

[Proyecto de grado en modalidad de aplicación]

## [213027] Desarrollo de un producto alimenticio derivado de *Synsepalum dulcificum*

Maria Camila Galindo Cruz<sup>a</sup>, Valentina Mateus Lancho<sup>a</sup>, Marcela Moreno  
Naranjo<sup>a</sup>

Luisa Fernanda Posada Uribe<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Estudiante de Ingeniería Industrial Pontificia Universidad Javeriana Bogotá

<sup>b</sup>Profesor, Director del Proyecto de Grado, Departamento de Ingeniería Industrial, Pontificia Universidad Javeriana Bogotá.

### 1. Resumen de diseño en Ingeniería (En inglés)

Every day, people look around for new and innovative experiences, a great challenge for people looking to create new products. Fortunately, there is already raw material with potential, which has not yet had the impact it should. By virtue of this, this work developed a new product with an exotic berry called *Synsepalum dulcificum*, which has multiple benefits and the characteristic of being able to change acid flavors to sweet ones; an experience that many people are willing to try.

The project designed a product based on this berry, to encourage its production in our country. For this, an engineering design was planned, in which a bibliometric analysis was made in order to define potential products, a prioritization matrix was made for the choice, and a design of experiments is carried out for its development and its respective analyzes in terms of production. For future research, market analysis is required to define its commercial feasibility.

*Key word: Synsepalum dulcificum, berry, process, experiment, design.*

---

### 2. Justificación.

*Synsepalum dulcificum* es una fruta autóctona de África occidental tropical que tiene la capacidad de volver dulces los alimentos ácidos que se ingieren después de probarlo (ABC en el este, 2017). En Colombia, se exportaron US \$74,3 millones de frutas exóticas en 2019, 6% más que el registro de 2018 según Agronegocios (Leal acosta, 2020), indicando que las frutas exóticas son productos o materias primas potenciales que llaman la atención alrededor del mundo. Además, Colombia por sus diferentes climas es un país potencial para su producción.

El consumo de azúcar, edulcorantes y sustancias de sabor dulce en la dieta diaria de millones de personas en el mundo ha sido causal de un aumento en la incidencia de enfermedades como hiperglicemia y diabetes. Se calcula que para el año 1980 la cantidad de personas enfermas de diabetes a nivel mundial ascendía a 108 millones de adultos, mientras que en año 2014 este valor alcanzó los 442 millones (OMS, 2016). Según estudios realizados en Colombia, los jóvenes entre 5 y 19 años consumen 1480 mL de bebidas azucaradas, 781.1 calorías de bebidas azucaradas y 240 gramos de azúcar añadida diariamente (AUNA, 2019), cifras que alertan sobre riesgos de enfermedades como las ya enunciadas en poblaciones de niños y jóvenes, debido a que la ingesta de azúcar recomendada para una persona en un día, es menos del 10% de la ingesta total de calorías; lo que equivale a menos de 200 calorías en una dieta promedio de 2000 calorías (OMS, 2016).

Dar a conocer una nueva fruta es la oportunidad para generar un atractivo entre los campesinos y agricultores de la región, lo cual ayudaría a reducir el nivel de pobreza en las zonas campesinas del país; con la innovación de un producto el cual genere una potencialización de un fruto el cual se puede trabajar en varias zonas del país aprovechando los beneficios del trópico. Por medio de este proyecto, se planea desarrollar un producto a base de *Synsepalum dulcificum*, o más conocida como la baya o el fruto milagroso. Este fruto contiene Miraculina en la pulpa, la cual es una glicoproteína que se enlaza a las papilas gustativas y enmascara completamente los sabores ácidos durante un tiempo prolongado; entre 30 y 60 minutos (Diario Occidente, 2021a). Colombia posee condiciones de producción aptas para esta baya, especialmente en climas cálidos y húmedos, lo que permitiría la potencialización del cultivo en varias regiones del país; a la vez que este fruto puede emplearse para la generación de derivados con alto valor agregado.

Además, a nivel gastronómico es de gran atractivo para las personas, el conocer un producto como lo es *Synsepalum dulcificum* llama la atención de las personas el probarlo y probar “la magia” de la miraculina, incluso esta propiedad le ha dado cierto prestigio culinario en Japón, Europa y Estados Unidos, y ha motivado su empleo como sustituto del azúcar en alimentos dietéticos. Mientras la fruta consumida, la miraculina se esparce sobre toda la lengua y bloquea las partes que pueden reconocer los sabores amargos y agrios. El efecto de la miraculina a llegado a algunos bares de Nueva York en los cuales ofrecen cócteles con la fruta (ABC en el este, 2017).

Al conocer los grandes beneficios de *Synsepalum dulcificum* en los diferentes sectores industriales se decide realizar un producto alimenticio, dado el crecimiento anual del 7% en la demanda de la industria de alimentos y bebidas en Colombia (Portafolio, 2018) lo cual nos muestra que es una industria con potencial de crecimiento, así como a nivel de exportaciones de frutos exóticos. Otro sector analizado, fue la industria farmacéutica, la cual no resultó ser atractiva para el proyecto dado que siete de cada diez medicamentos que se consumen al interior del país son importados (la Republica, 2019), lo que aumenta la dificultad de diseñar un producto para este sector.

### 3. Planteamiento del problema

*Synsepalum dulcificum*, es un arbusto originario de África occidental, una fruta poco conocida alrededor del mundo, y cuyos beneficios son una alta actividad antioxidante, la capacidad de reducción de consumo de azúcares al ser utilizada como edulcorante (Grado et al., 2013), y múltiples investigaciones que hacen referencia a sus propiedades farmacológicas, su capacidad anticancerígena, antidiabética, anticonvulsiva, entre otros, (Akinmoladun et al., 2020).

Según la corporación Californiana de productores de frutas raras, actualmente de adelantan investigaciones para la creación de productos con base en esta especie vegetal, dado su potencial para bloquear los receptores de sabor de la lengua que reconocen los sabores ácidos, haciendo que los mismos envíen información al cerebro de estar recibiendo un sabor dulce (L. Cevallos, 2006). Sin embargo, la glicoproteína que hace este efecto posible solo funciona si los niveles de pH no son más bajos de 6,4 y pierde efecto a condiciones de temperatura específicas (Grado et al., 2013). Por esta razón, se deben diseñar procesos de conservación de la fruta que permita su consumo en buenas condiciones, que mejore su vida de anaquel y mantenga su actividad de cambio de sabor en los alimentos ácidos.

En el departamento de Casanare-Colombia, en la ciudad de Yopal, se cuenta con una plantación donde el árbol crece de forma nativa, de esta fruta llamada coloquialmente como baya milagrosa, con la cual se pretende desarrollar un producto derivado, dando respuesta a las siguientes preguntas de investigación: *¿Se puede generar un producto derivado de la baya Synsepalum dulcificum que de valor agregado al cultivo?*

### 4. Antecedentes

*Synsepalum dulcificum*, anteriormente conocido como *Bumelia dulcificum* o *Sideroxylon dulcificum*, pertenece a la familia Sapotaceae, la cual cuenta con alrededor de treinta a cuarenta especies, de las cuales se destacan el mamey, zapotes y nísperos (*Pouteria zapota*, *P. caimito*, *P. campechanía*) (Campbell et al., 2010). El género *Synsepalum* es originario de la zona tropical de África central, específicamente en países como el Congo, Ghana y Nigeria (Achigan-Dako et al., 2015). Originalmente era cultivada solo en la región occidental y central de África, sin embargo, con el paso del tiempo se ha introducido en otros continentes, como Asia y Sur América (Juhé-Beaulaton, 2017). La fruta milagrosa es una planta tropical

rara y valiosa, es famosa por una glicoproteína edulcorante milagrosa, la miraculina, (MCL), la cual puede modificar los sabores ácidos a sabores dulces. Una vez que la MCL entra en la boca, se puede detectar un dulzor fuerte durante más de 1 h cada vez que se prueba una solución ácida (Koizumi et al., 2011).

Durante siglos se ha observado un creciente uso de la planta gracias a sus beneficios nutricionales. Todas las partes de *S. dulcificum* han sido empleadas para tratar enfermedades y dolencias, según las diferentes preparaciones a base de la planta que se utiliza en la medicina tradicional (Swamy et al., 2014). Se ha determinado que las hojas son las partes más útiles de las plantas, pues el 90% de las aplicaciones medicinales se realizan con estas (Imagen 1.b), seguido se encuentra la raíz representando el 7% (Imagen 1.c), la corteza el 1,5% (Imagen 1.d), el tallo el 1% (Imagen 1.e) y el fruto el 0,5% (Imagen 1.a). Su raíz es usada para tratar la debilidad sexual, tos y tuberculosis (Akinmoladun et al., 2020). Asimismo, las hojas intervienen en el tratamiento de diabetes, malaria, hipertermia, infertilidad masculina, pérdida de peso, cáncer y enuresis. Mientras la corteza, es empleada en el tratamiento de enfermedades de la próstata. También se ha encontrado que las ramas son utilizadas como cepillo de dientes vegetal para una buena salud bucal y dental (Chen et al., 2010). En países como Malasia y Tanzania, las hojas trituradas se toman por vía oral como remedio etnomedicinal para la atención posnatal y también como aperitivo y edulcorante (Ee et al., 2022).



Imágen 1: Fotos planta de *S. dulcificum*

El uso de *S. dulcificum* como medicina tradicional multipropósito, ha sido traducido en varias aplicaciones comerciales, convirtiéndose en una planta valorada por las industrias farmacéuticas, de salud natural y alimentaria. (Kajiura et al., 2022). El departamento de bioquímica de la Universidad Federal de Tecnología en Nigeria asegura que a fruta milagrosa es una buena fuente antioxidante para alimentos funcionales, no solo por su sabor y color, sino también por su gran número de vitaminas (Akinmoladun et al., 2020). Su pulpa contiene una cantidad significativa de vitamina C, la cual ayuda en la prevención de infecciones y estimulación de la generación de tejidos y crecimiento (Martin A & Lacueva C, 202 C.E.). También se han encontrado vitaminas A y E, la primera relacionada con formación ósea y el sistema inmunológico; y la vitamina E implicada en la salud visual, la fertilidad y el mantenimiento de la integridad celular (Njoku et al., 2015)

Distintas investigaciones se han centrado en establecer el potencial bioquímico de esta baya por medio de procesos de detección instrumental para metabolitos de interés como alcaloides, flavonoides, compuestos fenólicos y taninos (Martínez & Castillo, 2021). Además, se ha establecido el potencial de otras partes de la planta, como su semilla para almacenar moléculas como fenoles, en concentraciones medias de  $157,88 \pm 2,09$  mg GAE/g. De igual forma, se encontró que el contenido de flavonoides es alto en la pulpa de fruta ( $0,13 \pm 0,05$  mg). Debido a lo anterior, se ha determinado que las semillas poseen una buena actividad antioxidante, y asegurando que esta puede ser utilizada como una fuente saludable de aditivos para la industria alimentaria o como antioxidantes naturales para la industria farmacéutica (POPA et al., 2021).

Hoy en día, el mercado de alimentos funcionales está dominado por productos probióticos a base de lácteos, donde se ha incursionado con yogures a base de fruta milagrosas, asegurando que dicho fruto mejora los valores nutricionales del yogurt. (Tchokponhoué et al., 2021) De igual forma, este ha sido usado como colorante alimentario, extrayendo los pigmentos rojos de antocianina de la fruta *S. dulcificum*, y posteriormente purificados mediante intercambio iónico, que al ser añadido a soluciones de agua y azúcar carbonatadas, proporciona una solución de color rojo anaranjado (Francis, F, 1978). Algunos bares de Nueva York han estado ofreciendo cócteles a base de la baya, en los de nominados “viajes de sabor”, en donde se experimentan las reacciones que se presentan en boca una vez consumida la baya, maridándolos con varios tipos

de alimentos de naturaleza amarga, ácido o a su vez picante (El Heraldo, 2009). Por otra parte, en Quimbaya y Tuluá, municipios de Colombia, se realiza un tour de biodiversidad operado por la tienda de café especial de Altura, donde además de mostrar los cultivos cafeteros, se prueban diferentes frutos tropicales exóticos, entre ellos la “fruta milagros” (Diario Occidente, 2021b).

## 5. Objetivos

### Objetivo general

*Desarrollar un producto alimenticio derivado de *Synsepalum dulcificum*.*

### Objetivos específicos:

1. Realizar una evaluación bibliométrica, que permita obtener información necesaria para establecer posibles productos potenciales a desarrollar a partir de *S. dulcificum*.
2. Seleccionar el producto potencial a desarrollar a partir de *S. dulcificum*, con base a un criterio de decisión obtenido por una matriz de priorización.
3. Diseñar a nivel de laboratorio un producto alimenticio a partir de *S. dulcificum*
4. Evaluar la viabilidad técnica y económica del desarrollo del producto potencial, a partir de *S. dulcificum*.

## 6. Desarrollo de Objetivos

### 6.1 Evaluación bibliométrica, que permita obtener información necesaria para establecer posibles productos potenciales a desarrollar a partir de *S. dulcificum*.

El análisis bibliométrico, es un recurso fundamental para conocer el factor de impacto de las revistas académicas y científicas, y su influencia en la investigación global. Este proporciona datos estadísticos, basados en citas de artículos, comparándolas entre sí, dentro de su área temática, permitiendo analizar y evaluar la producción de los investigadores a diferentes niveles: individual, de publicaciones, institucional y regional. Con el fin de establecer las oportunidades en el desarrollo de productos alimenticios a partir de la baya *S. dulcificum*, se ha desarrollado un análisis bibliométrico. Reafirmando que este constituye un eslabón fundamental dentro del proceso de investigación, siendo una herramienta que permite calificar la calidad del proceso generador de conocimiento y el impacto en su entorno (Rueda et al., 2005). Para dicho análisis se implementó la ecuación de búsqueda “*Synsepalum dulcificum OR miracle fruit AND products AND production*” en las bases de datos Web of Science (WoS) y Scopus, para los periodos 2007 a 2021. Se seleccionaron los artículos de interés que responden a la temática tratada, aplicándoles un riguroso proceso de depuración y cómputo de referencias bibliográficas, para finalmente obtener 20 producciones científicas en un archivo punto bib. Dicho archivo, fue analizado por medio de la interfaz en ambiente Web de R llamada Bibliometrix, la cual se enfoca en la investigación cuantitativa bibliométrica, permitiendo obtener aspectos de interés. como autores, revistas y países más productivos en estas temáticas e índice de colaboración, creando matrices de datos para co-citación, acoplamiento, análisis de colaboración científica y de co-palabras (Torres, 2019).

La búsqueda en primer lugar permitió definir qué es y qué origen tiene la baya, concluyendo que *S. dulcificum* comúnmente conocida como fruto milagroso o baya roja, ha comenzado a ser foco de atención de investigaciones a nivel mundial (Tapia, 2014). Artículos como “Propiedad antidiabética de la planta frutal milagrosa” y “Propiedad antibacteriana de *S. dulcificum* extracto acuoso de hojas contra patógenos orales y sus compuestos químicos”, han reportado su uso en numerosos países como Estados Unidos, Canadá y algunos países del norte de Europa, como suplemento o complemento medicinal (Yang et al., 2022). Sin embargo, en Latinoamérica se presenta un alto desconocimiento de la fruta y de sus propiedades (Sánchez et al., 2019). Al analizar las publicaciones existentes en las bases de datos de revistas científicas, se ha determinado que la mayor producción de artículos se ha presentado en países como Estados Unidos, Alemania, Nigeria, India, China e Indonesia.



quien cuenta con tres producciones en los periodos de 2007 a 2018. Seguido a este, se encuentra el profesor titular de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Abomey Enoch Gbenato, quien cuenta con dos producciones en los periodos 2015 a 2018.

*S. dulcificum*, es conocida en algunas regiones del mundo por sus numerosas aplicaciones modernas y tradicionales en la industria alimenticia y farmacéutica (Tchokponhoué et al., 2019). Numerosos estudios como “Fitoquímicos ricos en antioxidantes en la baya milagrosa y actividad antioxidante de sus extractos” o “*Synsepalum dulcificum* en Revisión”, aseguran que esta fruta rica en antioxidantes, puede ser utilizada potencialmente como ingrediente alimentario, no solo para reemplazar los antioxidantes sintéticos de los alimentos, sino también para promover la salud, reduciendo el riesgo de padecer enfermedades crónicas asociadas con problema del metabolismo de los lípidos (Du et al., 2014a). El extracto acuoso de sus hojas presenta un alto contenido en flavonoides, ácido cafeico y ácido clorogénico (Obafemi et al., 2019), concediéndole propiedades antimicrobianas, antidiabéticas y/o fitoquímicas (Ibrahim et al., 2020). Por otra parte, su pulpa, tiene altas concentraciones de epicatequina, rutina, quercetina, miricetina, kaempferol, luteína, ácido gálico, ácido ferúlico y ácido siríngico, los cuales se caracterizan por su actividad, antiinflamatoria, antimicrobiana y antioxidante, participando en la protección contra la peroxidación lipídica (Du et al., 2014b).

A pesar de los notables avances y registros existentes con respecto a la baya, su desconocimiento representa un gran problema para su comercialización. Con base en ello, se ha diseñado un árbol de problemas, el cual pretende identificar forma organizada las razones y consecuencias del problema previamente planteado (Nancy Hernández-Hernández & Garnica-González, n.d.)

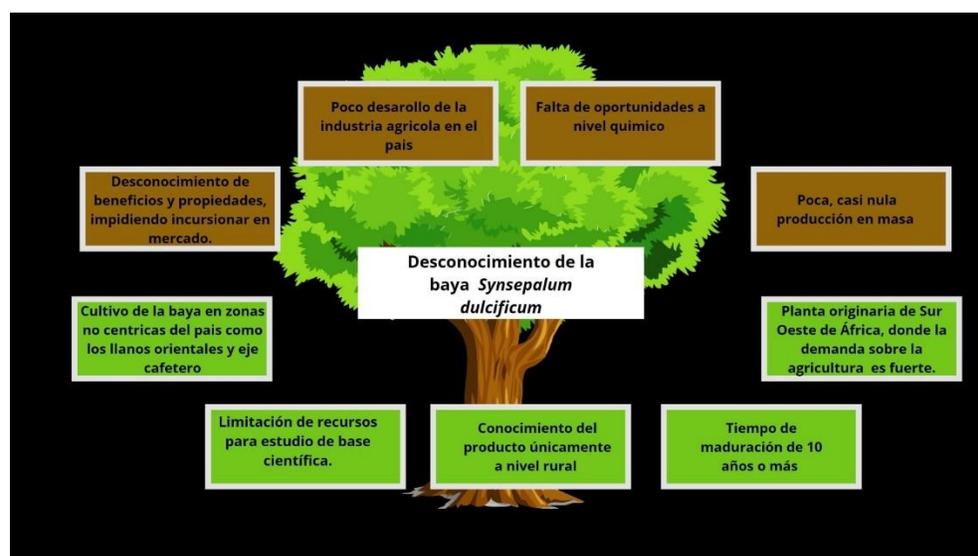


Imagen 4: Árbol de problema

Como se puede evidenciar, la principal causa de conflicto es el desconocimiento del fruto *S. dulcificum*. Indudablemente, se ha presentado un creciente interés en la planta milagrosa en todo el mundo debido a sus numerosas aplicaciones. Sin embargo, las amenazas y la recolección silvestre de la especie dificultan su uso sostenible. (Tchokponhoué et al., 2021) Además, el conocimiento tradicional documentado hasta ahora sobre la especie se limita a una cobertura geográfica estrecha de su área de distribución natural, que es África occidental y central, donde existe infinidad de suelos infértiles o con bajos suministros de nutrientes, que no son óptimos para la producción agrícola y su comercialización (Gettleman, 2017) . Dicha problemática se presenta debido a que la planta crece mejor en suelos con un pH bajo, en un ambiente libre de heladas y en sombra parcial con alta humedad, tolerando las sequías y el sol pleno. Al ser cultivada en zonas poco céntricas con escasos recursos para su investigación, se impide su comercialización, y por ende su conocimiento por gran parte de la población. Como consecuencia de este tipo de problemáticas, la baya es desconocida, al igual que su potencial beneficioso en diferentes aspectos relacionados con la salud y gastronomía, desperdiciando oportunidades a nivel químico, medicinal culinario e industrial. Evadiendo, su producción en masa para consumo y comercialización, frenando la diversidad y el crecimiento de la industria agrícola del país.

## 6.2 Selección de un producto potencial a desarrollar a partir de *S. dulcificum*, con base a un criterio de decisión obtenido por una matriz de priorización

Con el fin de seleccionar un producto con base en la baya que tenga potencial alimenticio, se realizó el diseño de una matriz de priorización constituida por varios parámetros que permitieran evaluar los diferentes componentes y factores de importancia para escoger el mejor producto. Para la realización de esta matriz se tuvo en cuenta la información bibliométrica anteriormente investigada se observó en el mapa bibliométrico de palabras (imagen 3) en varias oportunidades la palabra “food” lo cual indica que se han realizado investigaciones y proyectos con *Synsepalum dulcificum* enfocados al uso como alimentos, además se puede observar la palabra “fruit” lo cual se usó para realizar una investigación a modo más profundo, encontrando que la baya se ha llegado a mezclar *S. dulcificum* con frutas y verduras (Martin A & Lacueva C, 202 C.E.) Teniendo en cuenta las propiedades de la baya se seleccionaron 7 posibles productos a realizar, los cuales fueron: una mermelada, un helado, gomas masticables, jugo concentrado de la baya, Spray, gelatina, y una conserva.

Los productos se escogieron con base en los artículos y tesis encontradas en la literatura (Cardoso Sánchez Fabio Andrés, 2019; L. Cevallos, 2006; López Pasquel, 2016), es importante recalcar que la mayoría de información sobre productos realizados a base de *S. dulcificum* se encontraron en tesis realizadas por estudiantes en Latinoamérica.

Cada uno de los productos previamente enunciados fue desarrollado a nivel de laboratorio, y para ello, se partió de la conservación de la baya, con el fin de mantenerla en adecuadas condiciones durante un tiempo prolongado. Para lo cual se comenzó manteniendo los frutos en sellado al vacío ya que al estar la fruta empacada al vacío el oxígeno, no produciría la oxidación de las bayas y así conservarlas más tiempo, además se comenzó probando un proceso de liofilizado el cual consiste en La deshidratación por congelación o liofilización es un método de conservación de alimentos en el que confluyen distintos procesos, como la congelación, el vacío y la deshidratación. El resultado es un producto seco que mantiene gran parte de las características organolépticas de su estado original, como el aroma, el gusto o el sabor (Martín, 2015). Además, se realizó el proceso de macerado con nitrógeno como segunda opción ya que el nitrógeno es un gas que no reacciona con los elementos con los que interactúa. Por lo que las sustancias que deterioran los alimentos (como el oxígeno, la humedad o las partículas) no reaccionan y, por tanto, no perjudican el estado del alimento; manteniendo todas sus propiedades de manera natural. (Binoovo, 2020)

Para la realización de los productos primero se realizó un liofilizado de las bayas para luego macerarla, pero se observó que el liofilizado tomaba aproximadamente 8 días para realizarse, además al liofilizarse el rendimiento de la baya era más bajo entonces se tendría que usar más cantidad de producto en su realización. Por esta razón se realizó un macerado con nitrógeno (imagen 5) previamente a esto se extrajo la semilla de baya y se usó nada más la cascara y la pulpa, después se le agregó el nitrógeno líquido y se maceró al realizar este proceso se percibió que el rendimiento era mayor además que el proceso seguía conservando el efecto de la Miraculina. Con la baya previamente tratada se realizaron los productos seleccionados y previamente enunciados. Para algunos productos, se decidió usar *Passiflora edulis f. edulis* o más conocido comúnmente como Gulupa (imagen 6) debido a que al ver la posibilidad de usar una fruta para realizar los productos se decidió continuar con el uso de frutos exóticos existentes en Colombia además la Gulupa al ser un fruto de sabor ácido nos permitía percibir de mejor manera el efecto producido por la Miraculina encontrada en *Synsepalum dulcificum*.

Imagen 5: Proceso de maceración de *Synsepalum dulcificum*





Imagen6: Foto Gulúpa : Gulupa. (2020). [Fotografía]. [https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.croper.com%2F73-agro-reza%2F26-semillas%2F3243-frutales%2F6723-gulupa-x-sobre-10-gr&psig=AOvVaw0vZhbISofSpOrO-Xa0Bp\\_O&ust=1651544651013000&source=images&cd=vfe&ved=0CAwQjRqFwoTCNChzL7hv\\_cCFQAAAAAdAAAAABAD](https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.croper.com%2F73-agro-reza%2F26-semillas%2F3243-frutales%2F6723-gulupa-x-sobre-10-gr&psig=AOvVaw0vZhbISofSpOrO-Xa0Bp_O&ust=1651544651013000&source=images&cd=vfe&ved=0CAwQjRqFwoTCNChzL7hv_cCFQAAAAAdAAAAABAD)

Para la elaboración de los productos se emplearon los protocolos presentados en el recetario (Anexo1), y una vez desarrollados esos productos se procedió a la evaluación de la matriz de priorización y escoger el más apto a realizar.

La matriz de priorización se compuso de los siguientes factores a evaluar:

- **Tiempo de vida del producto:** Tiempo máximo en el cual el producto conserva sus propiedades nutricionales y sanitarias.
- **Rendimiento:** Proporción entre la materia prima empleada y la cantidad de producto resultante.
- **Facilidad de producción:** Facilidad en el desarrollo y producción del producto final.
- **Economía:** Este factor evalúa que tan costoso es la producción del producto final.
- **Innovación:** Introducción de un nuevo producto con características y funcionamientos mejorados.
- **Escalabilidad:** Capacidad del sistema de crecer atendiendo la demanda, sin perder las cualidades de valor además de evaluar que tan factible es su producción en masa.
- **Eficiencia del principio activo:** Permanencia del efecto proporcionado por la Miraculina, inhibiendo los sabores ácidos.
- **Sabor:** Este factor evalúa la sensación que produce el producto en el gusto
- **Porcentajes de naturaleza del producto:** Proporción de productos no químicos en producto final al compararlos los químicos.
- **Tiempo de operación:** Tiempo de proceso de producción del producto.

Finalmente, se realizó la clasificación de la matriz de priorización (Anexo2) la cual se realizó individualmente por parte de las integrantes del grupo (Valentina Mateus, Marcela Moreno, Camila Galindo) y la directora de tesis (Luisa Fernanda Posada). Se asignó una calificación de 1-5 a cada uno de los factores evaluados y para cada producto a desarrollar, siendo 1 la menor calificación y 5 la de mayor calificación. Por último, con los resultados se realizó una matriz ponderada (Tabla 1) dando como resultado para los productos líquidos los cuales están compuestos por jugo, mermelada y spray se puede observar que en cuanto el jugo tuvo una calificación de 2,1 total ponderado, teniendo como puntaje más alto (3) en el tiempo de operación y la facilidad de producción ya que su proceso es bastante sencillo como se puede ver en la receta, pero por otro lado en cuanto el rendimiento, tiempo de vida y la innovación el puntaje fue de 1,3 bastante bajo en comparación a otros productos ya que el jugo es un producto bastante común el cual si no se conserva de manera adecuada su tiempo de vida puede variar entre 2-3 días además al usar el fruto como baya natural sin previo tratamiento se necesita más baya para realizar este producto, continuando con los productos líquidos la mermelada tuvo un puntaje ponderado de 2,7 el cual tiene como puntaje alto (3) en el sabor, eficiencia del principio activo y facilidad de producción esto se debe a que su receta es sencilla y además al usarse Gulupa para realizar la mermelada hace que su sabor sea bastante agradable al gusto y el factor de menor calificación fue el tiempo de operación ya que la cocción del producto lleva tiempo; Por otro lado el spray tuvo una clasificación total de 1,9 como clasificación más alta es la facilidad de producción, porcentaje de naturaleza del producto y tiempo de operación con 2,3 y el rendimiento fue calificado con 1,3 siendo el más bajo esto dado que se necesitaba mucha baya en polvo para su elaboración.

Continuando con los sólidos se puede ver la gelatina, la cual fue elaborada con baya sin previo procesamiento este producto tuvo una puntuación ponderada de 1,9 siendo el sabor, la eficiencia y el rendimiento los factores con clasificación más alta con 2,3 esto dado que a pesar de que se usó la baya natural la gelatina lleva más ingredientes los cuales lograron que su rendimiento fuera de los puntajes más altos por otro lado en cuanto los factores con menor calificación fue el tiempo de vida del producto y la facilidad de producción ya que el hacer una gelatina toma es de procesos más complicados para el manejo de los puntos de frío y calor, continuando con los sólidos con las gomitas rellenas podemos ver que tiene un puntaje

promedio de 2,1 teniendo el tiempo de operación y la escalabilidad, dado a que el tiempo invertido en realizar las 10 gomas que se hicieron como experimento fue mayor al de varios de los productos además que este proceso lleva unos tiempos de enfriamiento lo cual hace que el tiempo de proceso sea mayor para obtener el producto final, En cuanto al helado tuvo una calificación ponderada de 2,4 siendo el segundo más alto dado a que su calificación en cuanto escalabilidad fue de 3 y en cuanto a sabor, porcentaje de naturaleza del producto y eficiencia del principio activo fueron casi perfectas con 2,8 haciendo ver este producto como uno de los posibles productos a seleccionar y por último se evalúa la fruta en conserva la cual tuvo una calificación total ponderada de 1,8 siendo el producto con menor calificación dado a que el tiempo de operación es muy largo, ya que lleva muchos procesos antes de obtener el producto final y al realizar la cocción de la baya esta pierde las propiedades de la Miraculina. Con estos procedemos a iniciar el diseño de experimentos para la producción de mermeladas dado que este es el producto con mayor potencial

			Tiempo de vida del producto	Rendimiento	Facilidad de Produccion	Economía	innovación	Escalabilidad	Eficiencia del Principio Activo	Sabor	% Porecentaje de naturaleza del producto	Tiempo de Operación	Total	Total Ponderado	
		Peso	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	100%		
Productos	Liquidos	Jugo	Natural	1,3	1,3	3,0	2,0	1,3	2,3	2,8	1,8	2,8	3,0	21	2,1
		Mermelada	Polvo	2,8	2,8	3,0	2,5	2,5	2,8	3,0	3,0	2,8	2,3	27	2,7
		Spray	Polvo	1,5	1,3	2,3	1,5	2,0	2,0	2,0	1,5	2,3	2,3	19	1,9
	Solidos	Gelatina	Natural	1,5	2,3	1,5	1,8	2,0	2,0	2,3	2,3	2,0	1,8	19	1,9
		Gomas Rellenas	Polvo	2,0	2,0	1,8	2,0	2,3	1,5	3,0	2,0	2,5	1,5	21	2,1
		Helados	Polvo	2,5	2,3	2,0	1,5	2,5	3,0	2,8	2,8	2,8	2,0	24	2,4
		Fruto en Conserva	Natural	3,0	1,3	2,0	1,8	2,0	1,5	1,0	1,8	2,3	1,0	18	1,8

Tabla 1: Matriz de priorización ponderada de calificación de productos

### 6.3 Diseño a nivel de laboratorio un producto alimenticio a partir de *S. dulcificum*

Con el fin de desarrollar el producto con base en *S. dulcificum*, se eligió la mermelada como producto a desarrollar, por la selección realizada en el numeral anterior, y se procedió a establecer un diseño de experimentos de mezclas en el programa Stratgrafics Centurion, que permita definir las cantidades de los diferentes componentes de la mermelada y que cumplan con las características de calidad de ese tipo de producto, según la norma NTC 285 de 2015 (Núcleo Ambiental S.A.S., 2015). Para ello, se establecieron los componentes tradicionales de una mermelada (agua, fruta, un espesante y un conservante que asegure su vida útil). Después de realizar la búsqueda de los ingredientes adecuados, se eligió como conservante el benzoato de sodio, una sal antiséptica conocida en la industria de alimentos para alargar la vida de estos (Moreno, 2017). Se eligió la pectina como espesante de la mermelada. Este es un polímero natural que se produce en las cáscaras de las frutas y verduras, el cuál al enfriarse, hace que las mezclas líquidas adopten una apariencia semisólida (García & Penagos Gómez, 2011). Adicionalmente, se puede suplementar el producto con la baya, para darle valor agregado a la mermelada con el efecto de cambio de sabor que esta proporciona.

El diseño de experimentos de mezclas que se planteó para el desarrollo del producto tiene como factores de estudio los componentes ya mencionados, pero sólo se variaron los componentes bayos, pectina y agua en los niveles entre 3,65 y 7,50; 4,45 y 8,33; 84,17 y 88,05 respectivamente. Los componentes Benzoato de sodio y fruta se mantuvieron fijos a una concentración de 0,05 gr como exige la norma, y 39,95 gr dando respuesta al porcentaje en fracción de masa de mínimo el 20% del total de la mermelada, según la norma NTC 285 de 2015. Las variables de respuesta del diseño enunciado fueron: medición de grados brix, ph, densidad, Acidez, sabor, olor, aspecto y actividad de la miraculina. La matriz de diseño de experimentos de mezclas empleada conformó un diseño de mezclas simplex reticular, con nivel de confianza del 95%.

Las variables de respuesta evaluadas en el diseño de experimentos se describen a continuación, enunciando los procesos realizados para las mediciones.

**Grados brix requeridos:** Evalúa el contenido de sólidos solubles, por medio de un refractómetro para conocer la cantidad de azúcares contenidas en la mermelada, el refractómetro arroja el valor a temperatura aproximadamente ambiente (Zulay

Díaz-Casas et al., 2005). Según la norma, este valor debe ser en porcentaje de fracción de masa, mínimo 60 (Núcleo Ambiental S.A.S., 2015).

**Acidez titulable:** Evalúa los ácidos presentes en la mermelada, mediante el método AOAC 942.15 donde se diluye una muestra de 1 gr de mermelada, completando con agua destilada en una bureta 10 ml de muestra. Se adicionan 2 gotas de fenolftaleína (Indicador). Se titula con hidróxido de sodio de 0,05 normal, que cae desde un soporte universal a la mezcla, la cual se agita hasta obtener un cambio de color a tonalidad rosa y se utiliza la siguiente ecuación para obtener la acidez (Técnica & Norte, 2016).

$$\text{Acidez titulable (\%)}: \frac{V_{NaOH} * N * meq}{P} * 100$$

*Donde:*

V = Volumen de hidróxido de sodio que se consume en la titulación (ml)

N = Normalidad del hidróxido de sodio (Normal)

Meq = miliequivalentes del ácido

P = Peso de la muestra en gramos

pH: Evalúa la acidez de un alimento. Esta variable se clasifica como baja cuando se tienen ácidos (valor menor a 7, normalmente entre 4,6-7), y muy ácidos, cuando los valores son inferiores a 4.6 (Acosta, 2013). Esta variable se midió empleando un pHmetro marca Mettler Toledo, posterior a la calibración de este, con estándares en pH= 4,0 y pH= 7,0. Posteriormente, evaluando cada una de las muestras. Para el cumplimiento de la norma NTC 285, se requiere que el pH sea máximo 3,4 a 20 °C. (Núcleo Ambiental S.A.S., 2015).

Presencia de actividad de la miraculina: Evalúa si la mermelada logra cambiar el sabor de los alimentos ácidos, a criterio del evaluador.

Aspecto del producto: Evalúa el atractivo de la densidad del producto como mermelada, es decir, que sea consistente, pero esparcible; a criterio del evaluador, donde la puntuación más alta corresponde a una mermelada muy espesa.

Sabor: Evalúa que el producto sea agradable en el sentido del gusto cuando la persona lo consuma; a criterio del evaluador, dando una calificación del 0 al 3 ante una prueba de una porción de mermelada.

Olor: Evalúa si el producto es agradable en el sentido del olfato cuando la persona se acerca a oler; a criterio del evaluador, dando una calificación del 0 al 3 ante una prueba de una porción de mermelada.

Allí proceden a realizar las mermeladas tomando el 60% de los resultados arrojados por el programa total, dado que el 40% de la mermelada corresponde a los valores no variables, es decir la fruta y el conservante. Además, dada la cantidad se decidió realizar el diseño de mezclas con la mitad de la cantidad inicial, siendo envasadas las mermeladas en frascos de vidrio iguales, estériles, herméticos, marcados y llevando el mismo proceso para cada una. El procedimiento para llegar a las cantidades presentadas se encuentra en el Anexo3.

Con las 13 mermeladas resultantes del diseño de experimento, se procede a realizar en los laboratorios las mediciones referentes a las variables de respuesta como se observa en el Anexo 4, que muestra imágenes de la experiencia en el laboratorio que sigue los procedimientos nombrados en la metodología de desarrollo del objetivo.

Una vez se completaron las corridas del diseño experimental, se procedió a la evaluación de la matriz por medio del software Statgraphics Centurion, empleando un nivel de confianza del 95% y con posibilidad de evaluación de un modelo cúbico. Se seleccionó un modelo cúbico con el fin de poder eliminar términos en caso de que este modelo no fuera significativo en la evaluación, evaluar luego el modelo cuadrático y establecer la significancia de este y repetir lo mismo con el modelo lineal. Se evaluaron las corridas para cada una de las variables, y posteriormente se evaluaron de forma conjunta por un diseño de optimización multivariable. En la optimización multivariable realizada, se evaluó la deseabilidad como variable conjunta, en una escala de 0-1, siendo cero la no posibilidad de optimización conjunta y 1 la posibilidad total de la misma. Finalmente,

se procedió selección de la mermelada de mejores resultados a la luz de la norma; y esta fue validada repitiendo su elaboración y mediciones de variables en tiempos diferentes.

La evaluación de la presencia de la actividad, aspecto del producto, olor y sabor fue realizada por un externo al trabajo de grado, y las participantes involucradas en él, las estudiantes Maria Camila, Marcela, Valentina y la directora Luisa Posada. Los resultados presentados en tabla para actividad, aspecto, olor y sabor representan el promedio de los resultados obtenidos en la escala definida; para grados brix, acidez titulable, ph y densidad, los resultados obtenidos en las prácticas de laboratorio anteriormente nombradas. En el anexo 5, se muestra la formulación para obtener los valores presentados.

La mejor mermelada fue evaluada por un panel de degustación compuesto por 33 personas, a quienes se les indicó que iban a probar un nuevo producto que pretendía innovar cambiando los sabores ácidos a dulces. Fue repartida una muestra en una cuchara desechable, cuidando todos los requisitos de bioseguridad, la cual debían probar, seguido de comer una fruta ácida, con el fin de responder una encuesta posterior en google forms donde se buscaba saber en una calificación del 1-5, la opinión de los encuestados sobre sabor, olor, aspecto, actividad e innovación del producto.

Corrida	Pectina (gr)	Baya (gr)	Agua (gr)	Fruta (gr)	Benzoato (gr)
1	5,0	4,5	50,5	39,95	0,05
2	5,0	2,2	52,8	39,95	0,05
3	2,7	4,5	52,8	39,95	0,05
4	5,0	2,2	52,8	39,95	0,05
5	4,7	3,9	51,4	39,95	0,05
6	4,7	2,8	52,5	39,95	0,05
7	3,5	3,9	52,5	39,95	0,05
8	4,7	2,8	52,5	39,95	0,05
9	5,0	3,3	51,7	39,95	0,05
10	3,8	4,5	51,7	39,95	0,05
11	5,0	2,2	52,8	39,95	0,05
12	3,825	3,345	52,83	39,95	0,05
13	4,4115	3,345	52,24	39,95	0,05

Tabla 2: Resultados corridas Statgrafics Statgrafics Centurion para el Diseño de experimentos de mezclas planteado.

A continuación, una tabla que muestra los resultados obtenidos en estas variables de evaluación para elección de la mezcla final:

Mezcla	Presencia de actividad de la miraculina (0-3)	Aspecto del producto (0-3)	Olor (0-3)	Sabor (0-3)	Grados Brix (%)	Acidez titulable (%)	PH (0-14)	Densidad (gr/ml)
1	0	1	0	1	12,7	2,4160256	3,13	1,079433632
2	0	3	1	2	13,8	2,104384	3,28	0,80550798
3	0	3	0	2	16,6	2,120448	3,28	1,112845465
4	2	0	2	1	8,1	1,783104	3,23	1,079038536
5	3	2	2	2	9	2,008	3,21	1,114791748
6	3	2	2	3	12	1,991936	3,23	1,101946283
7	2	3	0	2	12,6	2,184704	3,31	1,137563254
8	0	0	1	0	5,7	1,172672	3,32	1,066621253
9	3	3	3	3	10,8	1,959808	3,23	1,089490074
10	0	0	1	1	6,8	1,68672	3,2	1,061658233
11	2	2	2	2	11	1,815232	3,24	1,111093811
12	0	2	1	2	15,5	1,943744	3,21	1,089684702
13	2	3	0	2	9,8	2,200768	3,26	1,099026859

Tabla 3: Resultados variables de evaluación

Los resultados obtenidos permitieron establecer que, en cuanto a la actividad de la miraculina, las mermeladas con mayor puntaje fueron la 5,6 y 9 a pesar de que no son las que mayor cantidad de baya tienen. En cuanto al aspecto del producto, el puntaje de 3 no necesariamente se refiere al mejor aspecto, dado que este punto evalúa la firmeza, así que los puntuados al

máximo, tiene apariencia desagradable al ser ya demasiado firmes, y de la misma manera, cuando la puntuación es muy baja, se siente muy líquida.

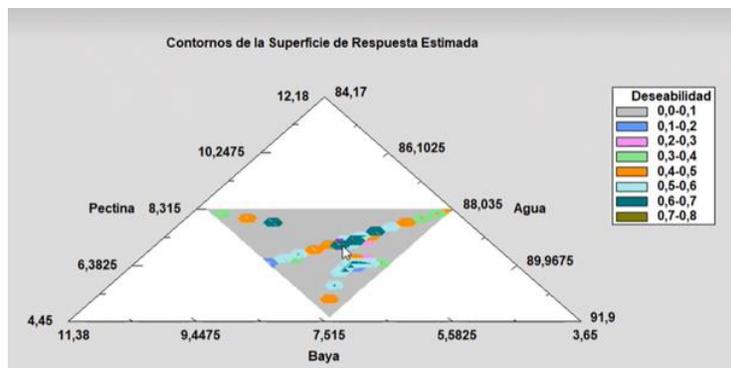
Para olor y sabor, la mermelada con mejor puntuación es la de la corrida 9, y la de peor puntuación es la mezcla 8. En este factor, puede influir que algunas mezclas tenían poca cantidad de fruta, con respecto a una cantidad alta de benzoato y pectina, lo cual, pudo hacer que el producto se sintiera amargo.

En cuanto a los grados brix, ya se esperaba que los grados Brix fueran menores a los esperados dado que como la mermelada no tiene azúcares adicionados, no cumple con la cantidad de refracción de azúcares que una mermelada común sí tendría.

Finalmente, para pH, acidez titulable y densidad, todas las corridas cumplen con las especificaciones definidas para la norma NTC 285, se cumple con los valores exigidos.

Con estos resultados, se procede a realizar el análisis de los resultados en el programa, para el cual, dado que todas las mezclas cumplen con la norma en factores de pH, acidez y densidad, se determinó que estos factores serán despreciables para la toma de decisiones de la mejor mezcla.

Por medio del asistente del Statgraphics en la sección DDE, se procede a ingresar el análisis del diseño, con las corridas originales, y los resultados de los factores de evaluación actividad, sabor y aspecto. Como fue explicado anteriormente, todos los puntos ideales de calificación son 3, menos el del aspecto, para el cuál el punto óptimo será de dos para que la consistencia sea ideal. El análisis conjunto de las variables de respuesta arroja la gráfica contornos en el área de trabajo definida para el experimento.



Gráfica 1: Contornos de la superficie de respuesta estimada para hallar la mejor deseabilidad de las cantidades en la mermelada.

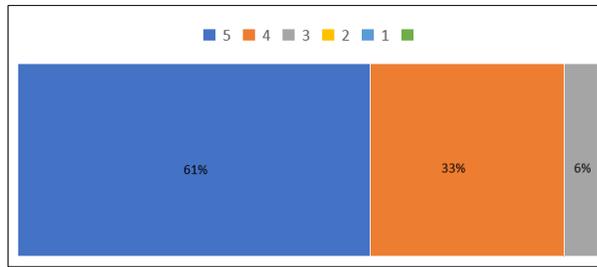
Como se puede observar en la gráfica número 1 la región pintada de verde oliva es la zona donde la deseabilidad es más alta para las variables evaluadas conjuntamente (su valor se encuentra entre 0,7-0,8). Esta región es muy pequeña, pero su existencia implica que si existe una posibilidad de alta deseabilidad en la optimización multivariable. Este punto corresponde a cantidades de pectina de 7,85 gr, de Baya de 6,51022 gr y de agua de 85,6374 gr.

Según los valores arrojados por el programa, la mermelada que más se acerca a esta evaluación multirespuesta es la corrida número 5, cuya composición es 51,4 gr de agua; 39,95 gr de fruta, 3,9 gr de S. dulcificum; 4,7 gr de pectina y, por último, 0,05 gr de benzoato.

Después de replicar esta mermelada final, se procede a tomar las medidas de variables de respuesta nuevamente en el laboratorio, allí se presentaron valores de pH 3,15; acidez 1,59%; densidad de 1,07 gr/ml; grados brix de 13,9%. Todos ellos, están dentro de los valores exigidos por la norma, y, además, no tienen una diferencia muy significativa entre datos.

Es así como se procede a realizar la entrevista al panel de 33 expertos, los resultados se muestran a continuación:

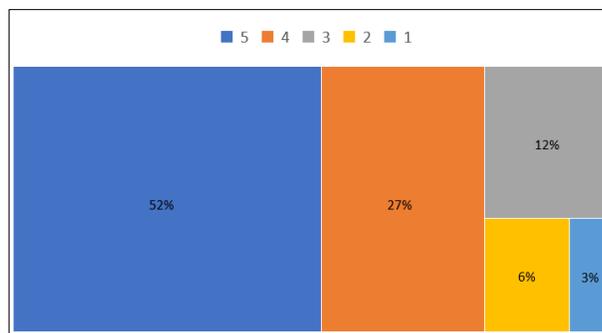
1. En una escala del 1 al 5, ¿Qué tal le pareció el olor?



Gráfica 2: Resultados encuestas olor de la mermelada

Como se observa en la gráfica, un porcentaje mayor al 94% de los participantes considera que el olor del producto es agradable. Siendo solo el 6% del público encuestado, quienes opinan que el olor es regular. En general, se llega a la conclusión de que ningún encuestado en la muestra opina que el olor de la mermelada sea desagradable.

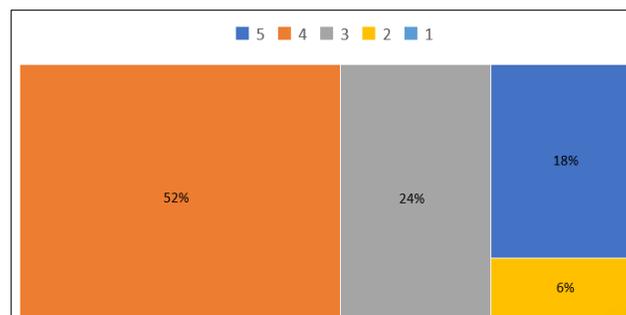
2. En una escala del 1 al 5, ¿Qué tal le pareció el sabor?



Gráfica 3: Resultados encuestas sobre sabor de la mermelada.

En cuanto a la segunda pregunta, se puede evidenciar una mayor dispersión de las opiniones, donde 3 personas registraron su descontento con respecto al sabor de la mermelada. A pesar de esto se observa un resultado positivo en general donde el 79% de los encuestados calificaron el sabor como muy bueno, por lo que se puede concluir que el producto puede llegar a tener una gran acogida.

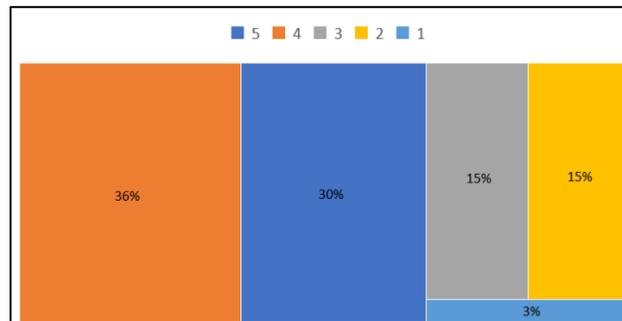
3. En una escala del 1 al 5, ¿Qué tal le pareció el aspecto del producto?



Gráfica 4: Resultados encuestas sobre aspecto de la mermelada.

En términos generales con respecto al aspecto de la mermelada, los resultados no fueron significativamente concluyentes como en las otras preguntas, dado que un gran porcentaje de los encuestados registraron una impresión indiferente (24%) a la hora de evaluar visualmente el producto, sin embargo, así mismo el 70% de los calificó su aspecto como muy bueno.

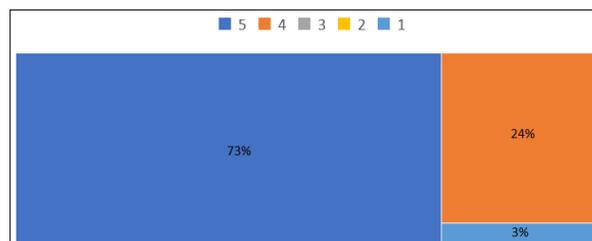
4 en una escala del 1 al 5, ¿Qué tanto efecto logro sentir de la baya cuando intentó probar algo ácido?



Gráfica 5: Resultados sobre efecto de la miraculina en la mermelada.

En la gráfica 5 se puede observar que la mayoría de los participantes (67%) experimentaron el efecto que tiene la baya sobre las papilas gustativas, el 15% fue indiferente y el 18% restante no registro resultados notables, probablemente por la baja cantidad que fue asignada a cada persona para el experimento.

En una escala del 1 al 5, ¿Qué tan innovador le parece el producto?



Gráfica 6: Resultados sobre innovación de la mermelada.

Finalmente, el producto tuvo una gran acogida en el criterio innovador, allí se evidenció una alta calificación por parte de los encuestados, solo una persona dio una baja calificación al producto en esta pregunta, en base a esto se puede resaltar el grado de aceptación que puede llegar a tener este producto, ya que más allá de una mermelada es una experiencia que muchas personas estarían dispuestas a vivir. A partir de los resultados obtenidos gracias a la encuesta realizada a los 33 participantes podemos concluir que el olor y criterio innovador fueron las dos características que mayor agrado registraron, por otro lado, la única pregunta que no arrojó resultados significativos fue el aspecto.

#### 6.4 Evaluar la viabilidad técnica y económica del desarrollo del producto a partir de *S. dulcificum*.

La industria de mermeladas está en un constante crecimiento, donde se espera que a corto plazo se vayan incorporando nuevas referencias acogidas a tendencias de productos ecológicos, con variedades de frutas exóticas, presentando un concepto auténtico (ProColombia, 2015). Es por ello, que el presente objetivo busca evaluar la viabilidad técnica y económica de la mermelada de gulupa con *S.dulcificum*.

El proceso de producción de la mermelada de gulupa con *S. dulcificum*, fue diseñado con base a la experimentación científica realizada a escala de laboratorio, durante el desarrollo del proyecto. En primera medida, fue necesario definir a detalle cada una de las operaciones realizadas en el recorrido, indicando la importancia del desarrollo de estas, dentro del proceso productivo. Posterior a ello, fueron analizados los insumos requeridos, para cada operación. Conociendo dichos componentes, es crucial definir el nivel de producción que se desea emplear. Para este proyecto, se optó por producción en masa, a nivel industrial; seleccionando una serie de equipos con la capacidad necesaria para obtener el número de unidades deseadas. Finalmente, se realiza el diagrama de bloques (BFD) y diagrama de proceso (PFD), los cuales son considerados

como herramientas fundamentales para el desarrollo del proceso, puesto que estos permiten evidenciar las operaciones y maquinaria de forma gráfica y explícita. Como se ha mencionado, se desea producir en masa, es por ello que se ha proyectado una producción de 50 mermeladas por hora, presentadas en un lote diario de 350 unidades. Para finalmente obtener una producción mensual de 7700 unidades.

Con el fin de cuantificar los materiales, insumos, desechos y emisiones, en el proceso de producción de mermelada de gulupa con *S.dulcificum*, se realizaron los balances de materia y energía por etapas y globales. Para ello, se tomaron como base los diagramas de bloques (BFD) y diagrama de proceso (PFD). Los balances de materia y energía son herramientas que permiten contabilizar los flujos de materia y energía entre un determinado proceso industrial, sus alrededores o entre las distintas operaciones que lo integran (Monsalvo, 2014). Permite conocer los caudales máxicos de todas las corrientes materiales que intervienen en el proceso, así como las necesidades energéticas del mismo. Estos, se encuentran enfocados, al estudio de viabilidad, ya que con estos se obtiene la información necesaria para proceder al dimensionamiento de los equipos y la estimación de las necesidades de servicios auxiliares (Tamir, n.d.)

Para determinar la viabilidad se analizaron los costos de producción por unidad de esta forma se determinó el precio de venta. Posterior a ello, se plasma el estado de resultados, contemplando los gastos, otros ingresos y egresos, con la finalidad de obtener la utilidad neta del proyecto. Con ello, se diseña el balance o estado de situación financiera, donde se establecen los pagos de cartera y proveedores. Adicionalmente, se elabora el flujo de caja, el cual se puede analizar en el Anexo 9.

Con base en la metodología explicada en la sección anterior, se formula el proceso de producción de la mermelada de gulupa con *S.dulcificum*.

### **Materia prima e insumos requeridos en el proceso productivo de mermelada de gulupa con *S.dulcificum***

A continuación, se presentan las materias primas requeridas para el proceso indicando la función de éstas en el producto o en el proceso.

- ***Synsepalum dulcificum***: Fruta originaria de África, conocido por su capacidad de cambiar la percepción de los alimentos ácidos o amargos en dulces, adquiriendo los sobrenombres de fruto o baya milagrosa. Compone el 4% de la mermelada.
- **Gulupa**: Fruto originario de América del sur, con usos industriales y culinarios (Cámara de Comercio, n.d.). Al ser combinada con la baya milagrosa, permite al receptor percibir un sabor dulce y ligeramente ácido. Compone el 40% del total de la mermelada, fracción que cumple con el porcentaje mínimo establecido en la Norma Técnica Colombiana NTC 285.
- **Ácido galacturónico**: Comúnmente conocido como pectina, es una sustancia neutra, soluble en agua. Al unirse con el agua, actúa como espesor natural, permitiendo que la mermelada adquiera textura firme y esparcirle (Galván Iván et al., 2016). Esta compone el 5% del total de la mermelada.
- **Benzoato de sodio**: Aditivo conservante, cuya principal función es inhibir o retardar la actividad microbiológica de levaduras, bacterias y mohos (Qproscolombia, 2018). Compone el 0,05% del total de la mermelada.
- **Nitrógeno Líquido**: Es el nitrógeno en estado puro, a una temperatura igual o menor a  $-198.5^{\circ}\text{C}$  (Iberomed, 2018). Utilizado en el proceso de producción de la mermelada con el fin de acelerar la criogenización y maceración de la baya, eliminando los procesos bacterianos y reduciendo la pérdida de la propiedad ocasionada por la miraculina.
- **Agua como materia prima**: Representa el 51% de la mermelada. Es el vehículo principal del producto final. En ella se disuelven la gulupa, la baya, el benzoato y la pectina.
- **Agua como insumo**: Hace parte fundamental del proceso de limpieza de maquinarias, instalaciones, superficies, utensilios, lavado y desinfección de alimentos (Traza Healthy Consumer, 2021).
- **Desinfectante**: Elemento fundamental en el proceso de lavado, con alto espectro microbiano eliminando de forma segura los microorganismos.

### **Equipos y Herramientas requeridos en el proceso de producción de mermelada de gulupa con *S.dulcificum***

Para el proceso de producción de la mermelada de gulupa con *S.dulcificum*. Es necesario adquirir un tanque de lavado industrial FR5 con capacidad de 300 Kg. Una despulpadora de tambor horizontal de acero inoxidable, con una producción mínima de 280 Kg/h. Un molino de bolas Hanchen 316 Acero Inoxidable. Una envasadora volumétrica, con capacidad de 100 a 1000mL. Un esterilizador de vapor autoclave SI 900, con capacidad mínima de 60 L. Al igual que una marmita giratoria, con una capacidad de 30L.

## Descripción de las etapas requeridas en el proceso de producción de mermelada de gulupa con *S.dulcificum*

El proceso de producción de la mermelada se compone de las etapas que se detallan a continuación:

- **Lavado:** Los elementos utilizados en la preparación de los alimentos deben ser lavados con agua potable corriente antes de su preparación, con la finalidad de eliminar partículas extrañas, pesticidas, residuos de tierra, insectos y microorganismos dañinos (patógenos). Es por ello, que deben ser sumergidos en agua y desinfectante PQP orgánico, durante uno o dos minutos, enjuagarlos con agua corriente, y posteriormente secar los frutos de forma manual.
- **Despulpado:** El proceso de despulpado consiste en retirar la cáscara y el corazón de las frutas, apartándolo de las semillas y otros posibles elementos. Para el caso de la gulupa, se realizará por medio de un maquina despulpadora con una capacidad de 200 kg/h. Mientras que, en el caso de la baya, se realizara de forma manual, con la finalidad de reducir el porcentaje de perdida de producto.
- **Cocción:** Esta es la etapa en la cual, el producto se concentra a temperaturas entre 60 y 80 °C, por un tiempo aproximado de 30 a 40 min (Cámara de Comercio de Bogotá, 2015). En este punto se realiza una mezcla de pectina, agua, benzoato de sodio y gulupa. El calor de la cocción es considerado como el punto clave de preparación de mermeladas, puesto que al ser prolongado afecta la textura formada por la pectina. Lo ideal, es que se presente una mezcla uniforme, libre de grumos. Para esta operación, es necesaria una marmita giratoria industrial, que permita que la mezcla se caliente a qué temperatura de 80 °C con una frecuencia de 10 r.p.m.
- **Esterilización:** Este proceso es realizado mediante una autoclave industrial, donde la alta temperatura (121°C-1,5 Psig ), permite que el vapor de agua disminuya a cantidades mínimas la viabilidad de los microorganismos. Dicho proceso, se debe ejecutar en 20 minutos a las condiciones enunciadas y de forma sostenida
- **Criogenizado:** Previo al proceso de cocción, se presenta la criogenización de la baya *S. dulcificum*. La criogenización, es un método rápido, práctico y fácil para conservar fruta, donde esta se mantiene congelada sin estar sujeta a la acción de bacterias y otros microorganismos, que puedan afectar su funcionalidad y propiedad. Al ser comparada con otros métodos, como el liofilizado o congelado, resulta ser efectiva y eficiente, al mantener la propiedad modificadora de la miraculina, En este proceso, se vierte el nitrógeno líquido a presión atmosférica una temperatura menor a -196 °C, sobre la baya (Iberomed, 2018). Esta adquiere una textura sólida, que permita su fácil trituración con ayuda de molino de bolas.
- **Trituración:** Una vez la baya se encuentra criogenizada, se tritura por medio de un molino de bolas. Dicha acción, se realiza con la finalidad de obtener un polvo muy fino de la baya, que será disuelto en la mermelada.
- **Enfriado:** Es necesario enfriar los envases para conservar la calidad y asegurar la formación de vacío. Un sistema de enfriamiento con agua es una inversión de bajo costo de capital, puesto es de energía eficiente, dada la capacidad del agua para enfriar. La mezcla debe ser rodeada por agua a una temperatura ambiente, hasta que la temperatura del contenido disminuya a 40°C. Una vez conseguida la temperatura deseada, se agregará el polvo de la baya obtenido en el proceso de criogenizado y triturado del fruto *S. dulcificum*.
- **Envasado:** La mermelada debe ser envasada en recipientes previamente esterilizados, los cuales se deben cerrar herméticamente volteando el envase por al menos 3 minutos para esterilizar la tapa. Este proceso, será realizado por medio de una autoclave esterilizadora de aluminio fundido.
- **Almacenamiento:** Finalmente, la mermelada es llevada a zona de almacenamiento donde se encuentra a una temperatura de apta para su mantenimiento de 4 °C.

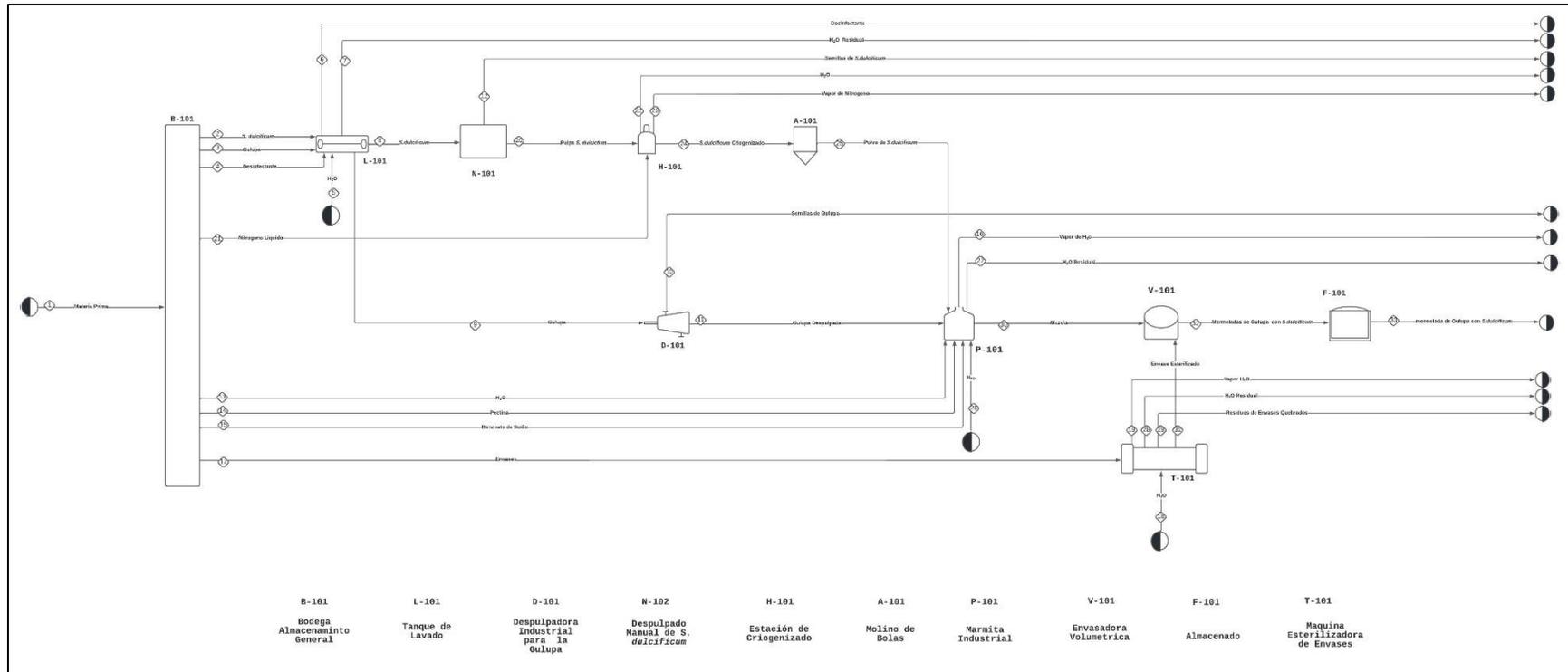
## Descripción del proceso productivo de mermelada de gulupa con *S.dulcificum*

El proceso inicia con la entrada de la materia prima a la bodega de almacenamiento. La primera operación a realizar es el proceso de lavado, donde la gulupa y la baya *S.dulcificum* son transportadas a una máquina de lavado industrial, allí son sumergidas en una mezcla que se encuentra compuesta por un 25% de agua y 75% de desinfectante PQP orgánico. Posterior a ello, son dirigidas a el área de despulpado. La gulupa es llevada a una despulpadora industrial de tambor horizontal, donde el tambor rotador mueve al fruto a través de los canales de la placa, ejerciendo presión en el hasta que se remueve la pulpa. La gulupa despulpada, es llevada a una marmita industrial de con capacidad de 30L, donde se mezcla con agua, pectina y benzoato de sodio, generando una mezcla uniforme a 80°C.

Simultaneo al proceso de cocción, la baya *S. dulcificum* ha sido despulpada de forma manual, disminuyendo el porcentaje de pérdida del producto. Una vez despulpada, es transportada al área de criogenizado, allí es cubierta por nitrógeno líquido a una temperatura igual o menor a -196°C, adquiriendo una textura solida que va a ser tritura con un molino de bolas, hasta convertirse en polvo. Al finalizar el proceso de cocción, la mezcla saldrá con una temperatura de 80°C, lo cual no permite

agregar el polvo de la baya de forma inmediata. Debido a ello, la marmita debe ser rodeada por sus paredes, con agua a temperatura ambiente, hasta llegar a la temperatura de 40°C. En este punto, la mezcla y el polvo de baya son integrados, para formar una mezcla homogénea de mermelada de gulupa con *S.dulcificum*. Esta, será envasada en un recipiente de 130 mL con un volumen de producto de 100 mL, el cual previamente ha sido esterilizado en una autoclave a una temperatura de 121°C . Una vez realizadas las líneas del proceso, se debe almacenar de para su venta y consumo.

A continuación, se presenta gráficamente este proceso, por medio del diagrama de bloques (BFD), el cual se encuentra en el Anexo 6 y diagrama de proceso (PFD), ambos realizados según normatividad vigente del manual de Turton, 200



Imágen 7: Diagrama proceso BFD

Tabal de Flujos			
1	Transporte de materia prima a la bodega	18	Entrada de agua a proceso de esterilización
2	Transporte de <i>S.dulcificum</i> de bodega a tanque de lavado	19	Salida de vapor de agua de proceso de esterilización
3	Transporte de gulupa de bodega a tanque de lavado	20	Salida de zona de despulpado de <i>S.dulcificum</i> a zona de criogenizado
4	Transporte de desinfectante de bodega a tanque de lavado	21	Entrada de nitrógeno líquido a proceso de criogenizado
5	Entrada de agua a tanque de lavado	22	Salida de agua de proceso de criogenizado como residuo
6	Salida de desinfectante de zona de lavado como residuo	23	Salida de vapor de nitrógeno de proceso de criogenizado como residuo
7	Salida de agua de zona de lavado como residuo	24	Salida de <i>S.dulcificum</i> de criogenizado a zona de triturado
8	Salida de zona de lavado <i>S. dulcificum</i> a zona de despulpe manual	25	Entrada de agua a proceso de enfriamiento
9	Salida de zona de lavado gulupa a zona de despulpe manual	26	Salida de agua de proceso de enfriamiento como residuo
10	Salida de semillas de gulupa de zona de despulpado como residuo	27	Salida de polco <i>S.dulcificum</i> de triturado a proceso de criogenizado
11	Salida de gulupa a proceso de cocción	28	Salida de agua de proceso de esterilización como residuo
12	Salida de semillas de <i>S. dulcificum</i> de zona de despulpado manual como residuo	29	Salida de envases de proceso de esterilización como residuo
13	Salida de agua de bodega a proceso de cocción	30	Salida de mezcla de maramita a proceso de envase
14	Salida de pectina de bodega a proceso de cocción	31	Salidad de envase esterilizado a proceso de envase
15	Salida de benzoato de sodio de bodega a proceso de cocción	32	Salidad de mermelada de envase a proceso de almacenamiento
16	Salida de vapor de proceso de cocción	33	Salida de producto final mermelada de gulupa con <i>S.dulcificum</i>
17	Salida de envases de bodega a proceso de cocción		

Tabla 4: Descripción de flujos de proceso de producción de mermelada de gulupa con *S.dulcificum*

### Balance de Materia y Energía

Para realizar el balance de materia, es indispensable conocer la Ley de Conservación de la Materia, o también llamada Ley de Lomonósov-Lavoisier, en honor a sus creadores. Esta postula que “en cualquier cambio de estado, la masa total se conserva”.(Monsalvo, 2014) El primer paso para plantear un balance de materia es analizar el diagrama de bloques (BFD), definiendo los valores y composiciones de las corrientes conocidas. A partir de allí, se formulará la ecuación del proceso global, y con los datos obtenidos, se planteará la ecuación por unidad en cada operación, resolviendo secuencialmente hacia adelante cada balance. De acuerdo con ello, se ha diseñado el balance de materia para el proceso de producción de mermelada a base de gulupa con *S.dulcificum*. (Anexo 7)

Etapa	Nombre de Corrientes de Entrada	Componente de la corriente	Flujo Masico de la corriente (g/h)	Nombre de Corrientes de Salida	Componente de la corriente	Flujo Masico de la corriente (g/h)			
Bodega	F1	Materia Prima	24827,9	F2	<i>S.dulcificum</i>	484,3			
				F3	Gulupa	3121,1			
				F4	Desinfectante	7500,0			
				F21	Nitrogeno Liquido	5682,0			
				F13	Agua	3132,5			
				F14	Pectina	235,2			
				F15	Benzoato de Sodio	2,5			
Lavado	F2	<i>S.dulcificum</i>	484,3	F6	Desinfectante	7500,0			
				F7	Agua Residual	2500,0			
				F8	<i>S.dulcificum</i>	484,3			
				F9	Gulupa	3121,1			
Despulpado	F9	Gulupa	3121,1	F10	Semillas de gulupa	1123,6			
				F11	Pulpa de gulupa	1997,5			
Cocción	F11	Pulpa de gulupa	1997,5	F16	Vapor de agua	563,8			
							F13	Agua	3132,5
							F14	Pectina	235,2
							F15	Benzoato de Sodio	2,5
Despulpado Manual	F8	<i>S.dulcificum</i>	484,3	F12	Semillas de <i>S.dulcificum</i>	266,3			
				F20	Pulpa de <i>S.dulcificum</i>	217,9			
Criogenizado	F20	Pulpa de <i>S.dulcificum</i>	217,9	F22	Agua	590,0			
				F23	Vapor de Nitrogeno	5113,8			
				F24	<i>S.dulcificum</i> criogenizada	196,1			
Triturado	F24	<i>S.dulcificum</i> criogenizada	196,1	F30	Polvo de <i>S.dulcificum</i>	196,1			
				F29	Agua Residual	4000,0			
Enfriado	F25	Mezcla	4803,9	F31	Mermelada de gulupa con <i>S.dulcificum</i>	5000,0			
							F26	Agua	4000,0
							F17	Envase	4675,0
Esterilizado	F18	Agua	10000,0	F19	Vapor de Agua	6000,0			
				F27	Agua Residual	4000,0			
				F28	Residuos de Envase	467,5			
				F32	Envase Esterilizado	4250,0			
Envasado	F31	Mermelada de gulupa con <i>S.dulcificum</i>	5000,0	F33	Mermelada de gulupa con <i>S.dulcificum</i>	9250,0			
							F32	Envase Esterilizado	4250,0
Almacenado	F33	Mermelada de gulupa con <i>S.dulcificum</i>	9250,0	F34	Mermelada de gulupa con <i>S.dulcificum</i> lista para la venta	9250,0			

Tabla 5: Tabla de Resultados de Balance Materia del proceso de producción de mermelada de gulupa con *S.dulcificum*

Para realizar el balance de energía, se debe conocer la Ley de Conservación de la Energía. Esta, establece que la energía no puede crearse ni destruirse, lo cual implica que un sistema siempre tiene la misma cantidad de energía, a menos que se añada desde el exterior (Vázquez-Arteaga et al., 2007.). El primer paso, para plantear un balance de energía es construir el diagrama de procesos (PFD), con ayuda del balance de materia, se plasmarán las corrientes conocidas, con su respectiva presión y temperatura. Posterior a ello, en necesario identificar las operaciones que requieren de trabajo (W) o aquellas en las cuales se presente un cambio de temperatura. A partir de allí, se plantearán la ecuación por unidad en cada equipo, calculando su entalpia por medio de las tablas B-1 y B-2, del libro Principios Elementales de los Procesos Químicos. Posterior a ello, se debe calcular el flujo molar, con ayuda del peso molecular de cada compuesto. Finalmente, para hallar energía, se deben multiplicar estos dos últimos valores. De acuerdo con ello, se ha diseñado el balance de energía para el proceso de producción de mermelada a base de gulupa con *S.dulcificum*. (Anexo 8).

Etapa	Equipo	Descripción	Energía (J/s)
Despulpado	D-101	Trabajo provocado por maquina despulpadora de tambor horizontal	1118,625
Cocción	P-101	Aumento de temperatura originado, por el proceso de cocción de 20°C a 80°C	211,73
Criogenizado	H-101	Aumento de temperatura originado, por el proceso de criogenizado en la baya de -96°C a 18°C	695,6991
Triturado	A-101	Trabajo provocado por molino de bolas pequeño.	750
Enfriado	V-101	Disminución de temperatura, originada por el proceso de enfriado de la mezcla de 80°C a 40°C	-278,98
Esterilizado	T-101	Aumento de temperatura originado, por el proceso de criogenizado en la baya de 20°C a 121°C	8274,728
Envasado	V-101	Trabajo provocado por envasadora volumetrica	1100
Almacenado	F-101	Trabajo provocado por enfriador de aire KALLEY K-ARC Blanco	70

Tabla 6: Tabla de Resultados de Balance Materia del proceso de producción de mermelada de gulupa con *S.dulcificum*

## Viabilidad Económica

La proyección de los estados financieros se realizó con base en la capacidad de producción de la planta de producción, en donde se plantea un crecimiento constante para llegar al quinto año al 100% de la producción total, lo cual corresponde a 7700 unidades de mermelada al mes, bajo el supuesto que el número total de unidades producidas son vendidas.

En este estudio, se propone la creación de una compañía (Always Sweet Jam), conformada por tres accionistas, los cuales realizarán aportes de capital por un valor total de \$90.000.000, es decir \$30.000.000 cada uno. Estos recursos junto con la financiación por parte de una entidad bancaria por \$50.000.000, permitirán cubrir los recursos requeridos para los costos de operación, los gastos administrativos y los gastos de ventas necesarios. Se propone solicitar un crédito a 36 meses, a una tasa del 1.29% mes vencido, ofrecida por el grupo financiero Bancolombia (11 Abril 2022).

La mermelada de Gulupa a base de *Synsepalum dulcificum*, se ofrecerá en una presentación de 100 gr a un precio de venta de \$32.990, el cual ha sido estimado con base a los costos de materia prima. Adicionalmente, se consideró un margen del 31% sobre los costos, con la finalidad de que el precio de venta permita cubrir los gastos administrativos, gastos de venta y gastos de financiación.



Imagen 7: Logo Etiqueta de Always Sweet Jam “Venimos a endulzarte la vida, de una forma saludable”.

En cuanto al flujo de caja, se observa que la financiación de los \$50.000.000, junto con el capital inicial de \$90.000.000, son suficientes para cumplir con la planeación y proyección establecida para el proyecto. La liquidez permite cumplir en forma adecuada con el pago de la deuda financiera adquirida. La inversión en maquinaria para la industrialización del proceso se efectúa en el mes 1 por un valor de \$28.528.532 millones de pesos, maquinaria que está siendo depreciada a 60 y 120 meses de acuerdo con su vida útil. En cuanto a la cartera y proveedores se estima pago a 30 días.

PROYECCION FLUJO DE CAJA						
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Saldo Inicial	-	140.000.000	23.915.890	23.016.381	39.521.921	27.562.959
Utilidad/perdida	-	60.513.263	14.394.894	102.632.477	238.618.076	447.352.800
Depreciación	-	4.073.326	4.073.326	4.073.326	4.073.326	4.073.326
CXP Corto Plazo	-	37.232.490	20.491.815	30.281.601	46.226.224	70.587.408
CXP largo Plazo	-	-	7.090.022	43.460.302	66.977.982	102.809.640
Obligaciones Financieras	50.000.000	- 14.178.551	- 16.536.009	- 19.285.440	- 0	-
Inversiones	-	-	-	- 100.000.000	- 300.000.000	- 500.000.000
Cartera	-	- 54.169.580	- 29.813.558	- 44.056.726	- 67.254.570	- 102.697.677
Inventario	-	-	-	-	-	-
PPE	-	- 28.528.532	600.000	600.000	- 600.000	600.000
Vehiculos	-	-	-	-	-	-
Capital Inicial	90.000.000	-	-	-	-	-
Saldo Final	140.000.000	23.915.890	23.016.381	39.521.921	27.562.959	49.088.457

Tabla 7: Proyección flujo de caja

## Indicadores Financieros

### Indicadores de Situación Financiera

Los indicadores asociados al Estado de Situación Financiera, muestran que la compañía cuenta con un capital de trabajo adecuado para cumplir con la proyección estimada, así como con niveles de liquidez adecuados para garantizar el pago de las obligaciones adquiridas y los recursos suficientes para llevar a cabo con éxito el proyecto, es así, como para el cierre del primer año se cuenta con un capital de trabajo de \$40,9 millones de pesos, y al cabo del quinto año se cuenta con un capital de trabajo de \$1.042,3 millones de pesos. De igual forma los niveles de endeudamiento son bajos y mejoran de forma importante cada año, iniciando para el primer año en 71.24% y en el quinto año obteniendo un indicador de 33.81%. En cuanto al indicador de solvencia, permite identificar un fortalecimiento patrimonial de la compañía importante, lo que garantizaría su sostenibilidad a lo largo del tiempo, en donde este indicador se ubica para el primer año en 28.76% y para el quinto año de proyección en 66.19%.

### Indicadores de Estado de Resultados

El punto de equilibrio lo logra en el mes dieciséis de la proyección y recupera la inversión en el mes treinta y uno, generando un margen neto para el primer año del -7.4%, dicho valor se presenta dado que el volumen de ventas no alcanza a cubrir los gastos de operación y financiación de la compañía. No obstante, para el quinto año el margen neto se ubica en el 14.8% una vez se ha superado el punto de equilibrio de la compañía.

En cuanto a los costos de Ventas como se observa en la tabla 8, para el primer año, el costo de materia prima representa el 81.02% del total de los costos de ventas, la Mano de Obra representa el 16.24%, mientras que el arriendo y los servicios como el agua, la luz y el gas representan sólo el 2.74%, para un total de costo de ventas para el primer año de \$465,2 millones de pesos, generando un margen bruto del 15.2%. En la medida en que aumenta la producción, el costo de materia prima aumenta su participación dentro de los costos de ventas, es así que para el quinto año el costo de Materia prima representa el 95.12% del costo de ventas y la Mano de obra el 4.07%, generando un margen bruto para el quinto año del 27.7%, los costos de arriendo y servicios continúan siendo despreciables al representar solo 0.81% de los costos de venta.

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos Operacionales (Ventas)	\$ 548.359.790	\$ 849.785.451	\$ 1.294.965.830	\$ 1.974.759.934	\$ 3.012.816.342
Costo de Ventas (CMV)	\$ 465.210.725	\$ 677.562.638	\$ 987.401.696	\$ 1.458.868.076	\$ 2.177.072.251
Mano De Obra Directa	\$ 75.542.997	\$ 79.697.862	\$ 82.566.985	\$ 85.539.396	\$ 88.618.815
Supervisor	\$ 21.140.338	\$ 22.303.057	\$ 23.105.967	\$ 23.937.781	\$ 24.799.542
Operario	\$ 18.134.220	\$ 19.131.602	\$ 19.820.339	\$ 20.533.872	\$ 21.273.091
Despulpadores	\$ 36.268.439	\$ 38.263.204	\$ 39.640.679	\$ 41.067.743	\$ 42.546.182
Materia Prima	\$ 376.905.270	\$ 584.084.805	\$ 890.071.562	\$ 1.357.315.860	\$ 2.070.805.333
Arriendo	\$ 12.000.000	\$ 12.660.000	\$ 13.115.760	\$ 13.587.927	\$ 14.077.093
Servicios	\$ 762.458	\$ 1.119.971	\$ 1.647.389	\$ 2.424.892	\$ 3.571.010
<b>UTILIDAD BRUTA</b>	<b>\$ 83.149.055</b>	<b>\$ 172.222.813</b>	<b>\$ 307.564.134</b>	<b>\$ 515.891.858</b>	<b>\$ 835.744.091</b>

Tabla 8: Utilidad Bruta

### Calculo VPN, TIR, B/C

Para el presente cálculo de estos indicadores se tomo como tasa de costo de capital la tasa de los bonos emitidos por el Gobierno Colombiano a 5 años, que tienen como fecha de vencimiento el 03/11/2027, los cuales se negocian a una tasa del 9.14 efectivo anual. (Banco de la República, 2022).

Analizados los indicadores Financieros, muestran un proyecto financieramente factible, dado que presenta indicadores de liquidez, de Endeudamiento, Solvencia y Rentabilidad positivos para la empresa y para los accionistas. En cuanto a los indicadores VPN que arroja un valor de \$420.948.803, superior a 0, indica que es un proyecto que genera valor. La TIR del proyecto arroja un porcentaje de 57.95%, que cumple con las expectativas de rentabilidad de los accionistas y el indicador Beneficio/Costo, arroja un valor de 1.08. Todo lo anterior permite establecer que, bajo las proyecciones y supuestos establecidos, el proyecto es financieramente es rentable, como se evidencia en el anexo 9.

### Medición del Impacto

Según los resultados obtenidos en la evaluación de la viabilidad técnica y económica del desarrollo del producto, a partir de *S. dulcificum* se puede ver que el proyecto tiene como enfoque la producción del producto con una baya la cual se puede plantar en varias partes del suelo colombiano por esto este proyecto podría ayudar a mejorar la vida de muchos campesinos en Colombia las cuales de componer del 31,8 % de los hogares del país que se identifican como campesinos según el Dane también se ve que el 58,7% de los campesinos se consideran pobres, al implementarse un proyecto como la el desarrollo del producto a base de *Synsepalum* ayudaría a muchas familias campesinas las cuales pueden vender su producto a \$4.041g precio el cual es alto a comparación de otras frutas.

El crecimiento agropecuario creció 3,8% en PIB del segundo trimestre del 2021 según el Ministerio Agrícola Colombiano y con *Synsepalum dulcificum* se podría aportar a este crecimiento y a su vez el aprovechamiento de tierras fértiles no usadas o usadas para plantaciones ilegales, reemplazándolos por plantaciones de *Synsepalum* dándole a conocer a las personas los beneficios de este fruto desconocidos para mucho y considerado fruto exótico en Colombia, además aprovechando el crecimiento de la exportación de frutos exóticos desde Colombia.

Con la producción de mermeladas de *S. dulcificum*, la contratación de personal necesario para laborar en las plantas de elaboración del producto es aproximadamente de 9 personas, con esto se ayudaría a reducir el índice de pobreza nacional tanto en el sector rural como en el sector urbano

### 7. Componente de Diseño en ingeniería

El proyecto se realizó cumpliendo cada uno de los requerimientos de diseño de ingeniería: de acuerdo a la explicación de cada uno de los objetivos anteriormente mencionados. Para mayor claridad, se puede consultar en el Anexo 10 la infografía, que explica la información detallada de este proceso.

## 8. Limitaciones, conclusiones y recomendaciones

Las características de *S. dulcificum*, poco conocidas e investigadas son la mayor limitante del trabajo de investigación, a pesar de ser un fruto con tanto potencial, aún no ha logrado ser conocido y producido a grandes masas para que más personas lo consuman y conozcan.

La baya cuenta con limitaciones para una producción masiva de productos por factores como lo son, las cantidades limitadas de cosechas al año, los cuidados de plantación específicos para generar En conclusión, el análisis bibliométrico permitió obtener la información necesaria para definir el producto a desarrollar a base de *S. dulcificum*. Para esto, se diseñó e implemento una matriz de priorización, que permitió seleccionar a la mermelada. De igual forma, se llevaron a cabo los protocolos descritos con el fin de diseñar el producto a nivel de laboratorio y evaluar el cumplimiento de los factores de evaluación; se realizó el análisis de viabilidad técnica y financiera para la producción del producto.

Para futuras investigaciones, se recomienda evaluar el cultivo de la baya, y no solo la compra a terceros de la misma tal como se realizo en esta investigación. Adicionalmente, se sugiere la realización de un estudio de mercados para evaluar la factibilidad comercial de estas ideas de negocio.

frutos del árbol, las condiciones de la tierra en la cuál debe ser plantada, el tiempo en que un árbol nuevo demora en dar frutos igual a 10 años, el desconocimiento de las personas sobre su potencial y manejo, pero sobre todo la preservación de la vida útil para la cual la información es escasa e insuficiente. Estos factores de riesgo hacen que encontrar materia prima sea muy difícil pues solo se tiene cosecha una vez al año, causando que cualquier derivado tenga un costo elevado, el cual es necesario para mantener a flote cualquier idea de negocio y el cuál debe ser dirigido a una población delimitada. Sin embargo, los productos derivados de la baya y sus efectos sin duda llaman la atención del público dada su particularidad.

Anexo	Link
Anexo 1	<a href="https://www.flipsnack.com/E7DD9F88B7A/synsepalum-dulcificum.html">https://www.flipsnack.com/E7DD9F88B7A/synsepalum-dulcificum.html</a>
Anexo 2	<a href="https://docs.google.com/spreadsheets/d/1Xz_imKhNzz6OjmOcbzGtsCwLAXEVEHo8/edit?usp=sharing&amp;ouid=107416162838696330840&amp;rtpof=true&amp;sd=true">https://docs.google.com/spreadsheets/d/1Xz_imKhNzz6OjmOcbzGtsCwLAXEVEHo8/edit?usp=sharing&amp;ouid=107416162838696330840&amp;rtpof=true&amp;sd=true</a>
Anexo 3	<a href="https://docs.google.com/spreadsheets/d/1fM9hXsA3xPpJnexTTmeN2tD5uly1gnO/edit?usp=sharing&amp;ouid=107416162838696330840&amp;rtpof=true&amp;sd=true">https://docs.google.com/spreadsheets/d/1fM9hXsA3xPpJnexTTmeN2tD5uly1gnO/edit?usp=sharing&amp;ouid=107416162838696330840&amp;rtpof=true&amp;sd=true</a>
Anexo 4	<a href="https://drive.google.com/file/d/1zBr-ZY7koX2oH8vSmku8Q1peUdCmW9tA/view?usp=sharing">https://drive.google.com/file/d/1zBr-ZY7koX2oH8vSmku8Q1peUdCmW9tA/view?usp=sharing</a>
Anexo 5	<a href="https://docs.google.com/spreadsheets/d/19McoRY8apHezTgxBRuRYpJnOLZNItpgl/edit?usp=sharing&amp;ouid=107416162838696330840&amp;rtpof=true&amp;sd=true">https://docs.google.com/spreadsheets/d/19McoRY8apHezTgxBRuRYpJnOLZNItpgl/edit?usp=sharing&amp;ouid=107416162838696330840&amp;rtpof=true&amp;sd=true</a>
Anexo 6	<a href="https://drive.google.com/file/d/1vNK04BOWNus7GEAaD-ytVDiN-aP09ziO/view?usp=sharing">https://drive.google.com/file/d/1vNK04BOWNus7GEAaD-ytVDiN-aP09ziO/view?usp=sharing</a>
Anexo 7	<a href="#">Anexo-Balance de Materia Proceso de Producción Mermelada.xlsx</a>
Anexo 8	<a href="#">Anexo -Balance de Energía.xlsx</a>
Anexo 9	<a href="#">Anexo -Viabilidad Económica .xlsx</a>
Anexo 10	<a href="https://drive.google.com/file/d/1daUEeekU_jyGkji2nzhDHnOosN3WeCy/view?usp=sharing">https://drive.google.com/file/d/1daUEeekU_jyGkji2nzhDHnOosN3WeCy/view?usp=sharing</a>

Tabla 2: Anexos

## Bibliografía

ABC en el este. (2017, April 7). *Frutos exóticos del mundo*. Gastronomía.

Achigan-Dako, E. G., Tchokponhoué, D. A., N'Danikou, S., Gebauer, J., & Vodouhè, R. S. (2015). Current knowledge and breeding perspectives for the miracle plant *Synsepalum dulcificum* (Schum. et Thonn.)

Daniell. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 62(3), 465–476. <https://doi.org/10.1007/s10722-015-0225-7>

Acosta, F. I. (2013). *pH de los alimentos: ¿una herramienta para el manejo de los pacientes con refl ujo gastroesofágico?* 85(3), 89–94.

Akinmoladun, A. C., Adetuyi, A. R., Komolafe, K., & Oguntibeju, O. O. (2020). Nutritional benefits, phytochemical constituents, ethnomedicinal uses and biological properties of Miracle fruit plant (*Synsepalum dulcificum* Shumach. & Thonn. Daniell). In *Heliyon* (Vol. 6, Issue 12). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05837>

AUNA. (2019, June 20). *¿Cuál es la cantidad de azúcar recomendada?* AUNA.

Banco de la Republica. (2022). Información de mercados en tiempo real. In *Banco de la Republica*.

Binoovo. (2020, September 15). *Nitrógeno para la conservación de los alimentos ¿Por qué apostar por él?*

Cámara Oviedo. (n.d.). *Cómo determinar la viabilidad económica de un proyecto empresarial: aspectos clave*. Cámara Oviedo.

Campbell, R. J., Leon, J., Herrera, J. C., Zill, G., & Ledesma, N. (2010). Collecting Pouterias (*Pouteria* spp.), Sapodilla (*Manilkara zapota*) and Caimito (*Chrysophyllum ca/n/to*) for the Creation of New Markets. *Journal of the American Pomological Society*, 24–27.

Cardoso Sanchez Fabio Andrés. (2019). *CREACIÓN DE AGROINDUSTRIA DULCIFICUM: AGRICOLAS, PROVEDORES Y DISTRIBUIDORES DE FRUTA MAGICA CON FINES MEDICINALES*. Universidad de los andres.

Chen, C. Y., Wang, Y. D., & Wang, H. M. (2010). CHEMICAL CONSTITUENTS FROM THE LEAVES OF *Synsepalum dulcificum*. In *Chemistry of Natural Compounds* (Vol. 46, Issue 3). Springer Science+Business Media, Inc.

Diario Occidente. (2021a, February 22). *La baya, considerada la fruta milagrosa*. Diario Occidente.

Diario Occidente. (2021b, February 22). *La baya, considerada la fruta milagrosa*. Diario Occidente.

Du, L., Shen, Y., Zhang, X., Prinyawiwatkul, W., & Xu, Z. (2014a). Antioxidant-rich phytochemicals in miracle berry (*Synsepalum dulcificum*) and antioxidant activity of its extracts. *Food Chemistry*, 153, 279–284. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.12.072>

Du, L., Shen, Y., Zhang, X., Prinyawiwatkul, W., & Xu, Z. (2014b). Antioxidant-rich phytochemicals in miracle berry (*Synsepalum dulcificum*) and antioxidant activity of its extracts. *Food Chemistry*, 153, 279–284. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.12.072>

Ee, J. W., Velaga, A., Guad, R. mac, Subramaniam, V., Fuloria, N. K., Fuloria, S., Choy, K. W., & Wu, Y. S. (2022). Deciphering *Synsepalum dulcificum* as an Arising Phytotherapy Agent: Background, Phytochemical and Pharmacological Properties with Associated Molecular Mechanisms. *Sains Malaysiana*, 51(1), 199–208. <https://doi.org/10.17576/jsm-2022-5101-16>

el Heraldo. (2009, June 19). *¡Esta fruta es un milagro!* El Heraldo.

FrancisF. (1978). Pigments Of Miracle Fruit, *Synsepalum dulcificum*, Schum, As Potential Food Colorants. *Journal of Food and Science*.

- García, C. M., & Penagos Gómez, C. E. (2011). El entorno comercial de La pectina en la industria alimentaria Antioqueña Autores: Escuela de ingeniería De Antioquia ingeniería administrativa Envigado 2011. *Escuela de Ingeniería de Antioquia*, 1(0), 36. [https://repository.eia.edu.co/bitstream/11190/1107/7/GarciaCamila\\_2011\\_EntornoComercialPectina.pdf](https://repository.eia.edu.co/bitstream/11190/1107/7/GarciaCamila_2011_EntornoComercialPectina.pdf)
- Gettleman, J. (2017). La pérdida de las tierras fértiles aviva una crisis inminente en toda África. *The New York Times*.
- Grado, T. de, Virginia Valencia Rivadeneira, A., & Mirabella Lucas, I. O. (2013). *Universidad Laica Eloy Alfaro De Manabí Facultad De Ciencias Agropecuarias Escuela De Ingeniería Agroindustrial*.
- Iberomed. (2018, January 9). *NITRÓGENO LÍQUIDO EN LA COCINA*.
- Juhé-Beaulaton, D. (2017). Biography of the miraculous berry (*Synsepalum dulcificum*): travelers on the West African coast to pharmaceutical laboratories". *HAL SHS*.
- Kajiura, H., Hiwasa-Tanase, K., Ezura, H., & Fujiyama, K. (2022). Effect of fruit maturation on N-glycosylation of plant-derived native and recombinant miraculin. *Plant Physiology and Biochemistry*, 178, 70–79. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2022.02.026>
- Koizumi, A., Tsuchiya, A., Nakajima, K. I., Ito, K., Terada, T., Shimizu-Ibuka, A., Briand, L., Asakura, T., Misaka, T., & Abe, K. (2011). Human sweet taste receptor mediates acid-induced sweetness of miraculin. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108(40), 16819–16824. <https://doi.org/10.1073/pnas.1016644108>
- L. Cevallos, S. A. B. K. S. J. A. (2006). *ESTUDIO DE LA FRUTA MILAGROSA (Synsepalum dulcificum Daniell) COMO POSIBLE EDULCORANTE NATURAL*. Universidad EARTH.
- la Republica. (2019, October 22). *Siete de cada 10 medicamentos que se consumen al interior del país son importados*.
- la Republica. (2021, June 21). *Las compañías farmacéuticas registraron crecimiento de 26,8% durante la pandemia*.
- Leal acosta, adriana carolina. (2020). *COLOMBIA EXPORTÓ US\$74,3 MILLONES DE FRUTAS EXOTICAS EN 2019, 6 % MÁS QUE EL REGISTRO DE 2018*. Agronegocios.
- López Pasquel, A. C. (2016). *“PLAN DE NEGOCIOS PARA LA PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE TABLETAS MASTICABLES DE SYNSEPALUM DULCIFICUM- LA ‘FRUTA MILAGROSA’ EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO.”* UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR FACULTAD DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS.
- Martin A, & Lacueva C, A. (202 C.E.). Effects of fruits and vegetables on levels of vitamins E and C in the brain and their association with cognitive performance. *The Journal of Nutrition*.
- Martín, F. (2015, October 14). *Conceptos básicos sobre la liofilización: proceso, ventajas y aplicaciones*.
- Martínez, I., & Castillo, E. (2021). *Manual Fitoterapia* (3rd ed.).
- Monsalvo, R. (2014). *Balance de Materia y Energía Procesos Industriales* . Grupo Editorial Patria.
- Moreno, M. (2017). Evaluación de eficiencia de dos marcas diferentes de benzoato de sodio en zumo de naranja sobre pruebas microbiológicas. *Universidad Ricardo Palma*, 1, 1–15.

- Nancy Hernández-Hernández, I. I., & Garnica-González, J. (n.d.). *Árbol de Problemas del Análisis al Diseño y Desarrollo de Productos Problem Tree Analysis to the Design and Development Products*.
- Njoku, N. E., Ubbaonu, C. N., Alagbaoso, S. O., Eluchie, C. N., & Umelo, M. C. (2015). Amino acid profile and oxidizable vitamin content of *Synsepalum dulcificum* berry (miracle fruit) pulp. *Food Science and Nutrition*, 3(3), 252–256. <https://doi.org/10.1002/fsn3.213>
- Núcleo Ambiental S.A.S. (2015). *Manual de mermeladas*.
- OMS. (2016). INFORME MUNDIAL SOBRE LA DIABETES. OMS.
- POPA, G., TOMA, R., & BOÉ, J.-F. (2021). Experimental approaches targeting the biochemical and antioxidant potential of *Synsepalum dulcificum* dried fruits. *Romanian Biotechnological Letters*, 26(1), 2230–2235. <https://doi.org/10.25083/rbl/26.1/2230.2235>
- Portafolio. (2018, May 7). *Industria de alimentos y bebidas tendrá un crecimiento anual del 7%*. Portafolio.
- ProColombia. (2015, November 24). *Mermeladas con sabores de frutas exóticas ganan terreno en el mercado alemán*. ProColombia.
- Rueda, F., Villa, C., & Pinzón, C. (2005, May). *Indicadores bibliométricos: origen, aplicación, contradicción y nuevas propuestas*.
- Sánchez, D. C., Betancur, V. D. C., Gil, S. F., Herrera, D. M. S., & Correa, L. M. M. (2019). Consumption of sugary drinks and sugar added to beverages and their relationship with anthropometric indicators in young people from medellín (Colombia). *Nutricion Hospitalaria*, 36(6), 1346–1353. <https://doi.org/10.20960/nh.02671>
- Swamy, K. B., Hadi, S. A. bd, Sekaran, M., & Pichika, M. R. ao. (2014). The clinical effects of *Synsepalum dulcificum*: a review. In *Journal of medicinal food* (Vol. 17, Issue 11, pp. 1165–1169). <https://doi.org/10.1089/jmf.2013.3084>
- Tamir, A. (n.d.). *Ley de Conservación de la Materia*.
- Tapia, V. (2014). *Estudio investigativo sobre la fruta “Milagrosa” (Synsepalum Dulcificum) y su aplicación en la gastronomía*. Universidad Tecnológica Equinoccial.
- Tchokponhoué, D. A., N’danikou, S., Hotegni, N. V. F., Nyadanu, D., Kahane, R., Odindo, A. O., Achigan-Dako, E. G., & Sibiya, J. (2021). Use patterns, knowledge diversity and drivers for the cultivation of the miracle plant [*synsepalum dulcificum* (Schumach & Thonn.) Daniell] in Benin and Ghana. *Plants*, 10(11). <https://doi.org/10.3390/plants10112253>
- Tchokponhoué, D. A., N’Danikou, S., Houéto, J. S., & Achigan-Dako, E. G. (2019). Shade and nutrient-mediated phenotypic plasticity in the miracle plant *Synsepalum dulcificum* (Schumach. & Thonn.) Daniell. *Scientific Reports*, 9(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-019-41673-5>
- Técnica, U., & Norte, D. E. L. (2016). *Universidad técnica del norte*.
- Torres, D. (2019). *Primeros pasos y técnicas avanzadas con BiblioShiny App*.
- Turck, D., Castenmiller, J., de Henauw, S., Hirsch-Ernst, K. I., Kearney, J., Maciuk, A., Mangelsdorf, I., McArdle, H. J., Naska, A., Pelaez, C., Pentieva, K., Siani, A., Thies, F., Tsabouri, S., Vinceti, M., Cubadda, F., Frenzel, T., Heinonen, M., Marchelli, R., ... Knutsen, H. K. (2021). Safety of dried fruits

of *Synsepalum dulcificum* as a novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283. *EFSA Journal*, 19(6). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6600>

Vázquez-Arteaga, Y., Pérez-León, E., Rojas-Juárez, L., & Ancelmo-Ramírez, J. A. (n.d.). *Ley de la conservación de la energía*. <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/tepexi/issue/archive>

Yang, Z., Liu, Z., Xu, H., Chen, Y., Du, P., Li, P., Lai, W., Hu, H., Luo, J., & Ding, Y. (2022). The Chromosome-Level Genome of Miracle Fruit (*Synsepalum dulcificum*) Provides New Insights Into the Evolution and Function of Miraculin. *Frontiers in Plant Science*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.804662>

Zulay Díaz-Casas, A., José, ;, & Castaño-Castrillón, J. (2005). Producción De Mermelada Con Extracto Crioconcentrado De Café 1. *Cenicafé*, 56(2), 175–188.