala.edu.ec/proceedings/index.php/utmach/index>
- Juscamaita, L., Pérez Salvatierra, T., Espinoza Silva, C., Quispe Solano, M., Hinostroza Quiñónez, G., Flores Ramos, O., & Manyari Cervantes, G. (2017). Evaluación de la estabilidad de carotenoides y actividad antioxidante de la flor de mastuerzo (*tropaeolum majus* l.) En la microencapsulación por spray-drying. *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, *83*(3), 282–293.
- Keshani, S., Daud, W. R. W., Nourouzi, M. M., Namvar, F., & Ghasemi, M. (2015). Spray drying: An overview on wall deposition, process and modeling. *Journal of Food Engineering*, *146*, 152–162. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.09.004>
- Kongsuwan, A., Suthiluk, P., Theppakorn, T., Srilaong, V., & Setha, S. (2009). Bioactive compounds and antioxidant capacities of phulae and nanglae pineapple. *Asian Journal of Food and Agro-Industry*, *32*(5), 807. <https://doi.org/10.21273/hortsci.32.5.807>
- Kou, X., Li, B., Olayanju, J. B., Drake, J. M., & Chen, N. (2018). Nutraceutical or pharmacological potential of Moringa oleifera Lam. *Nutrients*, *10*(3). <https://doi.org/10.3390/nu10030343>

- Krishnan, S., Bhosale, R., & Singhal, R. S. (2005). Microencapsulation of cardamom oleoresin: Evaluation of blends of gum arabic, maltodextrin and a modified starch as wall materials. *Carbohydrate Polymers*, *61*(1), 95–102.
<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2005.02.020>
- Liñán, T. (2010). *ARTÍCULO DE REVISIÓN Moringa oleifera el árbol de la nutrición Moringa oleifera the tree of nutrition*. *2*(1), 130–138.
- Linares, C., Quiñones, J., Pérez, A., Carvajal, C., Rivas, M., Cid, G., ... Capdesuñer, Y. (2018). Obtención de extractos fenólicos foliares de *Moringa oleifera* Lam mediante el uso de diferentes métodos de extracción. *Biotecnología Vegetal*, *18*(1), 47–56.
- Ma, Z., Ahmad, J., Zhang, H., Khan, I., & Muhammad, S. (2019). Evaluation of phytochemical and medicinal properties of *Moringa oleifera* as a potential functional food. *South African Journal of Botany*.
<https://doi.org/10.1016/j.sajb.2018.12.002>
- McNamee, B. F., O’Riordan, E. D., & O’Sullivan, M. (2001). Effect of partial replacement of gum arabic with carbohydrates on its microencapsulation properties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *49*(7), 3385–3388.
<https://doi.org/10.1021/jf001003y>
- Menéndez, W. (2014). *Escuela Superior Politecnica Del Litoral Facultad De Ciencias De La Tierra Sismica En 2D*. ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL.
- Mercado-Mercado, G., Blancas-Benitez, F. J., Velderrain-Rodríguez, G. R., Montalvo-González, E., González-Aguilar, G. A., Alvarez-Parrilla, E., & Sáyago-Ayerdi, S. G. (2015). Bioaccessibility of polyphenols released and associated to dietary fibre in calyces and decoction residues of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Journal of Functional Foods*, *18*, 171–181. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.07.001>
- Mishra, G., Singh, P., Verma, R., Kumar, S., Srivastav, S., Jha, K. K., & Khosa, R. L. (2011). Traditional uses, phytochemistry and pharmacological properties of *Moringa oleifera* plant: An overview. *Der Pharmacia Lettre*, *3*(2), 141–164.
- Monroy, M., & Patiño, E. (2007). *México d.f. mayo 2007* (INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL). Retrieved from <https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/8062/1/MONROY NAVARRETE.pdf>
- Morga, J. (2003). El Cultivo de la Piña (*Ananas comosus*) (L) Merr. En el Sur de México. (Vol. 0). UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO.”

- Nguyen, Q. D., Pham, T. N., Binh, M. L. T., Thuan, M., Van, N. T. T., Lam, T. D., & Nguyen, P. T. N. (2020). Effects of Extraction Conditions on Antioxidant Activities of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) Extracts. *Materials Science Forum*, 977, 201–206. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/msf.977.201>
- NTE INEN 1836. (2016). *FRUTAS FRESCAS. PIÑA. REQUISITOS*. 6. Retrieved from https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_1836-2.pdf
- NTE INEN 2392. (2017). *Hierbas Aromaticas Requisitos-Segunda Rev.* 3. Retrieved from https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_2392-2.pdf
- Omodanisi, E. (2017). Modulatory effects of moringa oleifera extracts on streptozotocin-induced diabetes in male WISTAR RATS (Vol. 53). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- OMS. (2014). *INFORME SOBRE LA SITUACIÓN MUNDIAL DE LAS ENFERMEDADES NO TRANSMISIBLES*. 17(4). Retrieved from https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/149296/WHO_NMH_NVI_15.1_spa.pdf;jsessionid=2BE1095813CC814644C5B0429F5B43A8?sequence=1
- Özcan, M. M. (2018). Moringa spp: Composition and bioactive properties. *South African Journal of Botany*, (xxxx). <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2018.11.017>
- Pedraza, R., Pérez, S., González, M., González, E., León, M., & Espinosa, E. (2013). *Indicadores in vitro del valor nutritivo de Moringa oleifera en época de seca para rumiantes*. 25, 23–27.
- Pulla, H. (2014). *Evaluación de la estabilidad fisicoquímica y microbiológica de un extracto acuoso de moringa (moringa oleífera lam), cosechada en la facultad de ciencias agropecuarias de la universidad técnica de machala*. Retrieved from <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/1427/7/CD00285-TESIS.pdf>
- Ramirez, A., & Pacheco de Delahaye, E. (2011). Composición química y compuestos bioactivos presentes en pulpas de piña, guayaba y guanábana. *Interciencia*, 36(1), 71–75. Retrieved from http://www.interciencia.org/v36_01/071.pdf
- Reyes, A., Salinas, Y., Ovando, M. E., Arteaga, R. I., & Martínez, M. D. (2015). Análisis de ácidos fenólicos y actividad antioxidante de extractos acuosos de variedades de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) con cálices de colores diversos analysis of phenolic acids and antioxidant activity of aqueous. *Agrociencia*, 49(3), 277–290.
- Rocha, G., Fávoro, C., & Ferreira, C. (2012). Microencapsulation of lycopene by spray drying: Characterization, stability and application of microcapsules. *Food and Bioproducts Processing*, 90(1), 37–42. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2011.01.001>

- Rochín, J., Milán, J., Gutiérrez, R., Cuevas, E. O., Mora, S., Valdez, A., ... Reyes, C. (2015). Bebida funcional de valor nutricional / nutracéutico alto elaborada a partir de una mezcla de granos integrales (maíz + garbanzo) extrudidos. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 2(1), 51–65.
- Rodríguez, L., Lopez, L., & García, M. (2010). Determinación de la composición química y actividad antioxidante en distintos estados de madurez de frutas de consumo habitual en Colombia, Mora (*Rubus glaucus* B.), Maracuyá (*Passiflora edulis* S.), Guayaba (*Psidium guajava* L.) Y Papayuela (*Carica cundinam*. *Revista De Alimentos*, 19, 21. <https://doi.org/ISSN 2027-291X>
- Ross, I. (2003). *Hibiscus sabdariffa*. In *Medicinal Plants of the World* (Vol. 1, pp. 267–275). https://doi.org/10.1007/978-1-59259-365-1_13
- Salazar, C., Vergara, F., & Guerrero, J. (2009). Evaluación de agentes antioxidantes de un extracto de flor de jamaica microencapsulado. *Temas Seleccionados de Ingeniería de Alimentos*, 3, 14–25.
- Sangoluisa, M. P., Santacruz, C., & Salvador, M. (2019). Efecto del método de extracción de antocianinas de la flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) en la eficiencia de celdas solares sensibilizadas. *ACI Avances En Ciencias e Ingenierías*, 11(2), 352–369. <https://doi.org/10.18272/aci.v11i2.888>
- Sebasti, J., & Salle, L. (2015). El árbol milagroso: la moringa oleifera. *Biodiversidad Colombia*, 0(5), 49–58.
- Singh, A. K., Rana, H. K., Tshabalala, T., Kumar, R., Gupta, A., Ndhkala, A. R., & Pandey, A. K. (2019). Phytochemical, nutraceutical and pharmacological attributes of a functional crop *Moringa oleifera* Lam: An overview. *South African Journal of Botany*. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.06.017>
- Singleton, V. L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventós, R. M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. In *Lipids* (Vol. 3, pp. 152–178). [https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(99\)99017-1](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99017-1)
- Sotomayor, M., & Vargas, D. (2017). *Optimización de extracción, microencapsulación y evaluación de la capacidad antioxidante de antocianinas de flor de Jamaica (Hibiscus sabdariffa) mediante secado por aspersión* (Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano). Retrieved from <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6071/1/AGI-2017-049.pdf>
- Sumaya, M., Medina, R., Machuca, M., Jiménez, E., Balois, R., & Sanchez, L. (2014). Potencial De La Jamaica (*Hibiscus Sabdariffa* L.) En La Elaboración De Alimentos Funcionales Con Actividad Antioxidante. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 35, 1082–1088.

- Ugartondo, V. (2009). Caracterización de derivados polifenólicos obtenidos de fuentes naturales. Citotoxicidad y capacidad antioxidante frente a estrés oxidativo en modelos celulares. *Universidad de Barcelona*, 1-48 (pag 15). Retrieved from http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/41765/2/01.VUC_INTRODUCCION.pdf
- Velázquez, M., Peón, I., Zepeda, R., & Jiménez, M. (2016). Moringa (*Moringa oleifera* Lam.): Potential uses in agriculture, industry and medicine. *Revista Chapingo, Serie Horticultura*, 22(2), 95–116. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2015.07.018>
- Vera, V., & Mercadante, A. (2007). Evaluation of colour and stability of anthocyanins from tropical fruits in an isotonic soft drink system. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 8(3), 347–352. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2007.03.008>
- Villacrez, J. L. (2013). *Desarrollo de microencapsulados por SPRAY DRYING a partir de frutos de mora de castilla (Rubus glaucus Benth)*. 92. Retrieved from <http://bdigital.unal.edu.co/47240/1/197569.2013.pdf>
- Vongsak, B., Sithisarn, P., Mangmool, S., Thongpraditchote, S., Wongkrajang, Y., & Gritsanapan, W. (2013). Maximizing total phenolics, total flavonoids contents and antioxidant activity of *Moringa oleifera* leaf extract by the appropriate extraction method. *Industrial Crops and Products*, 44, 566–571. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.09.021>
- Wong, S. P., Leong, L. P., & William Koh, J. H. (2006). Antioxidant activities of aqueous extracts of selected plants. *Food Chemistry*, 99(4), 775–783. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.07.058>
- Wu, W. C., Ng, H. S., Sun, I. M., & Lan, J. C. W. (2017). Single step purification of bromelain from *Ananas comosus* pulp using a polymer/salt aqueous biphasic system. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 79, 158–162. <https://doi.org/10.1016/j.jtice.2017.04.001>
- Zambrano, J., Valera, A., Maffei, M., Materano, W., Quintero, I., & Graterol, K. (2017). *Efecto de un recubrimiento comestible con mucílago del cactus (opuntia elatior mill .) Sobre la calidad de frutos de piña mínimamente procesados*. Retrieved from <https://www.redalyc.org/pdf/857/85751092007.pdf>
- Zamora, J. (2007). Antioxidantes: Micronutrientes en lucha por la salud. *Revista Chilena de Nutricion*, 34(1). <https://doi.org/10.1590/S0104-59702007000100002>

ANEXOS

Anexo 1. Análisis proximal de *H. Sabdariffa*.

Elemento	(Babalola, Babalola, & Aworh, 2001)	(Shruthi et al., 2017)
Humedad (%)	86,50	86,08
Proteína cruda (%)	17,4*	2,95
Extracto etéreo (%)	2,1*	-
Fibra cruda (%)	8,5*	2,59
Cenizas (%)	6,5*	1,09
Ácido ascórbico (mg/100g)	63,5*	-

*En base seca

Fuente: (Babalola et al., 2001), (Shruthi et al., 2017).

Anexo 2. Análisis proximal en *M. oleifera*

Análisis proximal (Hojas)	(Velázquez, Peón, Zepeda, & Jiménez, 2016)	(Singh et al., 2019)
Humedad %	75	-
Proteínas (g)	0,27*	0,25±30,3
Grasas (g)	0,02*	0,01±0,16
Cenizas (mg/g)	0,09*	-
Carbohidratos (g)	0,38*	0,1±43,9
Potasio mg/g	13,24*	-
Hierro mg/g	0,28*	-
Caroteno (mg)	0,19*	0,678±0,189
Arginina (mg/g)	14,5*	4±18
Histidina (mg/g)	3,78*	1±7
β-caroteno (mg)	1,93*	-

*: En base seca

Fuente: (Velázquez et al., 2016) (Singh et al., 2019)

Anexo 3. Análisis proximal de *A. comosus*

Elemento	(Ramirez & Pacheco de Delahaye, 2011).	(Daza, 2014)
Proteína*	6,27 ± 0,28	0,4
Grasa*	0,10 ± 0,014	0,2
Cenizas*	1,14 ± 0,000	0,3
Potasio (K)**	57 ± 0,040	-
Calcio (Ca)**	6,95 ± 0,011	18,00 mg
Hierro (Fe)**	4,20 ± 0,000	0,50 mg
Ph	3,50 ± 0,00	-
Vitamina A (ac asc)**	-	61,00 mg

*g/100g (base seca). ** mg/100 g de porción comestible.

Fuente: (Ramirez & Pacheco, 2011), (Daza, 2014)